

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE  
AGUAS LLUVIAS DEL ACUEDUCTO COMUNITARIO DEL BARRIO ZONA  
MINERA, EN EL MUNICIPIO DE QUIBDÓ – CHOCÓ.**

**RAFAEL YESITH LEDEZMA LLOREDA**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ, D.C.  
2015**

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE  
AGUAS LLUVIAS DEL ACUEDUCTO COMUNITARIO DEL BARRIO ZONA  
MINERA, EN EL MUNICIPIO DE QUIBDÓ – CHOCÓ.**

**RAFAEL YESITH LEDEZMA LLOREDA**

**o**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Ingeniero Civil**

**Asesor: CARLOS HERNÁN VALENCIA MONEDERO  
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ, D.C.  
2015**

Nota de aceptación

---

---

---

---

Firma presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá, D.C., Junio de 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos a:

Carlos Hernán Valencia Monedero, asesor del proyecto por su valiosa colaboración

A la Universidad La gran Colombia

A todas aquellas personas que de una u otra manera han colaborado en la elaboración de este proyecto.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
2. ANTECEDENTES	19
3. OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVO GENERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
4. JUSTIFICACIÓN	22
5. MARCO REFERENCIAL	25
5.1 CONTEXTO	25
5.1.1 Quibdó, como centro urbano en la actualidad	29
5.1.2 Localización geoposicional del barrio zona minera en el municipio de Quibdó – Chocó. .	33
5.2 MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL	36
5.2.1 El agua y el cambio climático.	36
5.2.2 El ciclo del agua	38
5.2.3 Formación de la lluvia	39
5.2.4 Características de la precipitación	44
5.2.5 Distribución del agua en el mundo	46
5.2.6 Situación del agua en Colombia	48
5.2.7 Los diferentes usos del agua	49
5.2.8 Captación de agua lluvia	49
5.2.9 Usos del agua lluvia	51
5.3 MARCO JURÍDICO	51
6. DISEÑO METODOLÓGICO	53
6.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	53
6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	53

6.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	53
6.4 CONDICIONES PARA LA MODELACIÓN	57
6.4.1 El análisis de modelación	57
7. RESULTADOS	58
7.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	58
7.1.1 Fase 1	58
7.1.2 Fase dos	59
7.1.3 Fase 3.	61
7.2 PLANTEAMIENTO DEL MODELO	62
7.3 FASE 1 DEL DISEÑO: DISEÑO DE LOS TANQUES CON SUS RESPECTIVAS MEDIDAS	64
7.4 FASE 2 DEL DISEÑO: DISEÑO DE LA CUBIERTA	67
7.4.1 Sistema de captación de agua de lluvia en el municipio de Quibdó	70
7.4.2 Medidas de la Cubierta	78
7.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS	78
8. CONCLUSIONES	80
9. RECOMENDACIONES	82
BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXO	86

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Mapa departamento del Choco.	25
Figura 2. Ciudad de Quibdó,	30
Figura 3. Mapa político del municipio de Quibdó	30
Figura 4. Acueducto municipal de la ciudad de Quibdó	32
Figura 5. Acueducto natural de los Quibdosesños (Orilla del río Atrato) de la ciudad de Quibdo.	32
Figura 6. Mapa zona minera	33
Figura 7. Mapa del agua y el calentamiento global	38
Figura 8. Mapa el ciclo del agua	39
Figura 9. Formación de la lluvia	40
Figura 10. Condiciones naturales de precipitaciones	45
Figura 11. Distribución del agua en el mundo	47
Figura 12. Distribución del agua en el mundo	47
Figura 13. Situación del agua en Colombia	48
Figura 14. Fase 2: Sistema de recolección de aguas lluvias en tanques de almacenamiento.	54
Figura 15. Sistema de transporte con tubo PVC para captación de aguas lluvia en viviendas del barrio Zona Minera.	54
Figura 16. Almacenamiento de agua de lluvia en tinas y tanques elevados del barrio Zona Minera en Quibdó – Chocó. .	55
Figura 17. Almacenamiento de agua de lluvia en subterráneo y baldes del barrio Zona Minera en Quibdó – Chocó	55
Figura 18. Distribución de agua de lluvia.	56

Figura 19. Uno de tantos usos que se le dan al agua lluvia, por parte de las Comunidades asentadas en el barrio la Zona Minera	56
Figura 20. Respuesta pregunta 1	58
Figura 21. Respuesta pregunta 2	59
Figura 22. Respuesta pregunta 3	59
Figura 23. Respuesta pregunta 4	60
Figura 24. Respuesta pregunta 5	60
Figura 25. Respuesta pregunta 6	61
Figura 26. Respuesta pregunta 7	61
Figura 27. Respuesta pregunta 8	62
Figura 28. Consumo de agua lluvia por habitante	64
Figura 29. Ubicación de los tanques	66
Figura 30. Ubicación del tanque de almacenamiento. (corte transversal)	67
Figura 31. Ubicación del tanque de almacenamiento	67
Figura 32. Forma de captación de agua lluvia en tanques	71
Figura 33. Forma de recolección de aguas lluvias técnica por tubería	71
Figura 34. Forma de recolección técnica o por tubería	72
Figura 35. Forma de recolección técnica o por tubería.	72
Figura 36. Forma de recolección técnica o por tubería.	72
Figura 37. Forma de captación rudimentaria tradicional usada por los habitantes del barro Zona Minera.	73
Figura 38. Forma de captación rudimentaria tradicional usada por los habitantes del barrio Zona Minera	74
Figura 39. Forma de captación rudimentaria tradicional usada por los habitantes del barrio Zona Minera.	74



Figura 40. Forma de captación rudimentaria tradicional usada por los habitantes del barrio Zona Minera	75
Figura 41. Forma de captación rudimentaria tradicional usada por los habitantes del barrio Zona Minera.	75
Figura 42. Promedio de días lluviosos y secos en Quibdó	76
Figura 43. Cubierta	77
Figura 44. Diseño de la cubierta	77
Figura 45. Pendiente de la cubierta	77

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Caracterización Espacial.	34
Tabla 2. Valores totales diarios de precipitación (Quibdó- Chocó)	63
Tabla 3. Fase 1. Diseño de los tanques con sus respectivas medidas	65
Tabla 4. Operación numérica	65
Tabla 5. Medidas de los tanques	66
Tabla 6. Fórmula propuesta en el diseño de la cubierta	68
Tabla 7. Promedio del diseño de la cubierta	69
Tabla 8. Precipitaciones en Quibdó por meses	76
Tabla 9. Medidas de la cubierta	78

## LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo A. Encuesta habitantes del sector

87

## GLOSARIO

**ABASTECIMIENTO:** suministro o fuente de agua por medio de una fuente natural o artificial que puede ser captada para diferentes fines.

**ALMACENAMIENTO INTERIOR:** Los tanques de almacenamiento subterráneos son utilizados en zonas donde la mayor parte de lluvia del año cae en una sola temporada. Un tanque subterráneo está aislado, tiene una tasa de evaporación muy baja y tiene ventaja sobre los tanques de almacenamiento de superficie. Los tanques subterráneos se deben conectar a una bomba eléctrica debido a que la alimentación por gravedad no es en la mayoría de los casos. Debido a su capacidad de almacenamiento y su facilidad de uso durante todo el año, son una opción popular para los sistemas de agua potable.

**ANCLAJE:** mecanismo que se utiliza para contrarrestar los empujes que se presentan en los cambios de dirección (verticales y horizontales) de la tubería.

**ATRAQUE:** dispositivo que permite asegurar la tubería en sectores de alta pendiente y donde se dificulte la instalación subterránea, se usa como complemento con anclajes de concreto o metálicos, para evitar desplazamientos o colapsos.

**BARRIL DE LLUVIA:** un barril de lluvia es un método de captación de aguas lluvias el cual es muy simple y de bajo costo. Es un barril que se utiliza para recolectar la escorrentía del techo de una casa o un edificio, generalmente colocándolo debajo de un tubo de desagüe o un canalón. Puede ser de acero o de madera o puede ser un colector. El agua de los barriles de lluvia se utiliza por lo general para llenar las regaderas o los cubos, aunque es relativamente común agregarle grifos en la base para unirle una manguera de riego.

**BOCATOMA:** término genérico utilizado para las obras de captación, derivación o toma en un río o quebrada en que se desvía agua para una presa o acueducto.

**CAPTACIÓN:** conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de fuente de abastecimiento.

**CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y FREÁTICAS:** en muchas regiones con déficit hídrico hay posibilidades de aprovechamiento de aguas subterráneas y freáticas para diferentes finalidades, dependiendo de la calidad, disponibilidad y modalidad de extracción

**CATASTRO DE REDES:** inventario de las tuberías y accesorios existentes incluida su localización, diámetro, profundidad, material, y año de instalación.

**CODO:** se emplea como accesorio para cambios de dirección horizontal o vertical de la línea de tubería.

**COSECHA DE AGUA DE TECHOS DE VIVIENDA Y OTRAS ESTRUCTURAS IMPERMEABLES:** Esta es la modalidad más conocida y difundida de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Consiste en captar la escorrentía producida en superficies impermeables o poco permeables, tales como techos de viviendas y establos, patios de tierra batida, superficies rocosas, hormigón, mampostería o plástico. La captación de agua de techos es la que permite obtener el agua de mejor calidad para consumo doméstico.

**DERIVACIÓN DE MANANTIALES Y CURSOS DE AGUA MEDIANTE BOCATOMAS:** no todos consideran la captación y derivación de manantiales y cursos de agua establecidos (nacientes, arroyos, embalses) como captación de agua de lluvia propiamente tal. Sin embargo, estas técnicas son útiles para contrarrestar el déficit hídrico en determinadas zonas. Su utilización puede tener diferentes finalidades, desde riego, abrevadero y hasta consumo doméstico (dependiendo de la calidad del agua y de la severidad de la escasez).

**DESARENADOR:** Cámara destinada a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación.

**ESTANQUE DE RETENCIÓN:** una versión a gran escala de captación de aguas lluvias utiliza zanjas para canalizar la escorrentía de una zona amplia a un estanque de almacenamiento. Este tipo de estanque por lo general posee un fondo de lodo, pero puede estar revestido con hormigón en algunos casos. El uso más común de un estanque de retención de aguas lluvia es regar la hacienda, pero también se puede bombear el agua para regar el césped, cultivos u otras plantas.

La captación con estanques sólo es viable en las zonas con una gran cantidad de lluvia y un suelo rico en arcilla, ya que los suelos arenosos absorben el agua demasiado rápido como para permitir una gran escorrentía.

Dadas estas opciones la mejor área de captación de aguas lluvias para el uso doméstico y de mejor calidad, tomando obviamente las precauciones sanitarias correspondientes es el agua de captación de techo la cual resulta ser la más adecuada para este fin.

Grandes modalidades de captación de agua de lluvia, como las siguientes:

**GOLPE DE ARIETE:** oscilación del agua en un conducto cerrado por cambios bruscos de la velocidad del flujo.

**LODO:** conjunto de sedimentos de mayor tamaño que se precipitan gracias a su peso propio.

**MICRO CAPTACIÓN:** consiste en captar la escorrentía superficial generada dentro del propio terreno de cultivo, en áreas contiguas al área sembrada o plantada, para hacerla infiltrar y ser aprovechada por los cultivos. Las técnicas de microcaptación usan las propiedades hidrológicas de un área con pendiente, lisa, poco permeable y sin vegetación, para que genere escorrentía superficial, y las de otra área contigua y aguas abajo, con surcos, bordos, camellones u hoyos, para captar la escorrentía y abastecer el suelo y los cultivos allí sembrados. También es denominada como captación in situ, por tratarse de un proceso de captación y uso en un lugar cercano o contiguo. Por sus características, las técnicas de microcaptación se destinan al suministro de agua para cultivos.

**MACROCAPTACIÓN:** consiste en captar la escorrentía superficial generada en áreas más grandes, ubicadas contiguas al cultivo (macrocaptación interna) o apartadas del área de cultivo (macrocaptación externa), para hacerla infiltrar en el área de cultivo y ser aprovechada por las plantas. Las técnicas de macrocaptación son más complejas que las de microcaptación. Incorporan como principio hidrológico la utilización de un área productora de escorrentía superficial (pendiente más elevada, suelo delgado, área rocosa, etc.), sin o con escasa cobertura vegetal, para que genere un volumen considerable de flujo superficial hacia el área de cultivo. Entre ambas debe haber estructuras de contención, de conducción de agua, como acequias, canales, zanjas, surcos o camellones. El agua captada puede también ser utilizada para abastecer estructuras de almacenamiento, como estanques o embalses temporales, para diferentes finalidades. También se puede considerar como técnica de macrocaptación la derivación de fuentes de agua externas al área de cultivo, como torrentes, avenidas y cuencas, mediante bocatomas. La mayor parte de las macrocaptaciones se utilizan en regiones semiáridas o áridas, aunque algunas captaciones externas se aplican también en regiones subhúmedas.

**REDUCCIÓN:** se emplea como accesorio para cambios de diámetro de la línea de tubería.

**TANQUES DE ALMACENAMIENTO:** Es un método de captación el cual permite aprovechar las grandes escorrentías de las áreas que reciben una importante cantidad de aguas lluvia o de viviendas (casas o edificios) con una gran superficie de recolección, que necesite utilizar tanques de almacenamiento grandes, los cuales se llenan usando los sistemas de canalones con una sola bajada de agua para evitar desperdiciar la escorrentía. Algunos tanques de almacenamiento funcionan por gravedad, en especial aquellos que se colocan en el piso superior de un edificio, pero la mayoría depende de una bomba eléctrica para utilizar el agua que captan.

**TÉ:** se emplea como accesorio para derivaciones y/o cambios de diámetro de la línea de tubería.

**VÁLVULA DE CORTE O CIERRE:** se coloca al comienzo o al final de la línea de tubería. También previo estudio de la necesidad técnica o a lo largo de la misma.

**VÁLVULA DE PURGA O DESAGÜE:** se debe ubicar en los puntos bajos de la línea de tubería.

**VÁLVULA DE VENTOSA O DE AIRE:** se debe colocar en los puntos altos de la línea de tubería para facilitar la salida del aire que se acumula durante el funcionamiento o en su llenado. También para la entrada del aire, en las descargas de la tubería o por rotura.

**VÁLVULA PARA QUIEBRE DE PRESIÓN:** tiene por objeto reducir la presión aguas abajo, hasta la presión atmosférica, con el fin de limitar las presiones en las instalaciones localizadas aguas abajo.

## INTRODUCCIÓN

El trabajo que se pone en consideración, tiene como título: aprovechamiento de aguas lluvias fase de captación para el acueducto comunitario del barrio zona minera en el municipio de Quibdó – Chocó se desarrolla en seis capítulos.

En el primer capítulo se presenta el problema, los objetivos, justificación y formulación. El segundo capítulo resume el marco referencial utilizado para el diseño de la investigación y para la discusión de sus resultados. Se analizan los aspectos relacionados con el agua lluvia y particularmente al uso que se le da a esta en el barrio Zona Minera municipio de Quibdó (Choco). Se plantea la temática del agua lluvia, sus características, su uso, recolección, almacenamiento y aprovechamiento de esta ante la carencia de acueducto de la ciudad de Quibdó. Se aborda la problemática referida a la relación entre el agua y las personas de la comunidad en cuestión.

El capítulo 3 presenta los criterios empleados para seleccionar los sitios (viviendas) utilizados para el trabajo de campo y para localizar los almacenamiento. Se describen las condiciones climáticas y del perfil del terreno y se detallan las tareas de captación de la muestra. En su parte final se presenta la rutina empleada para el procesamiento de datos.

El capítulo 4 constituye el espacio donde son presentados y discutidos los resultados de la investigación. Su primera parte se refiere al análisis del uso y manejo de aguas lluvias en el barrio Zona Minera, conforme al Objetivo general. En la segunda parte, se compara los momentos de sequía por la falta de lluvia en el sector y la necesidad de un acueducto.

El capítulo 5 se ocupa en primer lugar de las conclusiones obtenidas en relación a los objetivos del trabajo. Complementariamente se señala la necesidad de construir un acueducto comunitario con las aguas lluvias y se realiza un breve análisis crítico de la metodología empleada.

El capítulo 6 propone un proyecto de construcción de un acueducto comunitario en el Barrio Zona Minera en la ciudad de Quibdó.



## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia, es uno de los países más privilegiados por la biodiversidad que posee, siendo el departamento del Chocó, uno de los entes territoriales que por su condición geoestratégica, hoy es considerado, por algunos críticos como el pulmón de la humanidad, otros lo ubican como la principal reserva de oxígeno del planeta<sup>1</sup>, por sus riquezas hídricas identificadas pues cuenta con miles de cuerpos de aguas, tales como ríos, quebradas, lagunas y caños; sin dejar de lado que cuenta con dos mares (Pacífico y Caribe).

En Colombia, los niveles de lluvia son muy variables, con promedios que van desde los 500mm anuales en la Guajira (muy seco), hasta los 12.000 mm anuales en algunas regiones del Chocó (extremadamente lluvioso). Un país como Colombia gastaría anualmente un promedio de 1150km<sup>3</sup> de agua de la oferta que equivale al 40%, que es lo que debe retener un país con esta capacidad, pero el abastecimiento y el suministro del agua no alcanzan al porcentaje del agua con respecto a la oferta de agua.

Actualmente cada persona en Colombia, genera un consumo de agua de aproximadamente de 40m<sup>3</sup> de agua al año que incluye aseo personal, lavado de ropa, lavado de utensilios, preparación de alimentos y demás actividades cotidianas del ser humano.

Haciendo un análisis comparativo entre los entes territoriales de la región es relevante manifestar que los departamentos como Nariño, Córdoba y Chocó, entre otros, se utilizan aguas lluvias como suministro para cada vivienda; las cuales son recogidas y almacenadas en tanques elevados o subterráneos, para posteriormente ser consumida. La singularidad del departamento del Chocó, es evidenciada por ser este uno de los entes territoriales, más ricos en recursos hídricos en Colombia, sin embargo es vulnerable en el abastecimiento de agua potable.

Existen zonas en la ciudad de Quibdó, en la que se toma el agua del río Atrato u otros, las cuales han sido tratadas en un mínimo porcentaje debido a la falta de materiales o instrumentos que se requieren, y solo está disponible para la parte baja de la ciudad que equivale a un 30% de los habitantes; pero en las zonas altas en donde el acueducto no abastece de suministro de agua el resto de la población, dicha población, en particular sus habitantes garantizan el abastecimiento de agua por medio de captaciones rudimentarias y de tipo personal o individual en cada vivienda. En el barrio Zona Minera, en el municipio de Quibdó – Chocó, se evidencia de manera concreta la carencia de un sistema de optimización,

---

<sup>1</sup> UNESCO Choco es un pulmón de la humanidad.1992. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [unesdoc.unesco.org/images/001](http://unesdoc.unesco.org/images/001)

captación y almacenamiento de aguas lluvias, el cual permita mejorar el servicio que presta el acueducto comunitario de dicho sector. Un sistema que brinde posibles soluciones de tipo colectivo a las personas; de manera que se aprovechen las aguas lluvias que se presentan en el barrio, ya que en este constantemente se presenta un alto nivel de pluviosidad.

Dadas estas condiciones, la comunidad en general de la ciudad de Quibdó y en particular los habitantes del Barrio de la Zona Minera, han gestionado su propio sistema de recolección, transporte, almacenamiento y distribución de aguas lluvias; pero carecen un sistema que optimice el sistema de captación de aguas lluvia, ya que en épocas de verano se ven afectados, debido a que el acueducto comunitario no es eficiente. Se hace urgente y necesario plantear proyecto de optimización del proceso de captación y almacenamiento de aguas lluvias, el cual de solución a la problemática; porque si se espera que el gobierno municipal les solucione, pasaran muchos años sin respuesta.

El sistema, el cual nos referimos, no registra estudios de esta índole, solo pequeñas experiencias de tipo rudimentario de forma individual y en algunos casos familiares. Pero haciendo un análisis comparado con otras regiones del país, si se viene implementando este tipo de investigaciones. En este sentido la presente investigación se direcciona a partir del siguiente interrogante: ***¿Cómo optimizar el sistema de captación y almacenamiento de aguas lluvias del acueducto comunitario del barrio Zona Minera del municipio de Quibdó - Chocó?***

## 2. ANTECEDENTES

Teniendo en cuenta la importancia del tema – problema: Optimización del proceso de captación y almacenamiento de aguas lluvias del acueducto comunitario del barrio Zona Minera, en el municipio de Quibdó – Chocó, es necesario indagar e investigar sobre este tipo de propuesta, ya que esto permite mirar la historia del mismo. Teniendo en cuenta lo anterior hablamos de que en el municipio de Quibdó no se han elaborado proyectos de esta índole, y en el país, son pocas las investigaciones orientadas en este sentido, no obstante relacionaremos algunas, enfatizando en la realizada por la ingeniera Nora Cadavid Giraldo, en su tesis: ***Criterios de Sostenibilidad para Acueductos Comunitarios. Caso, periferia urbana del Municipio de Envigado***, al igual de otros estudios relacionados con el tema.

La Ingeniera Civil, Nora Cadavid, la cual adelantó un estudio sobre el desarrollo del Acueducto Comunitario en el Municipio de Envigado Antioquia, concluye que estas son estructuras sociales que van ligadas en la historia de las periferias urbanas y las zonas rurales; en donde la población decidió actuar por sus propios medios creando así su propio suministro de agua potable por medio del acueducto comunitario el cual ha sido fuente de abastecimiento de la población a lo largo de los años<sup>2</sup>.

En estudio organizado por la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO, 1991; FAO, 1987; FAO, 1990), el cual lleva como título: “Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia”, en él dice que diversas formas de captación de agua de lluvia se han utilizado tradicionalmente a través de los siglos. Pero estas técnicas se han comenzado a estudiar y publicar técnica y científicamente, sólo en época reciente.

Muchas de las obras históricas de captación de agua de lluvia para uso doméstico se originaron principalmente en Europa y Asia. Con base en la distribución de los restos de estructuras de captación de agua de lluvia y el persistente uso de estas obras en la historia, se puede asumir que las técnicas de captación de agua de lluvia desempeñaban un papel importante en la producción agrícola y la vida en general en las zonas áridas y semiáridas en diversas partes del mundo. Parte de la agricultura en el Medio Oriente, estaba basada en técnicas como derivación de torrentes descubiertas en el Desierto de Wadi Rum en Jordania, lugar bastante especial con unos paisajes increíbles. En Israel en el Desierto de Negev, han sido descubiertos sistemas de captación de agua de lluvia que datan de 4 000 años o más, eran medidas simples de control del agua. Estos sistemas consistieron en el desmonte de lomeríos para aumentar la escorrentía superficial, que era entonces

---

<sup>2</sup> CADAVID, Nora, Acueductos Comunitarios: patrimonio social y ambiental del Valle de Aburra. n° 20 Valle de Aburra: Revista Avances en Recursos hidráulicos, 2010. P. 20

dirigida a predios agrícolas en las partes bajas. En el sur este de Túnez se utilizaron técnicas de micro captación para el crecimiento de árboles. Técnicas parecidas se practicaron por todo una vasta región del sur oeste de los Estados Unidos, noreste de México y en el Altiplano de México Central y Sur.<sup>34</sup>

En el 2010, Natalia Palacios Castañeda, en su propuesta (Monografía) de diseño sobre un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, se plantea que el aprovechamiento del agua lluvia para diferentes usos es sostenible, tanto ambiental como económicamente, si se tiene en cuenta la gran demanda del recurso sobre las cuencas hidrográficas, el alto grado de contaminación de las fuentes superficiales y los elevados costos por el consumo de agua potable en una institución educativa<sup>5</sup>.

Otra propuesta relacionada con el tema, es la de la empresa LOCERÍA COLOMBIANA (diseño de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvia de los techos), que como estrategia en el aprovechamiento de aguas lluvia, y que usando el agua de los techos de la empresa se podrían abaratar los costos de la empresa en el uso del agua potable<sup>6</sup>. Se encontró que tanto técnica como económicamente, es viable aprovechar las aguas lluvias dentro del proceso productivo de la planta.

---

<sup>3</sup> ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA.

Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia Experiencias en América Latina. Santiago de Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 2000. 180 p. ,

<sup>5</sup> PALACIO CASTAÑEDA, Natalia . Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable. Caldas (Antioquía): Institución Educativa María Auxiliadora de Caldas, 2010

<sup>6</sup> LOCERÍA COLOMBIANA. Diseño de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvia de los techos. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [www.ambientalmente.com/c](http://www.ambientalmente.com/c)

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Optimizar el proceso de recolección y almacenamiento de aguas lluvia en el acueducto comunitario del Barrio Zona Minera del Municipio de Quibdó, Chocó.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las condiciones del sistema de captación, almacenamiento y distribución de aguas lluvias del acueducto comunitario del Barrio Zona Minera.
- Diseñar un sistema de recolección y almacenamiento de aguas lluvias para mejorar la operación del acueducto comunitario del barrio zona minera del municipio de Quibdó.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

El realizar propuestas o proyectos de diseño, sobre la optimización, captación y almacenamiento de aguas lluvias en acueductos comunitarios, en sectores marginales de los centros urbanos, es una estrategia que brinda solución inmediata a las personas que son afectadas o que no cuentan con redes de distribuciones de agua potable; se convierte la lluvia en una alternativa de dotación de agua a la población y justifica la optimización del proceso de captación y almacenamiento de aguas lluvias.

El agua es esencial para la vida. Todas las personas, animales y plantas necesitamos el agua para vivir y satisfacer las necesidades. En el caso del hombre y la mujer, el agua es primordial para el desarrollo de muchas actividades productivas. Sin embargo en muchos lugares del planeta, la población no cuenta con el agua necesaria para mantener un bienestar y nivel de vida óptimo. En Colombia, es común encontrar numerosos lugares que les toca hacer grandes recorridos para poder encontrar agua, con el agravante que esta no es potable. Cuando la población no cuenta con el agua necesaria, se enfrenta a grandes dificultades que ponen en riesgo, la vida e integridad de las personas. Caso contrario, es cuando la comunidad tiene el agua potable, su salud es buena y los ambientes se tornan agradables.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario contar con el recurso hídrico, ya que este es vital en los habitantes del barrio Zona Minera del municipio de Quibdó – Chocó, es por eso que creemos que si se optimiza el proceso de captación y almacenamiento de aguas lluvias del acueducto comunitario en el barrio, las personas pueden mejorar su nivel de vida y tener en mayor cantidad el preciado líquido. Partiendo de lo anterior, relacionamos datos que nos amplían el panorama teórico de la problemática en Colombia, Chocó y el municipio de Quibdó.

En Colombia los 1.123 municipios registrados en el DANE, conteo que incluye los 5 distritos especiales que se cuentan también como municipios, cabeceras clasificadas como urbanas, la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado a través de operadores especializados privados y públicos representa un 20%, principalmente en municipios de más de 10 mil habitantes, en donde se concentra más del 90% de la población colombiana. En los municipios de menos de 10 mil habitantes, predomina la prestación a través del ente territorial directamente o de empresas municipales. Situación compleja para el Departamento del Chocó, que su población vive en una gran dispersión, debido a las realidades de la conformación de campos y poblados, los cuales están sujetos a las necesidades de trabajo e idiosincrasia<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Estadística de población. . [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co).

En el Chocó, la construcción de acueductos es deficiente ya que en su dispersión, la falta de voluntad política de los gobiernos de turno en dar respuesta a la problemática, toca es que las comunidades se ven abocadas a buscarle soluciones desde lo comunitario en la construcción de tinajas, posos, etc. rudimentarios para la captación de aguas lluvias; de esto no es ajena la ciudad de Quibdó, en particular el barrio Zona Minera.

El problema de la falta de acueducto en Quibdó, suena ridículo ya que es el municipio de mayores precipitaciones anuales de Colombia y uno de los primeros del mundo, y es oficialmente el lugar de sur América con la mayor precipitación con promedio anual de 8991 mm de profundidad. Sin embargo, en la estación hidrometeorológica del municipio de Lloro, a 22 km de Quibdó, se ha estimado que la precipitación media anual del sitio es de 13300 mm, con lo cual es probable que sea la mayor precipitación en el mundo.

Durante el año, el mes de febrero es el que menos pluviosidad hay que es de 497.mm, mientras que en los meses de mayor demanda de pluviosidad son los meses de junio hasta septiembre que se mantiene en un promedio de pluviosidad de 742. mm siendo agosto la de mayor pluviosidad que es de 879 mm; el no acceso al recurso a lo largo del tiempo; además del manejo que ha habido por los entes encargados de establecer o contemplar este recurso para bien de dicho municipio, es necesario buscar algunas alternativas de acceso a este recurso con la productividad existentes que se presenta en el departamento.

Esto ha permitido que en la población el suministro de agua no esté en óptimas condiciones para el consumo humano, lo cual genera problemas de enfermedades en especial a la población menor de edad; la cual ha sido la más afectada, ya que se han generado enfermedades diarreicas agudas, la cual es la tercera causa de mortalidad en el municipio con un 9,1%; así como la segunda en morbilidad; esto ha sido debido al consumo de agua por los habitantes en donde el proceso de estas no se encuentran en óptimas condiciones para el consumo humano<sup>8</sup>

En Quibdó los últimos meses del año 2014, se vienen adelantando obras de adecuación y mejoramiento del acueducto municipal, que entre otras cosa es pequeño y obsoleto para la población de la ciudad. Ante este panorama es que cobra importancia adelantar estudios que evidencien la problemática y se busquen posibles soluciones; es donde esta investigación cobra importancia, ya que con ella se busca determinar el contenido de almacenamiento y uso de aguas lluvia del barrio Zona Minera, de forma que se pueda implementar un acueducto comunitario que subsane el problema de captación y almacenamiento de agua en el barrio en cuestión.

---

<sup>8</sup>ÁLVAREZ, G.L. La polémica del agua: a quién pertenece el agua y vida en Colombia. Quibdó Apuntes Plan de Ordenamiento Territorial Diagnostico Territorial, 2008. 120 p.

Creemos que esta investigación serviría de gran apoyo a la comunidad, y sería un valioso referente para las oficinas de planeación y desarrollo del Departamento del Chocó, en particular las zonas periférica de la ciudad capital y comunidades rurales de esta región, es nuestro singular aporte al desarrollo urbanístico, como también a las iniciativas de los retos que se tiene en la ingeniería ambiental de Colombia y el mundo. El trabajo está orientado o enfocado a mejorar la calidad de vida de los habitantes de esta zona aprovechando los recursos de aguas lluvias existentes en el municipio.



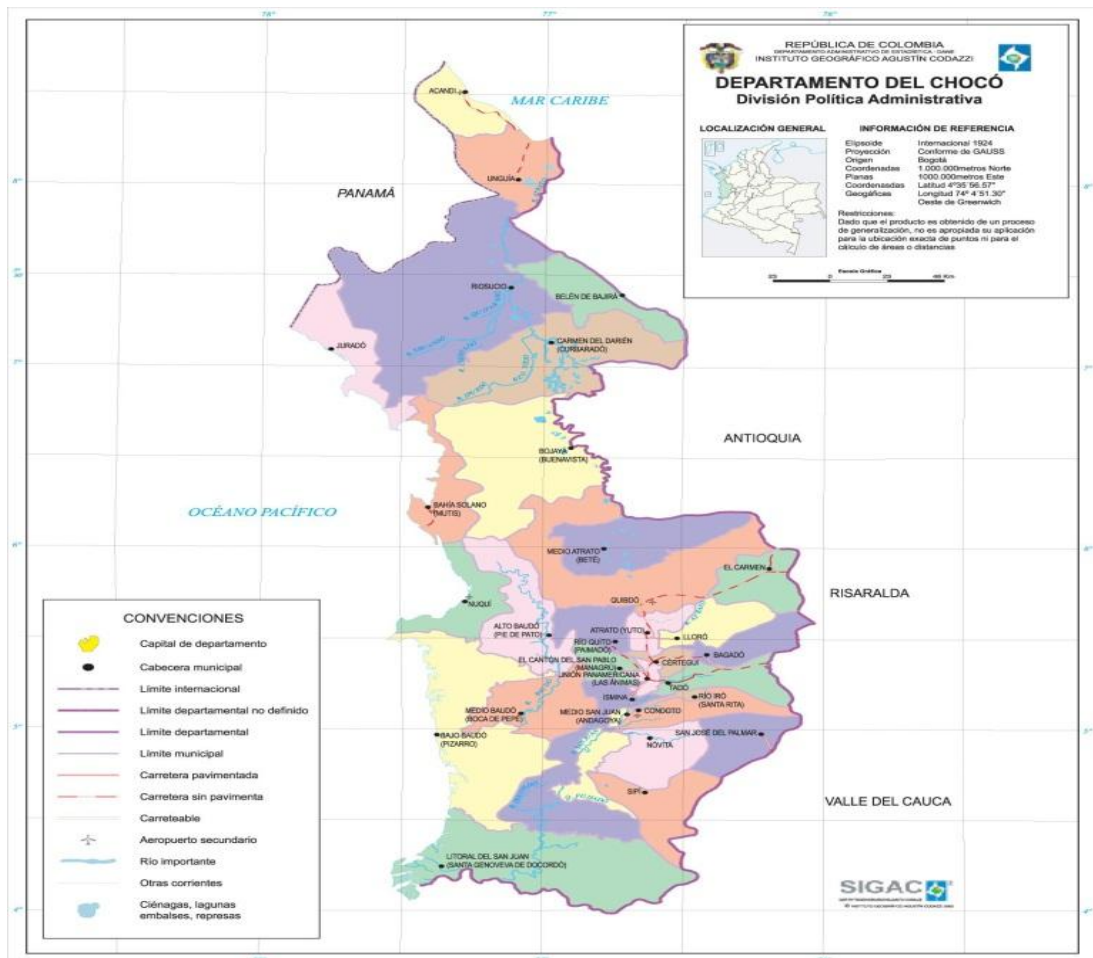
## 5. MARCO REFERENCIAL

El marco de referencia recoge lo contextual y teórico – conceptual, en donde se planten teorías, conceptos e ubicación geográfica en donde se encuentra la problemática, se desarrolla de la siguiente manera:

### 5.1 CONTEXTO

El proyecto se ubica geográficamente en el del Departamento del Chocó, su superficie es de 46.530 km<sup>2</sup>. Es el único departamento colombiano con costas en el Océano Pacífico y el Océano Atlántico.

Figura 1. Mapa departamento del Choco.



Fuente: Google map

El realizar propuestas o proyectos de diseño, sobre la optimización, captación y almacenamiento de aguas lluvias en acueductos comunitarios, en sectores marginales de los centros urbanos, es una estrategia que brinda solución inmediata a las personas que son afectadas o que no cuentan con redes de distribuciones de agua potable; se convierte la lluvia en una alternativa de dotación de agua a la población y justifica la optimización del proceso de captación y almacenamiento de aguas lluvias.

El agua es esencial para la vida. Todas las personas, animales y plantas necesitamos el agua para vivir y satisfacer las necesidades. En el caso del hombre y la mujer, el agua es primordial para el desarrollo de muchas actividades productivas. Sin embargo en muchos lugares del planeta, la población no cuenta con el agua necesaria para mantener un bienestar y nivel de vida óptimo. En Colombia, es común encontrar numerosos lugares que les toca hacer grandes recorridos para poder encontrar agua, con el agravante que esta no es potable. Cuando la población no cuenta con el agua necesaria, se enfrenta a grandes dificultades que ponen en riesgo, la vida e integridad de las personas. Caso contrario, es cuando la comunidad tiene el agua potable, su salud es buena y los ambientes se tornan agradables.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario contar con el recurso hídrico, ya que este es vital en los habitantes del barro Zona Minera del municipio de Quibdó – Chocó, es por eso que creemos que si se optimiza el proceso de captación y almacenamiento de aguas lluvias del acueducto comunitario en el barrio, las personas pueden mejorar su nivel de vida y tener en mayor cantidad el preciado líquido. Partiendo de lo anterior, relacionamos datos que nos amplían el panorama teórico de la problemática en Colombia, Chocó y el municipio de Quibdó.

En Colombia los 1.123 municipios registrados en el DANE, conteo que incluye los 5 distritos especiales que se cuentan también como municipios, cabeceras clasificadas como urbanas, la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado a través de operadores especializados privados y públicos representa un 20%, principalmente en municipios de más de 10 mil habitantes, en donde se concentra más del 90% de la población colombiana. En los municipios de menos de 10 mil habitantes, predomina la prestación a través del ente territorial directamente o de empresas municipales. Situación compleja para el Departamento del Chocó, que su población vive en una gran dispersión, debido a las realidades de la conformación de campos y poblados, los cuales están sujetos a las necesidades de trabajo e idiosincrasia<sup>9</sup>.

En el Chocó, la construcción de acueductos es deficiente ya que en su dispersión, la falta de voluntad política de los gobiernos de turno en dar respuesta a la

---

<sup>9</sup> DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Estadística de población. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co).

problemática, toca es que las comunidades se ven abocadas a buscarle soluciones desde lo comunitario en la construcción de tinas, posos, etc. rudimentarios para la captación de aguas lluvias; de esto no es ajena la ciudad de Quibdó, en particular el barrio Zona Minera.

El problema de la falta de acueducto en Quibdó, suena ridículo ya que es el municipio de mayores precipitaciones anuales de Colombia y uno de los primeros del mundo, y es oficialmente el lugar de sur América con la mayor precipitación con promedio anual de 8991 mm de profundidad. Sin embargo, en la estación hidrometeorológica del municipio de Lloro, a 22 km de Quibdó, se ha estimado que la precipitación media anual del sitio es de 13300 mm, con lo cual es probable que sea la mayor precipitación en el mundo.

Durante el año, el mes de febrero es el que menos pluviosidad hay que es de 497.mm, mientras que en los meses de mayor demanda de pluviosidad son los meses de junio hasta septiembre que se mantiene en un promedio de pluviosidad de 742. mm siendo agosto la de mayor pluviosidad que es de 879 mm; el no acceso al recurso a lo largo del tiempo; además del manejo que ha habido por los entes encargados de establecer o contemplar este recurso para bien de dicho municipio, es necesario buscar algunas alternativas de acceso a este recurso con la productividad existentes que se presenta en el departamento.

Esto ha permitido que en la población el suministro de agua no esté en óptimas condiciones para el consumo humano, lo cual genera problemas de enfermedades en especial a la población menor de edad; la cual ha sido la más afectada, ya que se han generado enfermedades diarreicas agudas, la cual es la tercera causa de mortalidad en el municipio con un 9,1%; así como la segunda en morbilidad; esto ha sido debido al consumo de agua por los habitantes en donde el proceso de estas no se encuentran en óptimas condiciones para el consumo humano.<sup>10</sup>

En Quibdó los últimos meses del año 2014, se vienen adelantando obras de adecuación y mejoramiento del acueducto municipal, que entre otras cosa es pequeño y obsoleto para la población de la ciudad. Ante este panorama es que cobra importancia adelantar estudios que evidencien la problemática y se busquen posibles soluciones; es donde esta investigación cobra importancia, ya que con ella se busca determinar el contenido de almacenamiento y uso de aguas lluvia del barrio Zona Minera, de forma que se pueda implementar un acueducto comunitario que subsane el problema de captación y almacenamiento de agua en el barrio en cuestión.

Se cree que esta investigación serviría de gran apoyo a la comunidad, y sería un valioso referente para las oficinas de planeación y desarrollo del Departamento del

---

<sup>10</sup>ÁLVAREZ, G.L. La polémica del agua: a quién pertenece el agua y vida en Colombia. Quibdó Apuntes Plan de Ordenamiento Territorial Diagnostico Territorial, 2008. 120 p.



Estos territorios poseen la más variada y rica gama de recursos de flora y fauna, como consecuencia de su ubicación y clima, constituyéndose así en la reserva y patrimonio no sólo de Colombia, sino del planeta, por su intensa y endémica biodiversidad, unida a una cultura de la hidroselva.

El departamento del Chocó presenta difíciles condiciones geográficas y climáticas, un territorio cubierto de bosques húmedos, con una alta intensidad pluvial, es además una región de escasa infraestructura de acceso y de servicios públicos<sup>11</sup>.

La realidad social de los chocoanos en relación al uso de agua lluvia y acueductos, es paradójica; por un lado llueve con mucha frecuencia y por el otro no hay una infraestructura (acueducto) que pueda garantizar el agua permanentemente a los campos y poblados. Chocó, se convierte en el departamento del Pacífico colombiano con mayores necesidades básicas insatisfechas, en donde un 80% de la población no tiene servicios de acueducto y alcantarillado, según cifras del DANE<sup>12</sup>; siendo el agua de lluvia la única alternativa de proveer de agua a comunidades enteras. Dichas comunidades desarrollan estrategias para captar el precioso líquido, saben que si no se recoge, guarda y usa adecuadamente, pueden tener dificultades a la hora de satisfacer sus necesidades.

**5.1.1 Quibdó, como centro urbano en la actualidad.** Es la capital del Departamento del Chocó, la ciudad está ubicada en una de las regiones más forestales de Colombia, cerca de grandes reservas ecológicas como el Parque Nacional Natural Emberá y una de las regiones con un gran número de reservas indígenas. Se encuentra a orillas del río Atrato, uno de los principales afluentes del país y una de las zonas con más alta pluviosidad del mundo. Se halla situada en la margen derecha del río Atrato. Se encuentra a 43 m sobre el nivel del mar y tiene una temperatura cuyo promedio es de 28 pc. Dista de Bogotá 718 km.

La ciudad de San Francisco de Quibdó, constituye el único centro departamental localizado entre la cordillera y el litoral (ver figura 3). Por sus características, es el punto medio de enlace natural que existe entre los dos litorales colombianos, a través de los ríos Atrato y San Juan. Las relaciones de centralidad convergen sobre la zona del istmo San Pablo, específicamente entre Quibdó e Istmina, y se explican por las relaciones de comunicación fluvial que existe entre los dos grandes ríos: Atrato y San Juan<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup> CHOCTROPICAL. Ubicación geográfica del Chocó. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: <http://choctropical.blogspot.com/2010/05/ubicacion-geografica-del-choco>.

<sup>12</sup> WIKIPEDIA. Generalidades de Quibdó. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Quibd%C3%B3>

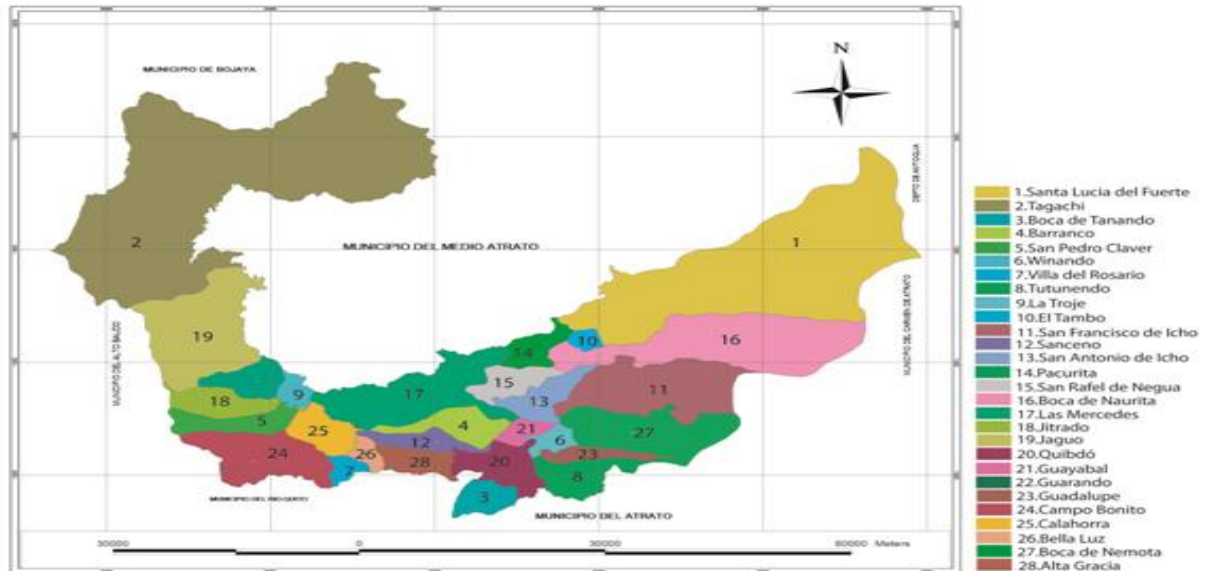
Figura 2. Ciudad de Quibdó,



Fuente: Google.com. Imágenes. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [www.google.com/imágenes](http://www.google.com/imágenes)

La población del Municipio es de 115.981 habitantes, de los cuales 89.838 están localizados en la zona urbana es decir el 77,56% y 26.143 en zona rural, o sea el 22,44%. (DANE)

Figura 3. Mapa político del municipio de Quibdó



Fuente: GOOGLE. Map. Municipio de Quibdo. en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [www.google.com.co/search?q=municipio+de+quibdo&es](http://www.google.com.co/search?q=municipio+de+quibdo&es)

La realidad sociocultural del municipio de Quibdó, es dolorosa, en relación a otras capitales de Colombia, la ciudad no tiene un posicionamiento significativo entre las ciudades más importantes del país, pues su oferta de ciudad es débil y no corresponde a una ruta específica de desarrollo. El deterioro de la seguridad ciudadana con el aumento del crimen común y organizado, ha afectado directamente el tejido social, especialmente el núcleo fundamental de toda sociedad como es la familia, agudizando la inequidad en la población vulnerable y en extrema situación de pobreza.

Su crecimiento como ciudad no obedece a un Plan Ordenado: la malla vial deteriorada, la movilidad traumatizada, nulo control urbanístico y la baja cobertura de los servicios públicos básicos; las inundaciones de sus barrios son pan de cada día y el desbordamiento de sus ríos afecta la vida de los habitantes. La mayoría de su gente sobrevive con menos de un salario mínimo diario (aprox. \$3.000 pesos Colombianos), el cual consiguen mediante el rebusque, actualmente ostenta el de sonroso lugar como la ciudad con mayor índice de desempleo de todo el país, lo que ha conllevado, en gran parte, a la fuga de talento humano a otras regiones por la falta de oportunidades. Con una tasa de analfabetismo superior al promedio nacional, con una deficiente infraestructura en escuelas, colegios públicos, saneamiento básico y con los más bajos resultados en las pruebas de Estado, se hace imposible competir en el nuevo orden mundial.

La salud de la población se encuentra afectada por la inadecuada administración de los recursos financieros, una debilidad en el control de los actores del sector, tasas desalentadoras como la de mortalidad infantil y embarazos en adolescentes y una inadecuada infraestructura para asegurar la prestación de los servicios. No se ha hecho lo suficiente para que los ingresos propios del municipio de Quibdó, puedan alcanzar para mejorar su funcionamiento e inversión social, manteniéndose como un municipio dependiente de las transferencias del Gobierno central (SGP y regalías). Todo lo anterior, es resultado de la falta de un imaginario colectivo que pueda ser la guía de una ruta de desarrollo, lo que ha generado una desarticulación de las instituciones públicas, privadas y comunitaria en donde cada quien tira por su lado.

En cuestión de servicios básicos, el municipio de Quibdó, no cuenta con unas entidades competentes las cuales puedan ser diligentes y proponentes en la gestión de recursos, los cuales sirvan para la construcción de acueducto, hospitales, colegios y otro tipo de infraestructuras que satisfagan las necesidades básicas de la gente.

En cuestión de acueducto, parece irónico que Quibdó, a orillas del caudaloso río Atrato y ubicada en un departamento con salida a dos mares y catalogado como el segundo lugar con más precipitaciones en el mundo, añore justamente agua y sufra los embates de los pocos tiempos de sequía; solo por no contar con un

acueducto municipal. Luis Heraclio Bermúdez, director del proyecto Aguas del Atrato, entidad encargada de la construcción de un acueducto en la ciudad, asegura que en la actualidad 8.261 hogares, es decir cerca 41.000 personas de los 140.000 habitantes que tiene el municipio, tienen agua potable pero con una intensidad, en promedio, de solo tres horas al día.

Figura 4. Acueducto municipal de la ciudad de Quibdó



Fuente: Plan de desarrollo. Quibdó - 2012

Figura 5. Acueducto natural de los Quibdosenos (Orilla del río Atrato) de la ciudad de Quibdo.



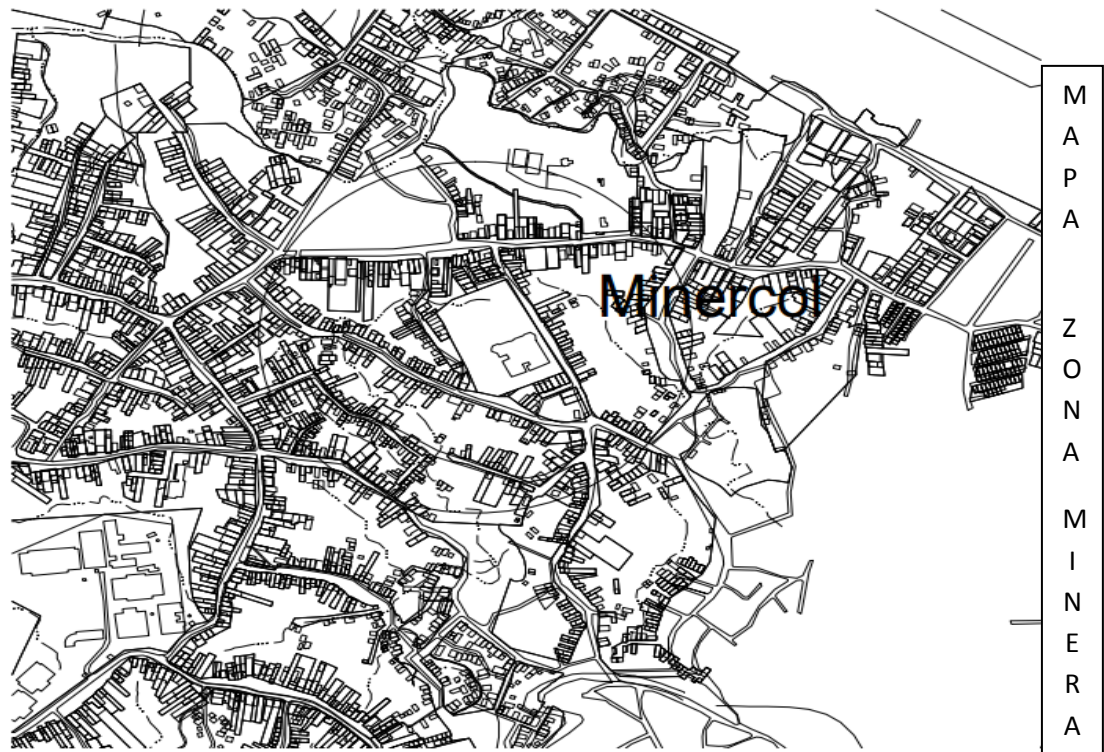
Fuente: Plan de Desarrollo Municipio de Quibdó. 2012 - 2015



Según las Empresas Públicas de Medellín (EPM), la construcción de un acueducto de alta calidad para Quibdó, inició en el año 2008, previos los lineamientos de la Superintendencia de Servicios Públicos, como producto del proceso que terminó en sanción para las Empresas Públicas de Quibdó. De allí que el Gobierno Nacional delegara a EPM para que se encargara de la creación de una red de servicios públicos que debe estar terminada en 2015. El objetivo es que para esa fecha el 83 por ciento de la población tenga cobertura de acueducto y el 70 por ciento de alcantarillado, cosa que a la fecha está en una fase inicial (distribución de algunas tuberías) sin que se avizore un pronto funcionamiento.

**5.1.2 Localización geoposicional del barrio zona minera en el municipio de Quibdó – Chocó.** El barrio Zona Minera pertenece a la comuna 6 de la ciudad de Quibdó, la cual está conformada por los barrios Jardín Sectores, el jardín, el roció, los rosales, central, orquídea, tulipán, los lirios, las dalias, prosocial, Zona Minera, los claveles, zona minera, las Margaritas, El Bosque, Minuto de Dios y San Antonio.

Figura 6. Mapa zona minera



Fuente: GOOGLE. Map. Municipio de Quibdo. en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [www.google.com.co/search?q=municipio+de+quibdo&es](http://www.google.com.co/search?q=municipio+de+quibdo&es)

- **Patrón de Ocupación.** Definida por la quebrada la Yesca desde su nacimiento por el norte en su recorrido hasta el puente que la atraviesa y se extiende hasta la quebrada la Aurora y la Universidad (U.T.CH.).

Tabla 1. Caracterización Espacial.

ZONA / BARRIO	CARACTERÍSTICAS
<p><b>JARDÍN / ZONA MINERA / SECTORES</b></p>	<p>Fisiografía. Las características de la zona están determinadas por lomas o terrazas características de la zona oriental, con escorrentías de agua y vegetación secundaria en las partes bajas de las lomas. Por causa de la ocupación se presentan grandes zonas con erosión, en las partes altas de la colina, con intervenciones de explanación.</p> <p>Síntesis Morfológicas. Los barrios se desarrollan sobre la calle 18 hacia la vía a Pacurita, creciendo sobre las cimas de las colinas vecinas. Existe un tipo peculiar de "manzana" con formas orgánicas productos de la ocupación lineal inicial determinadas por los bordes de las vías y caminos. En ciertos casos, estas manzanas se cierran con la aparición posterior de nuevos corredores o vías que pasan de un lado al otro de las microcuencas. Los barrios y diferentes sectores se han desarrollado sobre las amplias zonas planas que existen en la parte alta de las colinas.</p> <p>Síntesis tipológicas. Presenta una ocupación referenciada al borde de las vías principales de acceso, con predios de diferentes áreas. La ocupación se desarrolla a través del tiempo, por adición de predios, con un amplio e indefinido centro de "manzana" que conserva la vegetación original y las corrientes de agua. Las edificaciones son ubicadas al borde la carretera, hacia un extremo del predio con el fin de permitir la construcción posterior de otras viviendas en el resto del frente</p> <p>Otros Aspectos. Presenta una etapa de evolución urbana de barrios mediante el cierre de circuitos viales alrededor de áreas amplias de terreno, posibilitando una organización por manzanas. Además, la mayoría de sus casas han pasado a materiales más sólidos como concreto, bloque, eternit o zinc, Vías de acceso en concreto y recebo.</p>
<p>Fuente: autores</p>	

Las características de la zona están determinadas por lomas o terrazas características de la zona oriental y sur de la ciudad, con escorrentías de agua y vegetación secundaria en las partes bajas de las lomas. Por causa de la ocupación se presentan grandes zonas con erosión, sobre todo en las partes altas de las colinas, en las cuales existen amplias explanaciones.

Esta zona fue construida sobre la zona de las colinas orientales de la ciudad, entre la quebrada la Yesca y la quebrada la Aurora. Nace con la conformación y ocupación en el recorrido de la Yesca – zona alta rompiendo el límite urbano establecido por la Yesca, generando tensión y población hacia las colinas orientales de la ciudad, en los años 70, con los Barrios: San Antonio, La Esmeralda, El Bosque, Las Margaritas parte alta. La quebrada en esta zona tiene su cauce definido. En la parte alta de la piscina éste fue desviado y es el que presenta actualmente.

La zona del Jardín surge por la creciente inmigración de habitantes de la zona rural, quienes buscan tierras habitables y vacías para invadir. En este sector la ciudad se desarrolla sobre el eje de la quebrada la Yesca y la carretera a Pacurita. La ocupación de esta zona inicia su desarrollo a mediados de los ochenta, sobre colinas, en la forma lineal, siguiendo los caminos.

Actualmente la zona mantiene una ocupación lineal, pero algunas vías ya cierran circuitos viales, generando las primeras manzanas y determinando la futura organización.

- **Grado de Consolidación Predial.** Los predios tienen el mismo proceso de ocupación tradicional, en el cual se escoge el terreno, se delimita con alambre y mojones naturales. El predio es comprado o invadido y después legalizado. Se accede a desyerbar para después construir una vivienda en madera o materiales más sólidos. El predio se ocupa al borde de la vía. El proceso de conformación y agrupación de manzanas se hace por adición y es muy lento. Los predios varían siempre en extensión y con el tiempo tienden a subdividirse por densificación.

- **Características de la Vivienda.** Las edificaciones, por lo general, ocupan sólo un lado del predio, para permitir posteriores edificaciones y la conformación de perfiles continuos. Las viviendas presentan materiales sólidos como concreto, bloque y ladrillo, o están en proceso de cambio de madera a material. La distribución no es distinta de la tradicional palafítica, con la zona social al frente y

alcobas en el medio, zona de servicio en la parte posterior y un corredor central o lateral que ventila y distribuye<sup>13</sup>.

Ornato de Fachadas. El barrio está en proceso de desarrollo, con vías apenas transitables, con casas en materiales a la vista malogrados por la humedad.

## **5.2 MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL**

Como referente teórico, es bueno referenciar algunos conceptos relacionados con el tema, se mira desde diferentes enfoque, relacionados al interior y notas al pie de cada concepto; estos son:

**5.2.1 El agua y el cambio climático.** El cambio climático está vinculado al calentamiento global y es un cambio a largo plazo provocado por factores naturales y, como se reconoce actualmente, por actividades humanas debido a las emisiones de gases de efecto invernadero.

La temperatura media de la superficie terrestre ha aumentado 0,6°C desde finales de 1800. Se estima que esta temperatura aumentará entre 1,4 y 5,8°C más para el año 2100, y que el nivel del mar podría subir de 9 a 88 centímetros durante el mismo período.

En términos generales se admite que se pueden producir más precipitaciones de 30° a 90° Norte y de 30° a 90° Sur debido al aumento de la evapotranspiración.

Por lo contrario, se prevé que en el futuro muchas regiones tropicales y subtropicales recibirán menos precipitaciones y más irregulares.

El cambio climático está teniendo un impacto significativo en los modelos climáticos, las precipitaciones y el ciclo hidrológico, y está afectando la disponibilidad de agua superficial, así como la humedad del suelo y la recarga de aguas subterráneas.

Es probable que el cambio climático conlleve también a un incremento de la magnitud y frecuencia de los desastres relacionados con las precipitaciones: inundaciones, sequías, deslizamientos, tifones y ciclones.

---

<sup>13</sup> BANCO DE MEDIOS. Diagnóstico urbano. p. 982. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20 PDF/pot\\_ diagn%C3%B3stico\\_urbano\\_2001\\_quibd%C3%B3\\_choc%C3%B3\\_\(68\\_pag\\_982\\_kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pot_diagn%C3%B3stico_urbano_2001_quibd%C3%B3_choc%C3%B3_(68_pag_982_kb).pdf)

Se prevé que el número de refugiados por causas medioambientales podría alcanzar los 150 millones para el año 2050 como consecuencia del cambio climático.

Si se cumplen las previsiones sobre el cambio climático, una posible consecuencia sería un clima más irregular en el futuro, incluyendo un aumento en la variabilidad de las precipitaciones que amenazaría los campos de cultivo en países tanto desarrollados como en vías de desarrollo, exponiendo a más de 2.800 millones de personas al riesgo de sufrir las consecuencias de la escasez de agua.

A nivel global, los sistemas polares y áridos parecen ser los más vulnerables al cambio climático. Los sistemas polares almacenan la mayor cantidad de agua dulce, y la mayoría de previsiones indican que es probable que se produzca una descarga de agua considerable y creciente, debido al aumento de temperaturas en las Regiones Polares y sobre todo en el Ártico.

Si bien el calentamiento global puede aumentar la productividad en algunas regiones y hábitats, las predicciones globales indican que el impacto del cambio climático en los ecosistemas acuáticos será perjudicial. Los humedales costeros como los manglares y arrecifes coralinos (Sudeste Asiático), las albuferas costeras (África y Europa) y los deltas fluviales (Nilo, Níger y Congo en África; Ganges y Mekong en Asia) se verán gravemente afectados por la subida del nivel de agua, así como las zonas costeras de tierras bajas con una elevación inferior a 0,5 m.<sup>14</sup>

Un estudio reciente estima que el cambio climático es responsable de un 20% del aumento global de la escasez de agua, siendo el crecimiento de población y el desarrollo económico responsables del 80% restante.

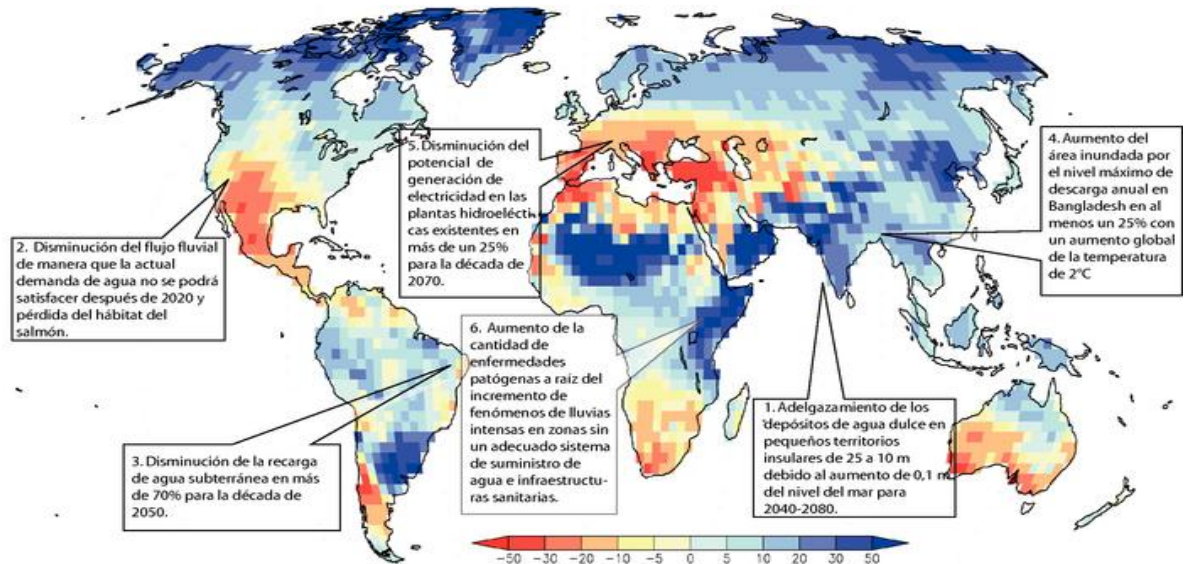
En grandes regiones de Europa oriental, Rusia occidental, Canadá central y California, el nivel máximo de flujo de las corrientes de agua se ha desplazado de la primavera al invierno ya que las precipitaciones caen más en forma de lluvia que de nieve, y el agua alcanza los ríos más rápidamente.

En las cuencas de los ríos Níger, Lago Chad y Senegal, unas de las cuencas más grandes de África, el agua total disponible ha disminuido de un 40 a 60%.

---

<sup>14</sup> RINAUDO MANNUCCI, María Eugenia. ¿Cómo se relaciona cambio climático – agua. . [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [rehttp://www.iagua.es/blogs/maria-eugenia-rinaudo-mannucci/como-se-relaciona-cambio-climatico-agua](http://www.iagua.es/blogs/maria-eugenia-rinaudo-mannucci/como-se-relaciona-cambio-climatico-agua)

Figura 7. Mapa del agua y el calentamiento global



Fuente: GOOGLE. Map. Municipio de Quibdo. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [www.google.com.co/search?q=municipio+de+quibdo&es](http://www.google.com.co/search?q=municipio+de+quibdo&es)

**5.2.2 El ciclo del agua.** El ciclo hidrológico o ciclo del agua es el proceso de circulación del agua entre las distintas partes de la hidrósfera. Se trata de un ciclo biogeoquímico en el que hay una intervención de reacciones químicas, y el agua circula de unos lugares a otros o cambia de estado físico.

La mayor parte de la masa del agua se encuentra en forma líquida, sobre todo en los océanos y mares y en menor medida en forma de agua subterránea o de agua superficial como en los lagos, ríos y arroyos. La segunda fracción, por su importancia, es la del agua acumulada como hielo sobre todo en los casquetes polares ártico y antártico, con una participación pequeña de los glaciares de montaña, sobre todo de las latitudes altas y medias, y de la banquisa. Por último, una fracción menor está presente en la atmósfera como vapor o, en estado gaseoso, como nubes. Esta fracción atmosférica es sin embargo muy importante para el intercambio entre compartimentos y para la circulación horizontal del agua, de manera que se asegura un suministro permanente a las regiones de la superficie continental alejadas de los depósitos principales.

El agua de la hidrósfera procede de la desgasificación del manto, donde tiene una presencia significativa, por los procesos del vulcanismo. Una parte del agua puede reincorporarse al manto con los sedimentos oceánicos de los que forma parte cuando éstos acompañan a la litosfera en subducción.<sup>15</sup>

<sup>15</sup> WIKIPEDIA. Ciclo hidrológico. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_hidrol%C3%B3gico](http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_hidrol%C3%B3gico)

Figura 8. Mapa el ciclo del agua



Fuente: WIKIPEDIA. Mapa ciclo del agua. . [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

**5.2.3 Formación de la lluvia.** La lluvia es uno de los fenómenos más interesantes de la naturaleza. A diferencia de otros tantos fenómenos similares más poderosos y destructivos, tales como tornados o huracanes, ésta puede ser observada apaciblemente e incluso disfrutada dependiendo de las condiciones específicas, aunque ocasionalmente también puede causar un desastre natural, como las inundaciones.

Pero quien alguna vez se haya detenido a mirar la lluvia por la ventana o haya disfrutado de caminar debajo de un aguacero durante un caluroso verano, sabrá que la lluvia puede ser un fenómeno muy agradable y placentero.

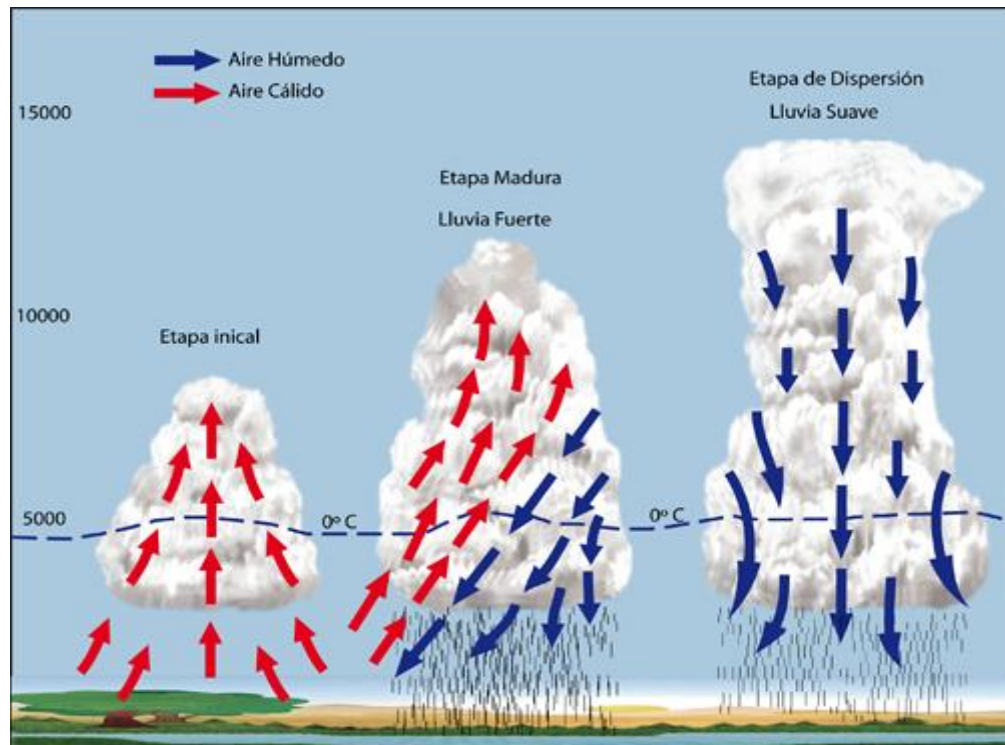
Quizás entonces alguna vez se hayan preguntado cómo se forma la lluvia y eso es lo que vamos a ver ahora más detalladamente.

La lluvia es un fenómeno atmosférico que se inicia con la condensación del vapor de agua contenido en las nubes. Su origen se debe a los cambios de presión o temperatura en la atmósfera y por la disponibilidad de agua en el medio. En concreto la lluvia depende de tres factores: la presión, la temperatura y, especialmente, la radiación solar.

La atmósfera siempre tiene un porcentaje de agua determinado en forma de vapor, cuanto mayor sea la temperatura en la atmósfera, esta tiene mayor capacidad de evaporar. Esta agua lluvia puede condensarse y precipitar por distintas causas.

Si entra en contacto con un frente frío, cuando la atmósfera se enfría es menos capaz de transportar vapor de agua y este se condensa y llueve, pues el frío baja el grado de saturación. Colisionando con un obstáculo natural.<sup>16</sup>

Figura 9. Formación de la lluvia



Fuente: GOOGLE. Formación de la lluvia [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [www.google.com.co/search?q=municipio+de+quibdo&es](http://www.google.com.co/search?q=municipio+de+quibdo&es)  
[www.google.com.co](http://www.google.com.co)

**5.2.3.1 La precipitación.** Es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra. Ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución gaseosa) se satura con el vapor de agua, y el

<sup>16</sup> CURIOSIDADES BATANGA. ¿Cómo se forma la lluvia? [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: <http://curiosidades.batanga.com/2011/02/02/%C2%BFcomo-se-forma-la-lluvia>



agua se condensa y cae de la solución (es decir, precipita). El aire se satura a través de dos procesos: por enfriamiento y añadiendo humedad.

La precipitación que alcanza la superficie de la tierra puede producirse en muchas formas diferentes, como lluvia, lluvia congelada, llovizna, nieve, aguanieve y granizo. La virga es la precipitación que comienza a caer a la tierra pero que se evapora antes de alcanzar la superficie.

La precipitación es un componente principal del ciclo hidrológico, y es responsable de depositar la mayor parte del agua dulce en el planeta. Aproximadamente 505000 km<sup>3</sup> de agua caen como precipitación cada año, y de ellos 398000 km<sup>3</sup> caen sobre los océanos. Dada el área superficial de la Tierra, eso significa que la precipitación anual promediada globalmente es más o menos de 1 m, y la precipitación anual media sobre los océanos de 1.1 m.

**5.2.3.2 Tipos de precipitación.** La precipitación se divide en tres categorías:

\* Precipitación líquida:

- Llovizna
- Lluvia

\* Precipitación glacial:

- Llovizna congelada
- Lluvia congelada (aguanieve)

\* Precipitación congelada:

- Nieve
- Bolitas de nieve
- Granos de nieve
- Bolitas de hielo (aguanieve)
- Granizo
- Bolitas o copos de nieve
- Cristales de hielo

**5.2.3.3 ¿Cómo se satura el aire?** El aire contiene humedad, medida en gramos de agua por kilogramo de aire seco (g/kg), aunque es común expresarla como porcentaje de humedad relativa. La humedad que un volumen de aire puede mantener antes de que se sature (humedad relativa del 100%) depende de su temperatura. El aire cálido tiene una capacidad mayor para mantener la humedad que el aire frío. A causa de esta propiedad del aire, un modo de saturar un

volumen de aire es refrescarlo. El punto de rocío es la temperatura a la que un volumen de aire tiene que enfriarse para que se produzca su saturación.

Algunos mecanismos de enfriamiento del aire incluyen:

\* Elevación (conectiva, mecánica, advención de verticidad positiva):

- Enfriamiento conductivo (el aire cálido se mueve sobre una superficie fría)
- Enfriamiento tradicional (el calor se irradia hacia el espacio por la noche)
- Enfriamiento evaporativo (la temperatura del aire baja cuando el agua líquida usa la energía para cambiar a fase de vapor).

El otro modo de saturar el aire es añadirle humedad, mediante:

- Precipitación que cae desde arriba (estrato que forma lluvia bajo una nube más alta).
- El calor del agua que, de día, se evapora de la superficie de océanos y lagos
- Aire más seco que se mueve sobre aguas abiertas (corrientes de nieve en los Grandes Lagos en invierno).

#### 5.2.3.4 ¿Cómo se forma la precipitación?

**Condensación.** La precipitación comienza a formarse cuando asciende el aire cálido y húmedo. Al enfriarse el aire, el vapor de agua comienza a condensarse en núcleos de condensación, formando nubes. Después de que las gotitas de agua se ponen lo bastante grandes, pueden ocurrir los siguientes dos procesos.

**Coalescencia (fusión).** La coalescencia ocurre cuando las gotitas de agua se funden para crear otras gotitas más grandes, o cuando las gotitas se congelan en un cristal de hielo. La resistencia del aire hace que las gotitas de agua en una nube permanezcan inmóviles. Cuando se produce una turbulencia del aire, las gotitas de agua chocan, produciendo gotitas más grandes. Cuando estas gotitas descienden, la fusión continua, de modo que las gotas se hacen lo bastante pesadas como para vencer la resistencia del aire y caer como lluvia. La coalescencia sucede más a menudo pasa en nubes por encima de la congelación.

**Proceso de Bergeron.** El proceso de Bergeron ocurre cuando los cristales de hielo adquieren moléculas de agua de las gotitas de agua superfrías cercanas. Cuando estos cristales de hielo ganan bastante masa, comienzan a caer. Esto generalmente requiere más masa que la fusión entre el cristal y las gotitas de

agua vecinas. Este proceso es dependiente de la temperatura, ya que las gotitas de agua superfrías sólo existen en una nube por debajo de la congelación. Además, debido a la gran diferencia de temperaturas entre la nube y el nivel de tierra, estos cristales de hielo pueden derretirse cuando caen y convertirse en lluvia.

**Formas de precipitación:** Actividad frontal. La precipitación estratiforme o dinámica ocurre como consecuencia del ascenso lento del aire en sistemas sinópticos, como en los frentes fríos, y antes de los frentes cálidos. Un ascenso similar se observa alrededor de los ciclones tropicales fuera del ojo, y en modelos de precipitación con cabeza de coma alrededor de los ciclones de latitud media.

**Convección:** la lluvia convectiva proviene de nubes conectivas, como los cumulonimbos o cúmulos congestus. Cae como chaparrones con una intensidad que varía rápidamente. La precipitación convectiva cae en un tiempo relativamente corto sobre un área determinada. La mayor parte de la precipitación en zonas tropicales parece ser convectiva; sin embargo, se ha sugerido que también se da la precipitación estratiforme. Los copos de nieve y el granizo siempre indican convección. A latitudes medias, la precipitación convectiva tiene relación con los frentes fríos (a menudo detrás del frente), las líneas de chubascos y los frentes cálidos con una significativa humedad disponible.

#### **5.2.3.5 Efectos orográficos**

**La precipitación orográfica** ocurre en el lado de barlovento de las montañas y está causada por el movimiento ascendente de un flujo de aire húmedo a través de la montaña, que provoca la refrigeración adiabática y la condensación.

En las zonas montañosas del mundo, sujetas a vientos relativamente consistentes (por ejemplo, los vientos alisios), prevalece un clima más húmedo por lo general en el lado de barlovento de la montaña que en el lado de sotavento. La humedad es eliminada por el ascenso orográfico, dejando el aire más seco en la bajada (generalmente calentándose), y una sombra de lluvias al lado de sotavento.

La precipitación orográfica es bien conocida en las islas oceánicas, como por ejemplo las Islas Hawaianas, donde la mayor parte de la precipitación queda en el lado de barlovento, mientras que el lado de sotavento tiende a ser completamente seco (casi parecido a un desierto). Este fenómeno causa sustanciales declives locales en la precipitación media; en las áreas costeras caen entre 500 y 750 mm por año (20 a 30 pulgadas), mientras que en los altiplanos interiores caen 2.5 m por año (100 pulgadas).

En Sudamérica, la sierra de Los Andes bloquea la mayor parte de la humedad Atlántica que llega a aquel continente, causando un clima parecido a un desierto en la costa pacífica de Perú y norte de Chile, ya que la fría Corriente de Humboldt

asegura que el aire del Océano Pacífico sea seco también. En el lado de sotavento de Los Andes está el Desierto de Atacama, en Chile. También está bloqueado de la humedad por las montañas a su oeste. No es de extrañar que este sea el lugar más seco de la tierra. La Sierra Nevada crea el mismo efecto en Norteamérica, formando el desierto Great Basin, el desierto de Mojave y el de Sonora.

**Actividad tropical.** En general, consiste en grandes masas de aire de varios cientos de millas con la presión baja en el centro y con vientos que soplan alrededor del centro en cualquier dirección en el sentido de las agujas del reloj (hemisferio sur) o contrario a las agujas del reloj (hemisferio norte). La precipitación surge cuando un frente cálido se forma debido a una masa progresiva de aire cálido que sube por una superficie inclinada de aire frío que se retira, y es enfriada en el proceso de elevación causando la precipitación.

El Gran Desierto Arenoso obtiene casi toda su lluvia durante las tormentas monzónicas o la depresión lluviosa de algún ciclón tropical ocasional. Las tormentas ocurren en un promedio de 20-30 días anualmente en la mayor parte del área. Aunque el desierto tenga tasas de precipitación bastante altas, debido a que también hay una alta tasa de evaporación, esta área permanece con un ambiente árido y áreas enormes de arena.

Otras áreas del mundo donde se producen estos raros acontecimientos de precipitación son el noroeste de México, el sudoeste de los Estados Unidos y el sudoeste de Asia. En Norteamérica, los desiertos de Chihuahua y Sonora han recibido algo de precipitación tropical en los últimos diez años. La actividad tropical es rara en todos los desiertos, pero la poca lluvia que cae es importante para la existencia del ecosistema.

## **5.2.4 Características de la precipitación**

**5.2.4.1 Tamaño y forma.** Las gotas de lluvia tienen tamaños en los límites de 0.1 mm hasta los 9 mm de diámetro, y por encima de ese tamaño tienden a romperse. Las gotas más pequeñas se llaman gotitas de nube, y su forma es esférica. Cuando una gota de lluvia aumenta de tamaño, su forma se hace más redondeada, con un corte transversal más grande.

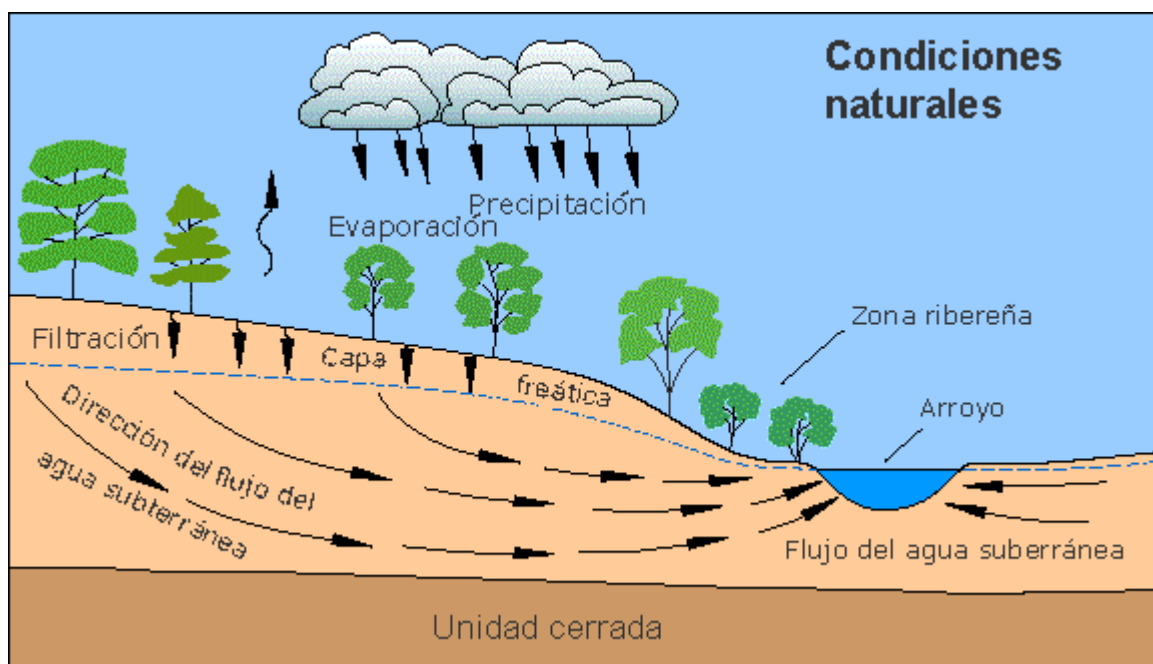
**5.2.4.2 Intensidad y duración.** La intensidad y duración de la precipitación están, por lo general, inversamente relacionadas; es decir, las tormentas de intensidad altas probablemente serán de duración corta, y las tormentas de intensidad baja pueden tener una duración larga.

**5.2.4.3 Intensidad y área.** Sobre un área grande la precipitación suele ser menos intensa que sobre un área pequeña.

**5.2.4.4 Tamaño de gota e intensidad.** Las tormentas de intensidad alta tienen un tamaño de gota más grande que las tormentas de intensidad baja.

**5.2.4.5 Medida de la precipitación.** El método estándar de medir la lluvia o nevada es un pluviómetro estándar, que puede ser de plástico o metal, y de entre 100 mm y 200 mm. El cilindro interior se llena con 25 mm de lluvia, que al desbordar fluye en el cilindro externo. Los calibradores plásticos tienen marcas en el cilindro interior con una resolución de 0.25 mm, mientras que los calibradores metálicos requieren el uso de un palo diseñado con marcas de 0.25 mm. Estos calibradores se adaptan para el invierno quitando el embudo y el cilindro interior y permitiendo que la lluvia de nieve entre en el cilindro externo. Una vez que la nevada o hielo termina de acumularse, o cuando se acerca a 300 mm, se retira para que se derrita, o se usa agua caliente para llenar el cilindro interior a fin de derretir la precipitación congelada en el cilindro externo, guardando la cantidad de fluido caliente añadido, que luego se resta del total general una vez que todo el hielo o nieve se ha derretido.

Figura 10. Condiciones naturales de precipitaciones



Fuente: WIKIPEDIA. Precipitaciones. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

Otros tipos de calibradores incluyen el pluviómetro de cuña (el pluviómetro más barato y más frágil), el pluviómetro de cubeta basculante y el pluviómetro pesado. Los pluviómetros de cuña y de cubeta basculante tienen problemas con la nieve. Las tentativas de compensar la nieve o hielo calentando la cuña basculante tienen un éxito limitado, ya que la nieve puede sublimar si el calibrador se guarda por encima de la temperatura de congelación. Los pluviómetros pesados con anticongelante son más apropiados para la nieve, pero hay que quitarles el embudo antes de que comience la precipitación. Para quienes quieren medir la precipitación de una forma casera y económica, es posible hacerlo con una lata cilíndrica con lados rectos, pero su exactitud dependerá de la regla que se use para medir la lluvia. Cualquiera de los pluviómetros mencionados puede ser construido en casa.

**5.2.5 Distribución del agua en el mundo.** La cantidad de agua que hay en el planeta ocupa el 70% de la superficie terrestre. Si se extendiera sobre toda la Tierra formaría una capa de unos 3000 metros de profundidad. Sin embargo alrededor del 97% de esta agua está en los mares, los océanos y es salada, por lo que no se puede usarse para beber, para la agricultura, ni para la mayor parte de las actividades humanas.

El 3% del agua restante es dulce pero casi toda ella está en los hielos de los polos, en los glaciares, en depósitos subterráneos o en otros lugares de difícil utilización. Por todo esto sólo un 0,003% de la masa total de agua del planeta es aprovechable para los usos humanos.

El agua sigue un ciclo de evaporación, precipitación, vuelta a los mares y océanos, por lo que permite una continua purificación. Por esta razón, si no la contaminamos o agotamos a un ritmo mayor del que necesita para limpiarse o para recargar sus lugares de almacenamiento, tendremos un suministro continuo y accesible de agua de buena calidad. Lamentablemente, en muchas ocasiones se está perturbando el ciclo de renovación del agua. Por esta razón UNESCO, en la década de 1990, dejó de catalogar el agua como un recurso renovable.

El agua en sus diferentes estados físicos, se presenta repartida en siete compartimentos: Océanos. Casquetes de hielo y glaciares de los Polos

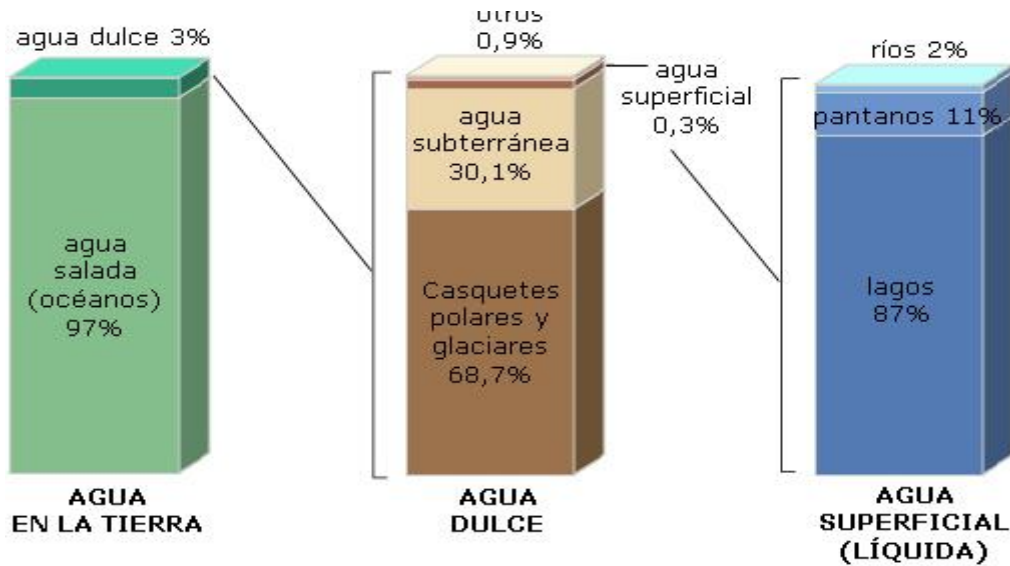
Aguas subterráneas. Lagos. Ríos. Mares interiores. Atmósfera

Si el agua de cada uno de estos compartimentos se condensara y se distribuyera uniformemente sobre la superficie de la Tierra, la lámina líquida resultante, tendría un espesor de:

- 2.6 Kilómetros, los océanos
- 57 metros, casquetes polares y glaciares

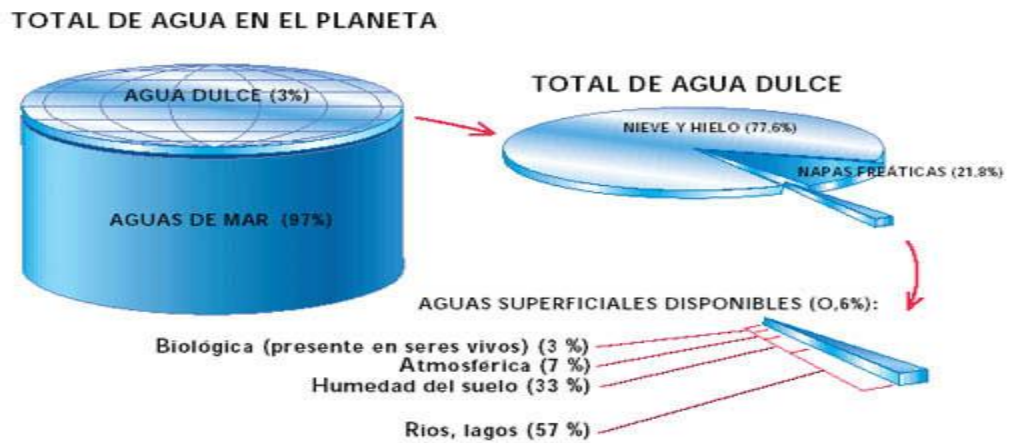
- 16 metros, aguas subterráneas
- 45 centímetros, lagos, ríos y mares inferiores
- 2.5 centímetros, la atmósfera

Figura 11. Distribución del agua en el mundo



Fuente: GOOGLE. El agua en el mundo. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

Figura 12. Distribución del agua en el mundo



Nota : Los porcentajes señalados son aproximados.

Fuente: GOOGLE. El agua en el mundo. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

**5.2.6 Situación del agua en Colombia.** Por su localización geográfica, su orografía y una gran variedad de regímenes climáticos, Colombia se ubica entre los países con mayor riqueza en recursos hídricos en el mundo.<sup>17</sup>

Sin embargo, la distribución del recurso hídrico no es equitativa, dado que cerca del 70% de la población colombiana vive en el área de la cuenca del río Magdalena–Cauca que aporta el 15% de la oferta natural de agua y el 30% restante está ubicada en las vertientes Orinoco, Amazonas, Pacífico, Atrato, Catatumbo y Sierra Nevada, que contribuyen con el 85% del agua.

La concentración de la población en esta Cuenca, los procesos de degradación de los ecosistemas, la disminución progresiva de la regulación natural del régimen hidrológico que hace más prolongados los periodos de estiaje y mayores las crecientes, y el aumento de la demanda de agua para el desarrollo de las actividades económicas, genera una fuerte presión que afecta negativamente la disponibilidad del recurso.

Ha sido tal la presión sobre el agua, que a finales del siglo XX Colombia ocupaba el cuarto lugar en el mundo por disponibilidad per cápita de agua, mientras que a principios del presente siglo, de acuerdo con el Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo “Agua para todos - agua para la vida” (2003), Colombia ocupó el puesto 24 entre 203 países.

Para ampliar la información sobre la oferta y calidad del recurso hídrico de Colombia, tanto en agua superficial, subterránea y marina (ver figura 13)

Figura 13. Situación del agua en Colombia



Fuente: GOOGLE. Situación del agua en Colombia. . [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [www.google.com.co](http://www.google.com.co)

<sup>17</sup> COMUNIDAD PLANETA AZUL. El agua: sabías que en Colombia los niveles de lluvia son altos.[en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: <http://comunidadplanetaazul.com/agua/sabias-que/los-niveles-de-lluvia-en-colombia/#sthash.oq58X2us.dpuf>



**5.2.7 Los diferentes usos del agua.** Aproximadamente la mitad del agua potable para el consumo puede ser reemplazada fácilmente aprovechando el agua de lluvia. Para el uso personal, ya sea en el lavado, ducha o tina de baño, para fregar los utensilios de cocina, para cocinar o beber se debe usar el agua proveniente del acueducto, siempre y sea posible.

En los otros casos, tales como, descarga de inodoros, suministro a la lavadora, el riego del jardín, limpieza de autos, interiores y exteriores, es la calidad del agua de lluvia más que suficiente.

**5.2.8 Captación de agua lluvia.** Un sistema de captación de agua de lluvia consiste en la recolección o acumulación y el almacenamiento de agua precipitada, para ser utilizada posteriormente para cualquier uso.

Un sistema básico de captación de agua está compuesta por: captación, recolección-conducción y almacenamiento.

La viabilidad técnica y económica dependerá de la pluviosidad de la zona de captación y del uso que se le dé al recurso agua. Aun así, aquellos lugares del mundo con alta o media precipitación son los candidatos más atractivos donde implementar el sistema.

En algunas situaciones las aguas superficiales o subterráneas disponibles tienen una calidad muy alejada de los límites establecidos para considerarlas potable, sobre todo cuando presentan presencia de metales pesados como el plomo, mercurio cromo u otras sustancias dañinas para la salud. En estos casos se puede recurrir a la captación de agua de lluvia en forma restringida para ser usada para consumo directo, para beber y para cocinar alimentos. En general se considera que las necesidades para estos fines se limita a 4 a 6 litros por habitante y por día, mientras que el consumo total de agua es muy superior llegando incluso a superar los 100 litros por habitante y por día<sup>18</sup>.

El agua es un recurso natural indispensable para la vida humana en la cual ocupa la mayor parte de la superficie terrestre, alrededor de un 70%, pero el ser humano utiliza solo el 0,8% de este para sus actividades diarias. El porcentaje del agua potable que se consume mundialmente proviene de aguas subterráneas el cual equivale al 1% .los contaminantes de las basuras que se descargan a sitios o terrenos baldíos, normalmente llegan a las partes subterráneas de donde se encuentra el agua, el cual es extraída con bombas para posteriormente ser consumida por el ser humano.

---

<sup>18</sup> WIKIPEDIA. Captación de aguas lluvias. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_captaci%C3%B3n\\_de\\_agua\\_de\\_lluvias](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_captaci%C3%B3n_de_agua_de_lluvias)

El agua es de vital importancia para el ser humano ya que reúne los elementos necesarios para la subsistencia de cada individuo por medio del consumo vital líquido, pero debe estar en óptimas condiciones la cual están establecidas por las normatividades nacionales e internacionales relacionadas a este recurso.

En América Latina, el método de las Necesidades Básicas ha significado un importante aporte para la identificación de ciertas carencias críticas de la población y para la caracterización de la pobreza” tanto en la zona urbana como en la rural.

Zona Urbana.- Carencia de servicio sanitario o carencia de acueducto y aprovisionamiento de agua de río, nacimiento, carro tanque o de lluvia.

Zona rural.- Carencia de servicios sanitarios y de acueducto que se aprovisionan de agua de río, nacimiento o lluvia.

En las zonas donde no hay el acceso al recurso la población requiere de alternativas para lograr la gestión sostenible para acceder a este, es por eso que aprovechan las precipitaciones que se presentan en dichas zonas para su bastecerse del recurso hídrico por medio de las aguas lluvias.

El agua lluvia es un recurso muy importante en nuestro país ya que ha sido uno del principal abastecimiento para las poblaciones más alejadas o vulnerables permitiendo así una mejor y mayor calidad de vida, así mismo como ha sido fuente de desarrollo para dichas poblaciones<sup>19</sup>.

El agua de lluvia presenta una serie de características ventajosas.

- Por una parte es un agua extremadamente limpia en comparación con las otras fuentes de agua dulce disponibles.
- Por otra parte es un recurso esencialmente gratuito e independiente totalmente de las compañías suministradoras habituales.
- Precisa de una infraestructura bastante sencilla para su captación, almacenamiento y distribución.

---

<sup>19</sup> UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Integrated water resources management (IWRM) in Cameron. Tecnológica y sociedad, facultad de ingeniería. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4713083.p](http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4713083.p)

**5.2.9 Usos del agua lluvia.** El agua lluvia es utilizada para usos caseros, la calidad del agua no precisa ser la de "apta para el consumo humano". Esto hace referencia al empleo en la lavadora, el lavavajillas, la limpieza de la casa, la cisterna del inodoro y el riego en general. En estos casos el agua de lluvia puede reemplazar perfectamente al agua potable. Además al ser un agua muy blanda nos proporciona un ahorro considerable de detergentes y jabones.

El agua de lluvia se puede utilizar para todos los usos NO POTABLES. El agua de lluvia es la mejor que podemos utilizar para el riego de nuestro jardín, sin cal ni cloro, las plantas lo agradecen. El agua de lluvia no contiene cal lo que beneficia la vida de su lavadora y de la ropa. Necesita utilizar menos detergente y suavizantes, y no estropea la lavadora.

El agua de lluvia sin cal es ideal para la limpieza de cristales, suelos, vehículos, etc. ya que no quedan calcificaciones adheridas a las superficies limpias.

El WC tiene un consumo de agua constante durante todo el año que podemos substituir por agua de lluvia.

El agua de lluvia se ha empleado históricamente para lavar, beber y cocinar directamente con ella. Hoy día los criterios son un poco más restrictivos y no suele aconsejarse el empleo directo del agua de lluvia para estos usos. Pero es relativamente fácil adaptarla para poder disponer de ella como única fuente de agua si así se desea, con todas las garantías sanitarias que se requieren. Cabe resaltar que para este uso se deben tomar algunas medidas necesarias las cuales permiten su mejor utilidad que debe ser almacenada en sitios que cumplan las higienes o salubridad necesaria, filtros y adicionar sistemas de depuración o captación de esta.

### **5.3 MARCO JURÍDICO**

La constitución política de Colombia en los artículos 365 al 370 de 1991 le da al estado la responsabilidad de asegurar a la población la prestación del servicio público de una forma eficiente y con las garantías necesarias para su uso en todo el territorio colombiano esta ley están contemplados en los siguientes artículos ya mencionados los cuales son:

ARTICULO 365. Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional. En la constitución política de Colombia, en el artículo 366 dice que el bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable. Para tales efectos, en los planes y

presupuestos de la Nación y de las entidades territoriales, el gasto público social tendrá prioridad sobre cualquier otra asignación.

A través de la ley 373 de 1997 se establecen un programa para el uso eficiente y ahorro de agua con el propósito de que las empresas prestadoras de este servicio sean responsables en la prestación de este lo cual generen cobertura, calidad, financiación y un buen servicio al usuario, así como el buen uso de los consumidores.

Artículo 1: 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 del 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.

Artículo 5: Rehusó obligatorio del agua. Las aguas utilizadas, sean éstas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socio-económico y las normas de calidad ambiental.

Artículo 9: De los nuevos proyectos. Las entidades públicas encargadas de otorgar licencias o permisos para adelantar cualquier clase de proyecto que consuma agua, deberán exigir que se incluya en el estudio de fuentes de abastecimiento, la oferta de aguas lluvias y que se implante su uso si es técnica y económicamente viable. Los anteriores estudios serán realizados con el apoyo técnico y científico del IDEAM e INGEOMINAS.

Además es pertinente la revisión de los procedimientos y lineamientos relacionados con el agua potable.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> COLOMBIA. Ministerio de Desarrollo Económico. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, Planeamiento y diseño hidráulico de redes de distribución de agua potable. Cáp 1. Bogotá: Mindesarrollo, 2000. p. 50

## 6. DISEÑO METODOLÓGICO

### 6.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación está enfocada desde lo cuantitativo pues se hace un análisis de datos recolectados, los cuales permiten comparar resultados de los distintos escenarios establecidos en el proceso de optimización de captación y almacenamiento de aguas lluvias del acueducto comunitario en el barrio zona minera, del municipio de Quibdó – Chocó, tomando descripciones y medios numéricos más importantes según criterios hidromecánicos, la interpretación y modelación matemática que se desarrollan como referente en el diseño de un acueducto comunitario con agua lluvia.

### 6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es proyectiva, ya que se busca poner en evidencia la necesidad de optimizar la captación y almacenamiento de las aguas lluvia en el barrio Zona Minera de la ciudad de Quibdó– Chocó.

### 6.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se realizó una revisión bibliográfica que permitió la caracterización de los distintos usos, manejo del agua sistema de captación, permitiendo con esto saber la importancia del agua lluvia en zonas donde el acueducto comunitario es deficiente. También se tuvo en cuenta el conocimiento propio y se aplicó una entrevista a la comunidad. Se recopiló y analizó bibliografía relacionada con estructuras correspondientes para este tipo de construcciones hidromecánicas (acueducto) permitiendo identificar la problemática.

Se contó con la Investigación Acción, que según Muñoz “Son investigaciones en las que la recopilación de información se realiza enmarcada por el ambiente específico en el que se presenta el fenómeno de estudio<sup>21</sup>” el mismo autor afirma que en este tipo de investigación, se utiliza un método exclusivo donde se diseñan ciertas herramientas para descubrir información que solo se aplican en el medio en el que actúa el fenómeno de estudio. En la tabulación y análisis de la información obtenida, se utilizan métodos y técnicas estadísticas y matemáticas que ayudan a obtener conclusiones formales, que pueden ser comprobadas en los resultados, los cuales evidencian los objetivos específicos<sup>22</sup>.

---

<sup>21</sup> MUÑOZ RAZO, Carlos. ¿Como elaborar y asesorar una investigación de tesis?. 1 ed. México: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. 1998. p 9.

<sup>22</sup> Ibíd.

## 6.4 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

**Fase 1.** En esta fase se visita el sitio o lugar del proyecto, en donde se tomarán registro pluviométrico de la lluvia que cae y se tendrá en cuenta los datos del IDEAM de las precipitaciones en Quibdó, para hacer un análisis en el barrio Zona Minera; también se identifica el tipo de fuente que les provee del servicio de agua.

**Fase 2.** En relación con el sistema de captación y recolección del agua lluvia en el barrio Zona Minera. Estos procesos se efectúan por medio de los techos utilizan canoeras de láminas de zinc y tubos de PVC cortados a la mitad y añadidos directamente a pequeñas terrazas que se hacen en las viviendas, como se muestra en la figura 14.

Figura 14. Fase 2: Sistema de recolección de aguas lluvias en tanques de almacenamiento.



**Fuente:** Isaías Córdoba

Figura 15. Sistema de transporte con tubo PVC para captación de aguas lluvia en viviendas del barrio Zona Minera.



**Fuente:** Isaías Córdoba

Las imágenes reflejan la forma en cómo los habitantes del barrio Zona Minera, recolectan el agua lluvia, situación que se genera por la falta de acueducto en el sector. Son los techos y láminas de zinc el instrumento preferido en las canoeras y conductos que depositan el agua recolectada en las tinas, tanques y subterráneos; también se usan tuberías de PVC que se adhieren a las pequeñas terrazas que construyen los que cuentan con mejores ingresos económicos.

**Fase 3.** Se describirá el tipo de almacenamiento de agua lluvia, utilidad, cantidad de almacenamiento, distribución, purificación del agua almacenada, frecuencia y lavado de almacenamientos, en el barrio Zona Minera.

Figura 16. Almacenamiento de agua de lluvia en tinas y tanques elevados del barrio Zona Minera en Quibdó – Chocó. .



Fuente: Isaías Córdoba

Figura 17. Almacenamiento de agua de lluvia en subterráneo y baldes del barrio Zona Minera en Quibdó – Chocó



Fuente: Isaías Córdoba.

Las imágenes muestran la Distribución de agua, esta se da de muchas formas; pero en el caso del barrio Zona Minera, es por canoeras, bombas eléctricas y manualmente.

Figura 18. Distribución de agua de lluvia.

Bombeo



Canoera



Fuente: Isaías Córdoba.

Figura 19. Uno de tantos usos que se le dan al agua lluvia, por parte de las Comunidades asentadas en el barrio la Zona Minera



Fuente: Isaías Córdoba Caicedo, 2014.

El uso del agua lluvia en el barrio Zona Minera, es doméstico y por lo general no se optimiza, es decir las personas al creer que es gratuito no lo cuidan; también se piensa que el agua lluvia es pura disque por venir del “cielo”.



## **6.4 CONDICIONES PARA LA MODELACIÓN**

Se establecen las condiciones a partir de la población que habita el barrio Zona Minera, está estimada en unos 12.000 habitantes, todos identificados con la problemática, conscientes de la necesidad de contar con una solución a la precariedad del acueducto en dicho barrio.

Se referencian veinte (20) familias, las cuales son parte activa y significativa a la hora de hacer el análisis del tema en cuestión. Las características corresponden a la dinámica intercultural del municipio, y en su gran mayoría son de estrato 1 y 2, según el registro de SISBEN municipal.

**6.4.1 El análisis de modelación.** Se hacen conclusiones y recomendaciones mediante el análisis de los datos obtenidos, identificando paso a paso la interpretación de las personas que habitan el barrio Zona Minera. El proceso se da desde una interpretación de las opiniones de los entrevistados, descritas paso a paso y lo otro es la interpretación que se hace por medio de gráficos y conceptos cualitativos de los resultados.

## 7. RESULTADOS

Los resultados obtenidos corresponden a los objetivos planteados, se hace una interpretación de los mismos, desde las respuestas dadas por la población sujeto de estudio.

A partir del análisis arrojado en la investigación, queremos hacer notar la importancia de la optimización del proceso de captación y almacenamiento de aguas lluvias en el acueducto comunitario del barrio zona minera, en el municipio de Quibdó – Chocó.

Como punto de referencia sabemos que el municipio de Quibdó, es la capital más lluviosa de Colombia, con un promedio anual de 8.000 mm. De precipitación, estas sirven como fuente de abastecimiento de la población; en especial del barrio Zona Minera. Partiendo de esto y en respuesta a los objetivos, se plantea el modelo de optimización del acueducto en dicho barrio.

### 7.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados del análisis se organizan a partir de tres (3) fases, las cuales grafican las preguntas y se hace a la vez un análisis cualitativo e interpretativo de las mismas. Estos darán paso a identificar la problemática, de manera que sirvan para diseñar una propuesta de diseño que optimice el acueducto comunitario del barrio Zona Minera en la Ciudad de Quibdó.

#### 7.1.1 Fase 1

##### Descripción pregunta 1

Figura 20. Respuesta pregunta 1

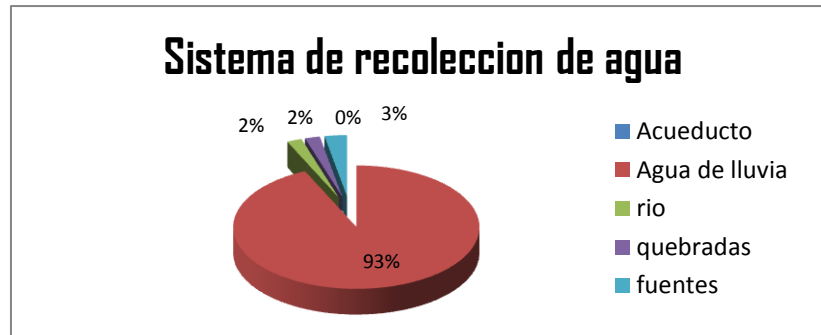


Fuente: autores

**Interpretación.** La figura 20 refleja que en el barrio Zona Minera solo el 1% tiene acueducto.

### Descripción figura 21 pregunta 2

Figura 21. Respuesta pregunta 2



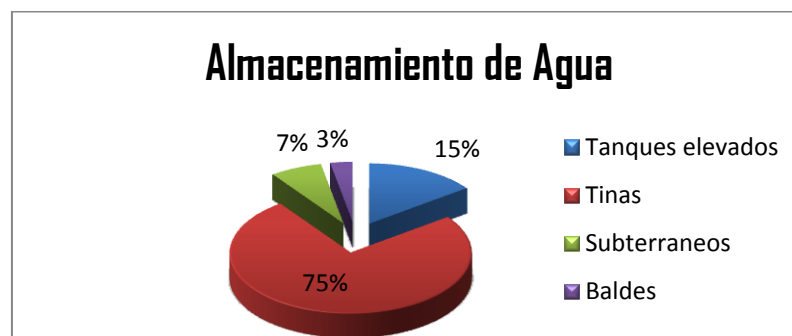
Fuente: autores

**Interpretación:** la figura 21 refleja el tipo de servicio de agua con el que cuenta el barrio Zona Minera de la ciudad de Quibdó – Chocó. En un 100% las personas encuestadas manifestaron que no cuentan con servicio de acueducto en el sector, que ellos nunca han tenido redes de agua potable y que menos estaciones de acueducto.

### 7.1.2 Fase dos

#### Descripción de la figura 22, correspondiente a la pregunta 3

Figura 22. Respuesta pregunta 3

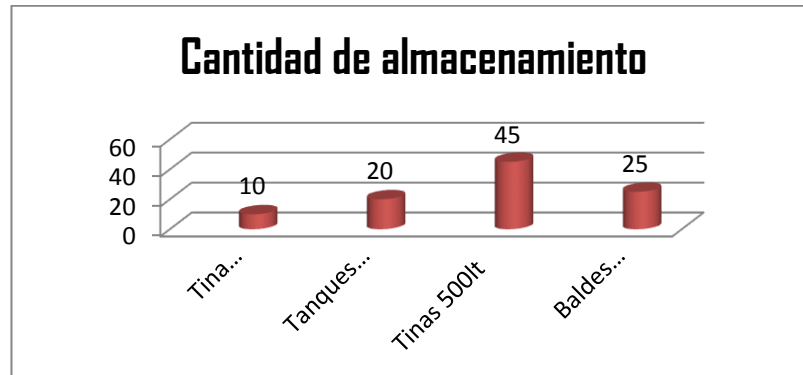


Fuente: autores

La comunidad del barrio Zona Minera, utiliza diferentes formas de recolección de agua lluvia, siendo la tina externa el mecanismo de recolección de mayor uso por las familias de dicho barrio.

### Descripción de la figura 23, correspondiente a la pregunta 3

Figura 23. Respuesta pregunta 4

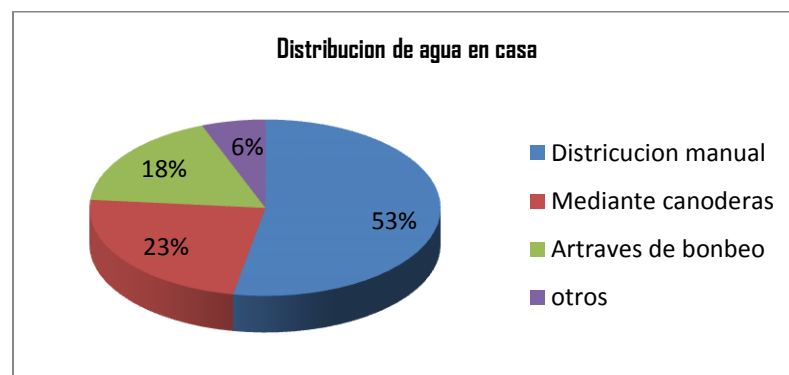


Fuente: autores

La figura muestra que la tina, brinda la mejor posibilidad de almacenamiento, la cual puede albergar aproximadamente unos 500lt, esta se encuentra con facilidad en las viviendas del barrio Zona Minera, esto se presenta por la precariedad del acueducto comunitario.

### Descripción figura 24, correspondiente a la pregunta 5

Figura 24. Respuesta pregunta 5



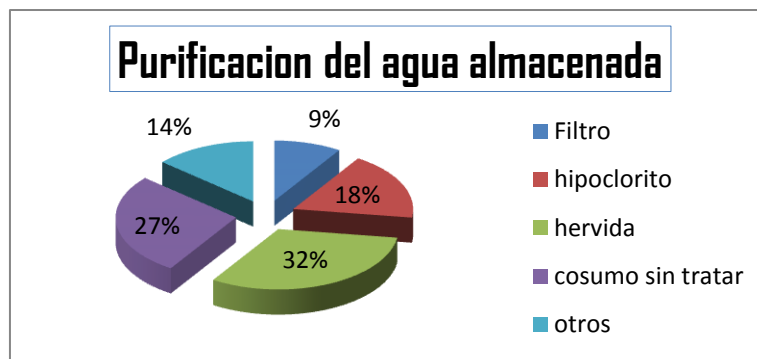
Fuente: autores

El 53% de las personas usan la distribución del agua lluvia manualmente, en un 23% se encuentra el uso de canoeras, ya sea de PVC o pedazos de láminas de zinc.

### 7.1.3 Fase 3.

#### Descripción figura 24, correspondiente a la pregunta 6

Figura 25. Respuesta pregunta 6



Fuente: autores

El 32% de las personas para consumir el agua lluvia la hierven, el 27% la consumen sin tratarla y en un tercer lugar utilizan el hipoclorito de sodio como purificante.

#### Descripción figura 26, correspondiente a la pregunta 7

Figura 26. Respuesta pregunta 7

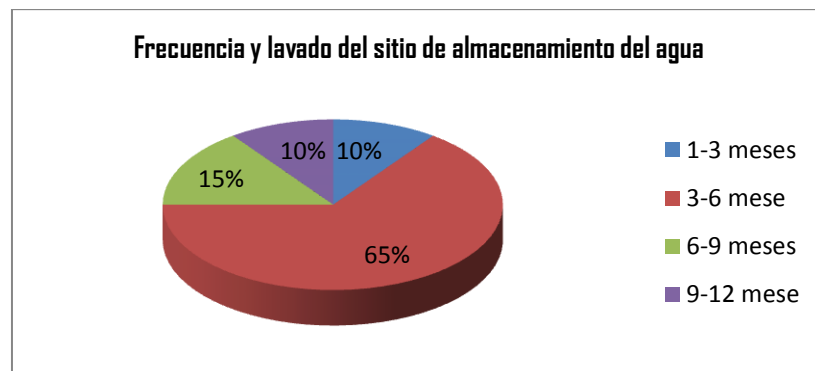


Fuente: autores

En la figura 26 correspondiente a la pregunta número 7 se pudo notar que el 95% de las personas utilizan el agua lluvia en actividades domésticas, tales como: preparación de alimentos, aseo personal, lavado de ropa y utensilios de cocina, aseo de las vivienda, etc. También en un 5% opinan que le dan otros usos adicionales; como es lavado de vehículos y riego de jardines.

### Descripción figura 27, correspondiente a la pregunta 8

Figura 27. Respuesta pregunta 8



Fuente: autores

En la figura 27 correspondiente a la pregunta número 8 entre tres (3) y seis (6) meses, es el tiempo previsto para lavar los depósitos de aguas lluvia y en ocasiones se puede prolongar hasta los nueve (9), sobretodo en épocas de invierno.

## 7.2 PLANTEAMIENTO DEL MODELO

A partir de los datos obtenidos en la investigación realizada, tomamos como punto de referencia el municipio de Quibdó, este registra como la capital más lluviosa de Colombia, con un promedio anual de 8.000 mm. De precipitación, estas sirven como fuente de abastecimiento de la población.

El sector de la zona minera tiene alrededor de 12000 habitantes, personas que carecen de agua potable, razón suficiente para adelantar la construcción de 60 réplicas de acueductos comunitarios con aguas lluvia los cuales optimicen el servicio a la comunidad; estos serán distribuidos por todo el barrio, siendo un alivio temporal en la comunidad ya que esta tiene un crecimiento acelerado, y que por año se nota un aumento significativo. La mayoría de las personas que habitan dicho barrio son de origen campesino y otras en proceso de desplazamiento.

Tabla 2. Valores totales diarios de precipitación (Quibdó- Chocó)<sup>23</sup>

DÍA	ENE.	FEBR.	MAR.	ABRIL	MAY.	JUNIO	JUL.	AGOST.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1	21,4	3,2	0,6	8,4	1,7	5,6	64	11,3	14,8	0,1	1,5	5,3
2	53,7	7,2	36,9	4,2	8,61	9,6	36,1	0	32	34	0	2,8
3	0,6	1,2	0,4	0	0	0,9	65,7	35	3,8	7,3	5,7	52,8
4	11,5	48,7	0	47,3	20,2	2	0,7	53,1	0,2	2,1	9,8	0,6
5	2,8	35,1	13	4,2	0,8	14,6	0,6	17,7	54,7	7,4	1	22,6
6	6,2	50,5	4	6,7	27,6	79,8	34,1	3,3	0,1	24,8	21,3	34,2
7	1,7	11,3	0	14,6	2,2	10,4	5	183,5	0	3,5	5,8	5,6
8	0	9,9	36,8	22,7	6	19,3	2	1,8	17,4	10,4	0	7,4
9	36,2	59,6	2,01	0,6	0,5	1,5	154,6	4,4	6,5	65,4	5,1	32,3
10	20	0	18,5	32,2	35,8	39,9	6,9	134,9	18,9	17,6	19,9	13,8
11	1	65,2	16,8	12	10,1	54,1	14,5	0,7	1,2	0,2	7,2	1,2
12	34,8	24,2	17,1	4	0,21	2,4	134,7	32,4	5,1	0,8	7,1	4,4
13	51,1	0	52,7	13,9	21,5	0,5	0,9	0	9,1	9,3	54,1	4,7
14	24,5	0,2	3,7	13,6	24	0,9	12,6	1,6	1,5	4	97,1	54,4
15	2,5	1,5	1,3	0,9	28,2	33,6	9,7	60,7	144,4	46,8	0	9,4
16	0,2	51,7	38,2	13,2	39,4	0,4	15,2	29,9	124,4	12,6	15,1	53,7
17	8,8	26,6	102,5	42,2	0	15,8	18,1	28,7	35,3	0,9	1,8	42,1
18	0,3	8,9	28,8	12,2	6,9	91,7	8,1	31,9	16,2	8,2	59,4	0,6
19	0	47,5	4,5	17,5	69,1	0,3	11,1	5,2	17,9	1,8	0,4	48,2
20	0	2,6	7,2	1	9,8	6,7	33,9	22,7	1,4	62,3	13,5	25,8
21	0	7,5	5,1	16,5	9,4	5,3	115,3	48	9,7	14,9	61,9	23,9
22	0	13,6	33,5	3,5	11,3	55,2	1,1	3,1	0,4	0	25,1	13,6
23	0,1	18,8	2	6,5	1	122,3	10,4	51,5	3,7	41,4	6,7	22,4
24	62,7	0,4	20,8	19,4	1,8	31,5	6,3	1,3	0,6	61,7	0,1	1,5
25	0	11,2	2,5	39	35,4	0,1	7,7	4	2,4	37,2	19,2	0
26	0	2,5	0	3,3	35,9	74,4	0,4	85,6	20,6	27,7	1,5	0
27	0,6	41,4	0	0	48,1	4,1	7,6	3,9	18,9	10,1	0	0
28	0,3	35,5	0	2,5	28,9	7,7	57	45	1,3	0,5	90,6	101,5
29	22,6	0	1,3	0,4	6,3	35,4	51,8	13,5	105	13,2	1,1	0,9
30	15,5	0	32	39,2	106,8	71	132,4	16,6	0	43,9	1,5	9,9
31	34,1	0	69,9	0	21,21	0	105,1	153,8	0	27,1	0	8

TOTAL	<b>413,2</b>	<b>586</b>	<b>552,11</b>	<b>401,7</b>	<b>618,73</b>	<b>797</b>	<b>1123,6</b>	<b>1085,1</b>	<b>667,5</b>	<b>597,2</b>	<b>533,5</b>	<b>603,6</b>
-------	--------------	------------	---------------	--------------	---------------	------------	---------------	---------------	--------------	--------------	--------------	--------------

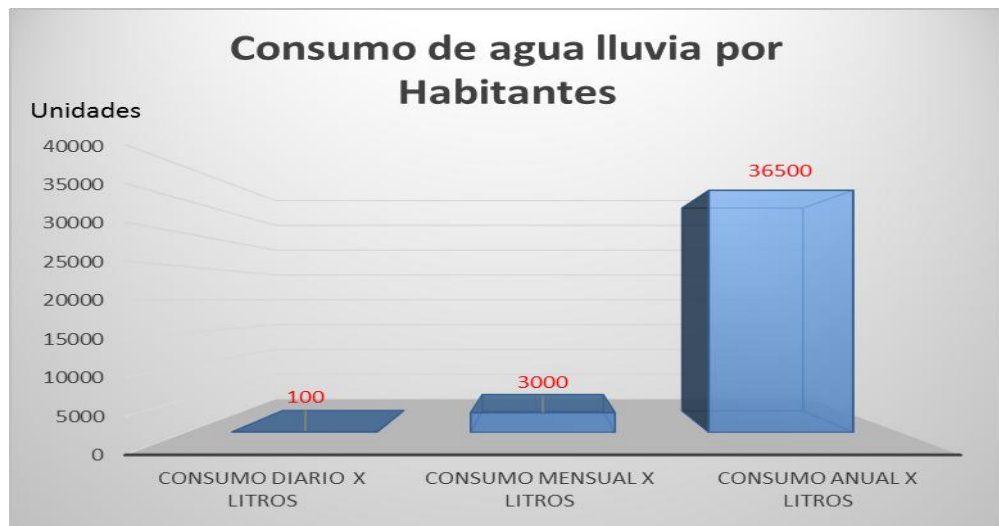
Fuente: IDEAM

<sup>23</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Valores totales diarios de precipitación.

El diseño o modelo de acueducto comunitario con agua lluvia, estará bajo la supervisión de personal competente en relación al tema y previamente autorizado por la junta de acción comunal del sector.

Con el diseño de optimización en la captación y almacenamiento de aguas lluvia se consideraron varios aspectos importantes de dicha población, la precipitación (ver tabla #1, pg.), la topografía para poner la tubería, el tipo de tubería con el diámetro adecuado, la cantidad de población existente para esta y el consumo estimado por día, mensual y anual (ver tabla 3 ).

Figura 28. Consumo de agua lluvia por habitante



Fuente: autor

Con estos datos o resultados obtenidos podemos darnos cuenta de cuánto es la precipitación diaria que se puede dar en la zona de estudio y luego procedemos a diseñar la cubierta, para así hallar el área que se va obtener para la recolección de esta.

Como resultado de lo anterior, se hizo necesario interpretar y apropiar los enfoques conceptuales de los métodos de captación de agua entre los que se valoraron los pertinentes, para abordar una solución integral a la problemática que se pretende resolver.

### 7.3 FASE 1 DEL DISEÑO: DISEÑO DE LOS TANQUES CON SUS RESPECTIVAS MEDIDAS

Para el diseño de los tanques de almacenamiento se tuvo en cuenta varios aspectos importantes de dicha población, la precipitación en la región (ver tabla 3),



la topografía para poner la tubería, el tipo de tubería con el diámetro y la población existente para esta.

Tabla 3. Fase 1. Diseño de los tanques con sus respectivas medidas

REGISTRO DE PRECIPITACIONES EN EL CHOCO POR AÑO	N° DE DÍAS LLUVIA	MÁXIMA EN 24 HRS	CONSUMO ESTIMADO AGUA LITROS HABITANTE/DÍA
8281.0	335	182.0	100l/hab
Para el diseño de los tanques, se tomó la precipitación promedio anual y se divide por los meses de más alta pluviosidad		8000mm/año	1000mm/mes 8 meses
Se toma luego la pluviosidad al mes y se divide por los 30 días del mes		$\frac{1000\text{mm}}{\text{ms}}$	= 30mm/día 30 día/ m
Luego se divide la cantidad de precipitación existente en el día por la cantidad de consumo Mensual		$\frac{30\text{mm/día}}{1000 \text{ mm/m}}$	= 0,03mtr/día
Fuente: autor			

Tabla 4. Operación numérica

Los tanques tienen un diseño modular, es decir se harán por cuadras (4) de 10 casas cada una habitada por 5 personas, se organizó de la siguiente manera:	<p>4 cuadras = 10 casas x 5 habitantes/casa</p> <p>10 x 4=40 casas</p> <p>40 x 5=200 hab</p> <p>De ahí se multiplica</p> <p>Hab x Consumo hab</p> <p>200 x 100L =20000 = 20m<sup>3</sup></p> <p>1000</p> <p>V=20m<sup>3</sup>/ 0.03mm = 670m<sup>2</sup></p> <p>0.03mm dato consumo población diaria</p>
Fuente: autor	

Tabla 5. Medidas de los tanques

Analizados la recolección y suministro de los datos procedemos a buscar y diseñar las posibles dimensiones para los tanques, estas son:	25 mts de ancho X 25 de largo  2.20 mts de profundidad  Tanque = $25 \times 25 \times 2.20 = 1375\text{m}^3$
Fuente: autor	

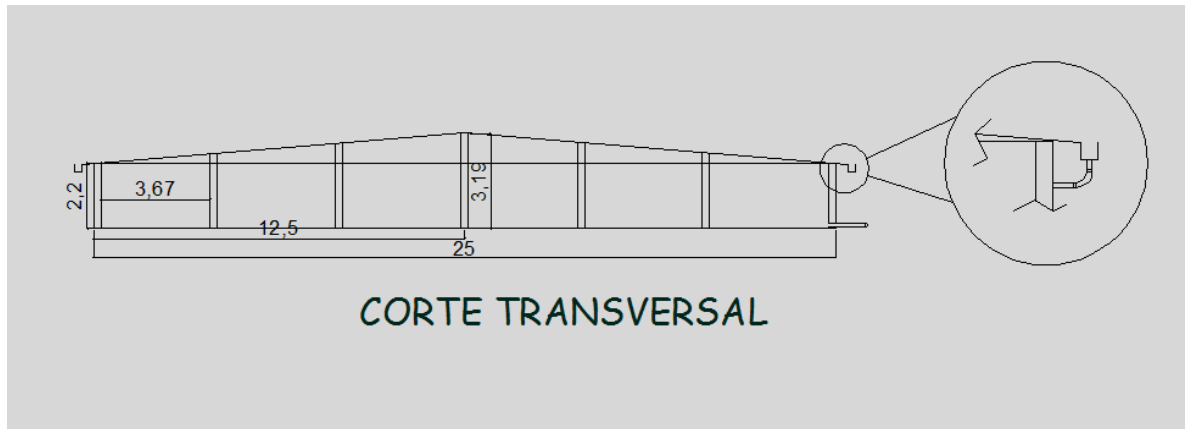
Esta es la recolección del tanque que va tener para las 200 personas la cual va llevar un tubo de 5 pulgadas tipo PVC

Figura 29. Ubicación de los tanques



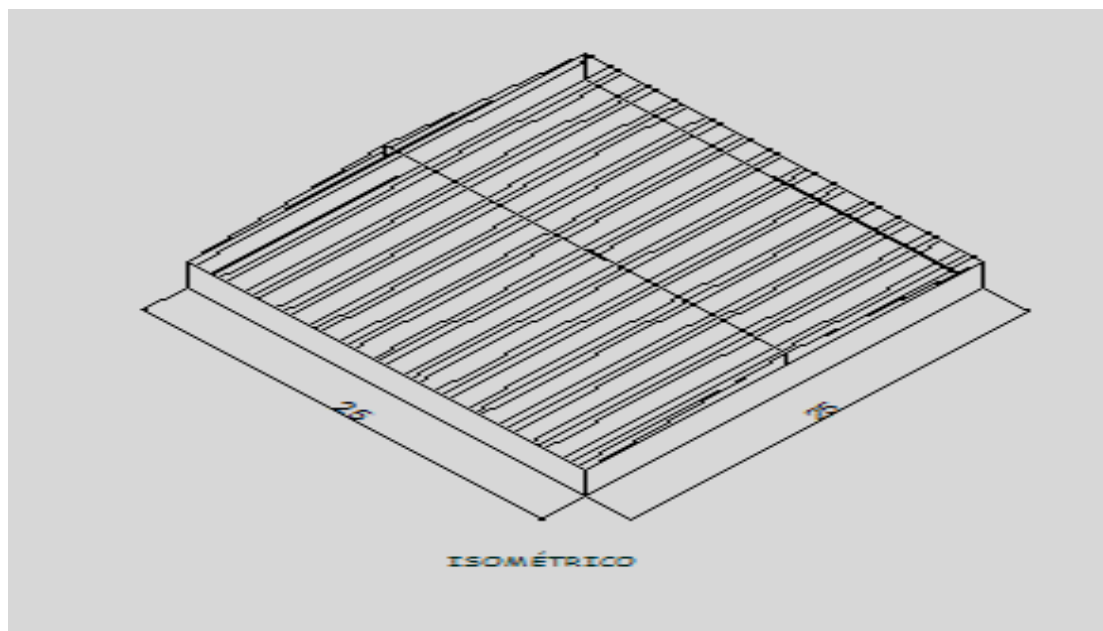
Fuente: autor

Figura 30. Ubicación del tanque de almacenamiento. (corte transversal)



Fuente: autor

Figura 31. Ubicación del tanque de almacenamiento



Fuente: autor

#### 7.4 FASE 2 DEL DISEÑO: DISEÑO DE LA CUBIERTA

Para diseñar la cubierta se hace necesario tener en cuenta la cantidad de recolección que tendrían los tanques de almacenamiento, las precipitaciones en la región, el porcentaje, agudo y factor; se plantea una formula en la que se reflejan los aspectos que permiten calcular y obtener las medidas de la pendiente de una cubierta.

Tabla 6. Fórmula propuesta en el diseño de la cubierta

Aspectos para calcular obtener la medida de la pendiente de una cubierta		
L = longitud de la cubierta	H = diferencia de altura	X=distancia horizontal entre la cumbre y la vertiente

Valores iniciales:		
A <sub>max</sub>	Altura máxima nave	12.70m
A <sub>min</sub>	Altura mínima nave	11.35m
A	Anchura nave	26.96m



Valores a calcular	
tan θ	Pendiente cubierta en %
∠ °	angulo inclinación cubierta

Fórmula de cálculo pendiente	
$\tan \theta = \frac{A_{max} - A_{min}}{A/2} = \times 100 (\%)$	



Ejemplo cálculo pendiente en %	
$\tan \theta = \frac{12.70 - 11.35}{26.96/2} = \frac{1.35}{13.48} = 0.1 \times 100 = 10\%$	

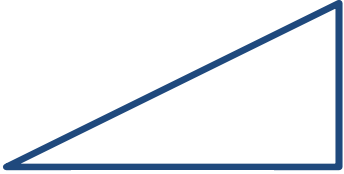
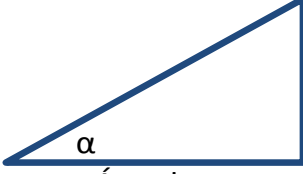
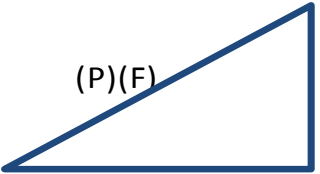
Cálculo angulo inclinación	
$\tan^{-1} = \frac{A_{max} - A_{min}}{A/2} = \text{angulo en grados}$	



Ejemplo cálculo grados inclinación	
$\tan^{-1}(0.1) = 5.71^\circ$	

Fuente: autor

Tabla 7. Promedio del diseño de la cubierta

 Porcentaje	 Ángulo	 Factor (F)
100,00%	45,00°	1,4142
90,00%	42,59°	1,3454
80,00%	38,40°	1,2806
70,00%	35,00°	1,2207
60,00%	30,00°	1,1662
57,70%	30,00°	1,1547
55,00%	28,49°	1,1413
50,00%	26,34°	1,1181
46,60%	25,00°	1,1034
45,00%	24,14°	1,0966
40,00%	21,28°	1,0769
36,39%	20,00°	1,0642
35,00%	19,17°	1,0595
30,00%	16,42°	1,044
26,79%	15,00°	1,0353
25,00%	14,02°	1,0303
20,00%	11,17°	1,0199
17,63%	10,00°	1,0154
15,00%	8,32°	1,0122
10,00%	5,43°	1,045
8,75%	5,00°	1,0038
5,00%	2,52°	1,0012
0,00%	0,00°	1,0000

Fuente: autor

#### **7.4.1 Sistema de captación de agua de lluvia en el municipio de Quibdó.**

Diferentes formas de captación de agua lluvia se han utilizado tradicionalmente a través de la historia del mundo; pero estas tecnologías solo se han comenzado a estudiar y publicar en fechas recientes, la captación de agua de lluvia es un medio tan antiguo de abastecimiento de agua, que perdió importancia a partir del rápido crecimiento de las ciudades y cuando los avances tecnológicos permitieron introducir el agua por medio de tuberías en los domicilios.

Muchas de las obras históricas de captación de aguas de lluvia para uso doméstico, se originaron principalmente en Europa y Asia, se han practicado desde que surgieron los primeros asentamientos urbanos y se tiene conocimiento de que se empezaron a utilizar hace más de cuatro mil años antes de cristo en la antigua Mesopotamia, cuando las civilizaciones crecieron demográficamente y algunos pueblos debieron ocupar zonas áridas o semiáridas del planeta, tomando como alternativa para el riego de cultivo y el consumo doméstico, la captación de agua de lluvia.

A continuación se mencionan ejemplos relevantes de estructura de captación de agua lluvia al mundo, basados en diferentes vestigios encontrados a través de la historia de este tipo de estructuras.

- En el desierto de negev, en Israel y Jordania, han sido descubiertos sistemas de captación de agua lluvia que datan de 400 años o más, estos sistemas consistían en el desmonte de lomeríos para aumentar los escurrimientos superficiales, que eran entonces dirigidos a predios agrícolas en zonas más bajas.
- En la ciudad de roma (siglo 3r y 4rto antes de Cristo); la ciudad en su mayoría estaba ocupada por viviendas unifamiliares denominadas (la domus), que contaba con un espacio principal a cielo abierto (atrio) y en él se instalaba un estanque central para recoger el agua de lluvia llamado (pluvium), el agua entraba por un orificio en el techo llamado (compluvium). En Irán se encuentran los (arbabans) los cuales son los sistemas tradicionales locales para la captación y almacenamiento de agua de lluvia<sup>24</sup>.

Los sistemas de aprovechamientos de aguas lluvia son utilizados intensivamente en muchas zonas del planeta, y es el resultado de las necesidades de demanda de agua. Se implementan cuando no existen redes de acueducto o el suministro es deficiente.

En Quibdó, municipio que no dispone de los recursos económicos necesarios, es decir no existe dinero para invertir y los materiales de construcción son muy costosos, donde la calidad del agua es muy baja provocada por su contaminación,

---

<sup>24</sup> VALLEN SUÁREZ, José Alejandro. historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Colombia, 2006. [www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/](http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/)

cuando la disponibilidad del agua subterránea y superficial es muy baja. El quibdoseño se vale de prácticas culturales y creatividad de las personas a la hora de captar el agua de lluvia.

Fotos que reflejan la forma de captación de agua lluvia, en personas que cuentan con recursos necesarios para adecuar un sistema de captación más digno.

Figura 32. Forma de captación de agua lluvia en tanques



Fuente: Isaías Córdoba Caicedo

Figura 33. Forma de recolección de aguas lluvias técnica por tubería



Fuente: Isaías Córdoba Caicedo

Figura 34. Forma de recolección técnica o por tubería



Fuente: Isaías Córdoba Caicedo

Figura 35. Forma de recolección técnica o por tubería.



Fuente: Isaías Córdoba Caicedo

Figura 36. Forma de recolección técnica o por tubería.



Fuente: Isaías Córdoba Caicedo



En el municipio de Quibdó, la problemática del abastecimiento de agua potable es una situación muy crítica debido a la alta concentración de pobreza que imposibilitan la obtención de recursos y la tecnología necesaria para construcción y operación de un sistema de acueducto adecuado, a pesar de contar con fuentes apropiadas en cuanto a captación y seguridad del suministro, ha hecho de esto un referente de inconformidad frente a los gobiernos de turnos. Aunque en algunas zonas del municipio en los últimos años se ha producido una rápida expansión de los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia, el proceso de implantación de esta tecnología en los lugares marginados; claro está que ha sido lento. Esto debido en parte a la falta de voluntad política, recursos y proyectos económicos; desperdiciando la alta precipitación que se presenta durante el año.

En el proceso de captación de agua lluvia en las viviendas del barrio Zona Minera, se encuentran formas un poco inadecuadas; estas son las más frecuentes:

Figura 37. Forma de captación rudimentaria tradicional usada por los habitantes del barrio Zona Minera.



Fuente Isaías Córdoba Caicedo

Figura 38. Forma de captación rudimentaria tradicional usada por los habitantes del barrio Zona Minera



Fuente: Isaías Córdoba Caicedo

Figura 39. Forma de captación rudimentaria tradicional usada por los habitantes del barrio Zona Minera.



Fuente: Isaías Córdoba Caicedo

Figura 40. Forma de captación rudimentaria tradicional usada por los habitantes del barrio Zona Minera



Fuente Isaías Córdoba Caicedo

Figura 41. Forma de captación rudimentaria tradicional usada por los habitantes del barrio Zona Minera.



Fuente: Isaías Córdoba Caicedo

En algunos sectores se ve el reducido número y tamaño de la cubierta impermeabilizada y el alto costo en la construcción de los sistemas en relación a

los ingresos familiares. La falta de disponibilidad de cemento eleva el precio de las instalaciones. Sin embargo, la recolección de agua de lluvia es la única alternativa de proveerse en las viviendas, lo que obliga a generar grandes proyectos que propendan por dar alternativa de solución a la comunidad.

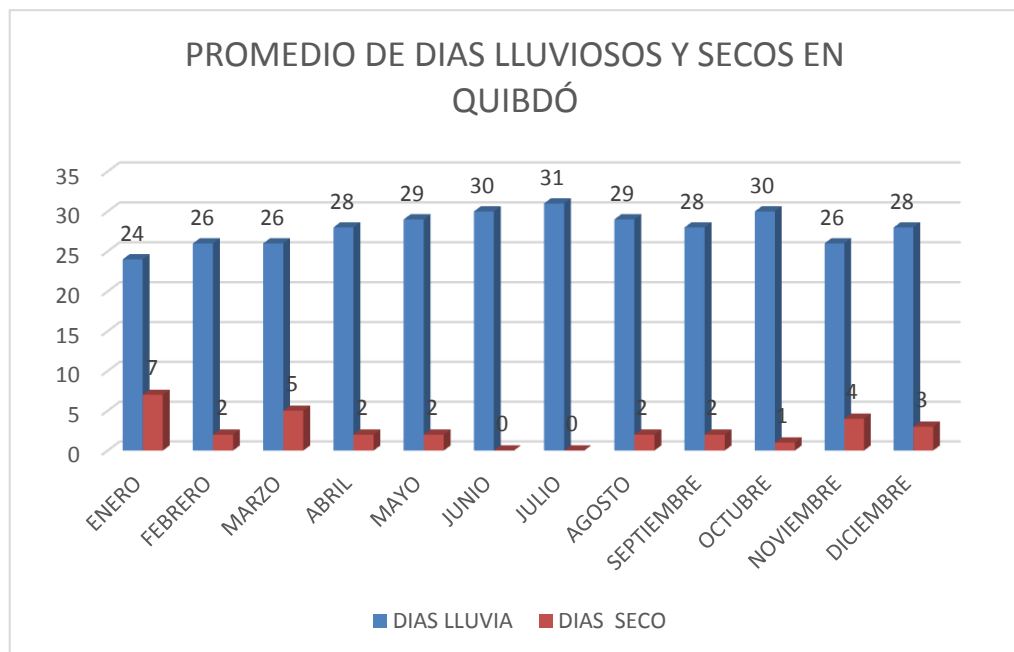
Partiendo de lo anterior es donde este proyecto cobra importancia, ya que en él se plantea un sistema de captación, diseño de una cubierta y almacenamiento de agua de lluvia en el barrio zona minera.

Tabla 8. Precipitaciones en Quibdó por meses

Meses	enero	febr.	marzo	abril	mayo	jun	jul	agosto	Sep.	oct	nov.	Dic.
<b>Precipitación total Quibdó (mm)</b>	413,2	586	552,11	401,7	618,73	797	1123,6	1085,1	667,5	597,2	533,5	603,6

Fuente: Ideam - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

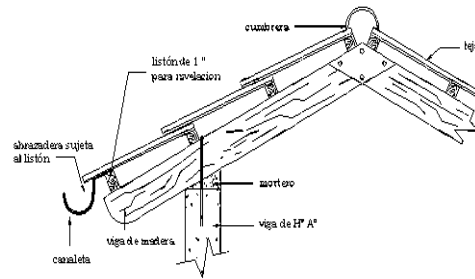
Figura 42. Promedio de días lluviosos y secos en Quibdó



Fuente: autor

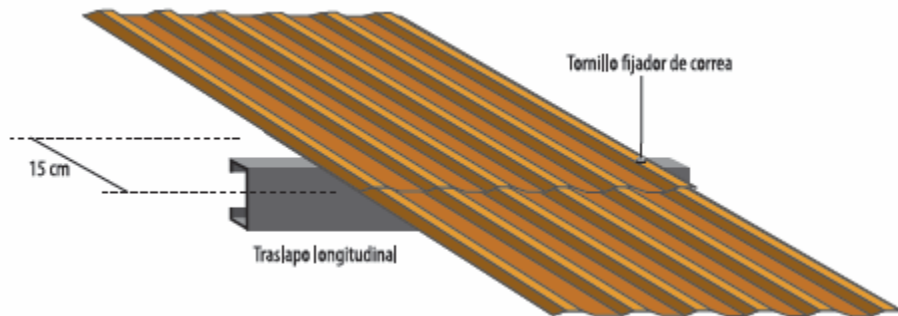
En la figura podemos observar los días de invierno y los de verano en el municipio de Quibdó.

Figura 43. Cubierta



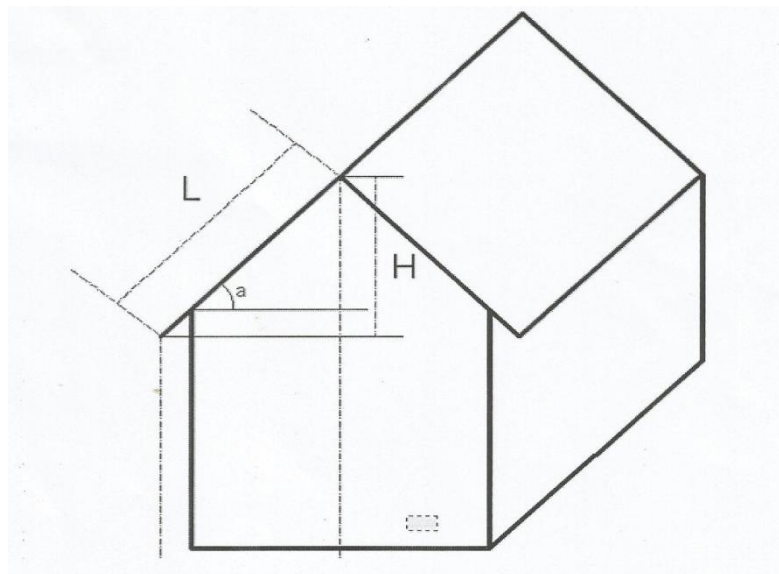
Fuente: autor

Figura 44. Diseño de la cubierta



Fuente: autor

Figura 45. Pendiente de la cubierta



## 7.4.2 Medidas de la Cubierta

Tabla 9. Medidas de la cubierta

<p>En la construcción de la cubierta, el punto de partida fue la tabla 1, la cual muestra los porcentajes, ángulos y factor de frecuencia en donde se miró la inclinación y el factor dependiente multiplicándolo por el factor dándole así la longitud de la cubierta</p>	<p>Formula:</p> $M = \frac{H}{X}$ $M = \frac{H \times 100}{X} = 0.078 \times 100 = 8\%$ <p>12.75 m=8%</p>
<p>A mayor pendiente, mejor captación de agua; pero dada las normas y diseño planteado en la construcción de la cubierta, esta medidas son aceptable</p>	<p><math>L = 12.75 \times 1.2806 = 16.32\text{m}</math></p> <p><math>L = 16.32\text{m}</math></p> <p>Área de cubierta=<math>16.32 \times 25 = 408\text{m}^2</math></p> <p><math>A_c = 408\text{m}^2</math></p>

Fuente: autor

## 7.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de resultado apunta a mostrar que los habitantes del barrio Zona Minera en Quibdó, ven en el agua lluvia la solución de acueducto, frente al mal estado del que existe en el municipio.

Se observa que en dicho sector de la ciudad de Quibdó, las personas han recogido por décadas el agua lluvia. Esta se usa para lavar la ropa, la casa, preparación de alimentos, lavado de platos, bañarse, entre otros.

Afortunadamente para la población de Quibdó, durante el año se cuenta con altísimos niveles de precipitaciones; lo que facilita a los quibdoseños recolectar y guardar agua lluvia, ya que esta les beneficia de manera gratuita; a pesar de no ser sometida a tratamiento de potabilidad.

La práctica de guardar y utilizar agua lluvia, encuentra sin embargo, complicados obstáculos, como depósitos inadecuados, la contaminación por roedores y otros animales, debido a que las tinajas y tanques estén a la intemperie; por otro lado el

mismo calentamiento de los tanques plásticos que están elevados. Sin duda alguna los habitantes del barrio Zona Minera, sufren la falta de saneamiento básico

El análisis permite concluir que la falta de un acueducto adecuado en el sector, ha llevado a que las personas construyan sus viviendas con unos espacios alternos (tinajas, subterráneos y tanques elevados), los cuales les sirven como almacenamientos temporales de agua lluvia.

La forma de captación y recolección del agua lluvia en el barrio Zona Minera, es por medio de los techos y que para ello utilizan canoeras de láminas de zinc y tubos de PVC cortados a la mitad u/o añadidos directamente a pequeñas terrazas que se hacen en las viviendas.

La tina se convierte en la mejor alternativa de recolección de agua lluvia, la cantidad de almacenamiento es de 500lt o más, esto porque algunas casas poseen varias; esto es el referente de acueducto. La distribución del agua lluvia se hace manualmente; claro está que las viviendas que cuentan con subterráneos y tanques elevados, les toca comprar pequeñas bombas eléctricas para su distribución.

Frecuentemente las personas del barrio hierven el agua lluvia para consumirla, sin embargo algunos la consumen sin tratarla y otras le echan hipoclorito de sodio como purificante. Finalmente podemos decir que la falta de un acueducto en el barrio Zona Minera, viene generando dificultades de todo tipo a las personas, sobre todo en la época de verano, ya que los depósitos no son muy grandes, lo cual no satisfaga las necesidades de la población; esta es aproximadamente de 12.000 habitantes y con un ritmo de crecimiento de unos 170 personas por año.

## 8. CONCLUSIONES

Al finalizar este estudio se pudo concluir que, los habitantes del barrio Zona Minera ven en el agua lluvia, la solución frente a la precariedad del acueducto municipal.

Los objetivos, se cumplieron ya que lo que se buscaba Optimizar el proceso de recolección y almacenamiento de aguas lluvia en el acueducto comunitario del Barrio Zona Minera del Municipio de Quibdó, Chocó, se calculó la demanda de agua actual y proyectada de acuerdo con el RAS, que para el caso de Quibdó, corresponde a 8.000 mm por años y por mes (ver tabla N° 1, pg. 43) lo cual demuestra que a la hora de implementar el proyecto de una cubierta que optimice el acueducto comunitario; se tendría la cantidad de agua necesaria.

Se determinaron las condiciones del sistema de captación, almacenamiento y distribución de aguas lluvias del acueducto comunitario, donde se determinó que en dicho sector de la ciudad de Quibdó, las personas han recogido por décadas el agua lluvia de muchas formas; esto lo hacen por medio de los techos y que para ello utilizan canoeras de láminas de sin y tubos de PVC cortados a la mitad u/o añadidos directamente a pequeñas terrazas que se hacen en las viviendas. Esta se le da un uso doméstico.

Frente a la escogencia del sistema de captación y almacenamiento de aguas lluvias en el barrio Zona Minera del municipio de Quibdó. se pudo constatar las distintas formas de captación y almacenamiento tradicional de aguas lluvia (ver grafica 2 y 3, en la pg. 33-36); esto demuestra que las condiciones de captación y almacenamiento de a gua lluvia no son los más adecuados para una población estimada en unos 12.000 habitantes y con un crecimiento aproximado de 170 personas por año.

Afortunadamente para la población de Quibdó, durante el año se cuenta con altísimos niveles de precipitaciones; lo que facilita a los quibdoseños recolectar y guardar agua lluvia, ya que esta les beneficia de manera gratuita; a pesar de no ser sometida a tratamiento de potabilidad.

La práctica de recolección, guarda y utilización de aguas lluvia, es un proceso de adaptación cultural que presenta muchos obstáculos, como depósitos inadecuados, la contaminación por roedores y otros animales, el que tinas y tanques estén a la intemperie, el mismo calentamiento de los tanques plásticos que están elevados. Sin duda alguna los habitantes del barrio Zona Minera, sufren la falta de saneamiento básico

Un tercer objetivo era diseñar un sistema de recolección y almacenamiento de aguas lluvias para mejorar la operación del acueducto comunitario del barrio zona



minera del municipio de Quibdó, de manera que se sirva para mejorar la funcionalidad del acueducto comunitario del sector (ver fotos 5 y 6, graficas 4, 5 7. pg. 36-38).

El análisis permite concluir que la falta de un acueducto que brinde solución a la necesidad de agua en el sector, ha llevado a que las personas construyan sus viviendas con unos espacios alternos (tinajas, subterráneos y tanques elevados), los cuales les sirven como almacenamientos temporales de agua lluvia.

La tina se convierte en la mejor alternativa de recolección de agua lluvia, la cantidad de almacenamiento es de 500lt o más, esto porque algunas casas poseen varias; esto es el referente de acueducto. La distribución del agua lluvia se hace manualmente; claro está que las viviendas que cuentan con subterráneos y tanques elevados, les toca comprar pequeñas bombas eléctricas para su distribución.

Frecuentemente las personas del barrio hierven el agua lluvia para consumirla, sin embargo algunos la toman sin tratarla y otras le echan hipoclorito de sodio como purificante. Finalmente podemos decir que la falta de un acueducto en el barrio Zona Minera, viene generando dificultades de todo tipo a las personas, sobre todo en la época de verano, ya que los depósitos no son muy grandes.

Basados en el diagnóstico a las estructuras existentes de captación y conducción como de las características topográficas de la zona, se decidió diseñar nuevas estructuras ya que la vida útil de todo el sistema ha finalizado y sus diseños no se ajustan a los parámetros requeridos por la optimización. Los nuevos diseños del sistema de abastecimiento cumplen normatividades y parámetros que se contemplan para este tipo de proyectos.

## 9. RECOMENDACIONES

La principal medida para solucionar el problema de captación y almacenamiento de agua lluvia, es la implementación de unos tanques de almacenamientos y unas cubiertas que les permita la recolección de aguas lluvias de manera permanente, lo que en este caso tendría como función principal hacer las veces de acueducto comunitario. También la implementación de un sistema de bombeo que distribuya el líquido a las viviendas de una forma segura y permanente.

Cabe señalar que en el diseño de los tanques se recomienda el material más resistente y de mayor uso en la región, esto apoyado en las técnicas de la hidromecánica, ya que por las características de la zona se hace un poco complejo la durabilidad. Lo cual no es fácil debido al poco sentido de pertenencia de algunas personas

Que el manejo del acueducto comunitario con agua lluvia, sea manejado por personal capacitado y administrado por los miembros de la junta de acción comunal del barrio. El municipio de Quibdó debe comprometerse con proveer a los operadores de hipoclorito, el cual será usado para purificar el agua almacenada en los tanques.

## BIBLIOGRAFÍA

AGUAS DE MANIZALES. Normas de diseño y construcción de redes. Colombia, 1993. 203 p. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [www.aguasdemanizales.com.co/LinkClick.aspx?](http://www.aguasdemanizales.com.co/LinkClick.aspx?)

ÁLVAREZ, G.L. La polémica del agua: a quién pertenece el agua y vida en Colombia. Quibdó Apuntes Plan de Ordenamiento Territorial Diagnostico Territorial, 2008. p. 120

BANCO DE MEDIOS. Diagnóstico urbano. p. 982. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pot\\_diagn%C3%B3stico\\_urbano\\_2001\\_quibd%C3%B3\\_choc%C3%B3\\_\(68\\_pag\\_982\\_kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pot_diagn%C3%B3stico_urbano_2001_quibd%C3%B3_choc%C3%B3_(68_pag_982_kb).pdf)

CADAVID, Nora, Acueductos Comunitarios: patrimonio social y ambiental del Valle de Aburra. n° 20 Valle de Aburra: Revista Avances en Recursos hidráulicos, 2010. p. 20

CHOCTROPICAL. Ubicación geográfica del Chocó. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: <http://choctropical.blogspot.com/2010/05/ubicacion-geografica-del-choco>.

COLOMBIA. Ministerio de Desarrollo Económico. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, Planeamiento y diseño hidráulico de redes de distribución de agua potable. Cáp 1. Bogotá: Mindesarrollo, 2000. p. 50

COMUNIDAD PLANETA AZUL. El agua: sabías que en Colombia los niveles de lluvia son altos.[en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: <http://comunidadplanetaazul.com/agua/sabias-que/los-niveles-de-lluvia-en-Colombia/#sthash.oq58X2us.dpuf>

CURIOSIDADES BATANGA. ¿Cómo se forma la lluvia? [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: <http://curiosidades.batanga.com/2011/02/02/%C2%BFcomo-se-forma-la-lluvia>

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Estadística de población. . [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co).

EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DEL ATLÁNTICO, Normas para el diseño y construcción de redes locales y domiciliarias de acueducto y alcantarillado. Colombia: EAAA, 1993. 100 p.

EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ. Normas de acueducto 04-Topografía para diseño de sistemas de acueducto. Colombia: EAAB, 2009. 80 p.

EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN. , Normas de diseño-Acueducto, alcantarillado y vertimientos industriales. Colombia: EPM, 2013. 90 p.

EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI. Normas y especificaciones de construcción para el sistema de acueducto de la ciudad de Cali. Colombia: EMC, 1982. 75 p.

GOOGLE. Map. Municipio de Quibdo. en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [www.google.com.co/search?q= municipio + de+quibdo&es](http://www.google.com.co/search?q=municipio+de+quibdo&es)

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Valores totales diarios de precipitación.

LOCERÍA COLOMBIANA. Diseño de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvia de los techos. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [www.ambientalmente.com/c](http://www.ambientalmente.com/c)

MUÑOZ RAZO, Carlos. ¿Como elaborar y asesorar una investigación de tesis? México: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. 1998. p 9.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia Experiencias en América Latina. Santiago de Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 2000. 180 p.

PALACIO CASTAÑEDA, Natalia . Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable. Caldas: Institución Educativa María Auxiliadora de Caldas, 2010. 120 p.

RINAUDO MANNUCCI, María Eugenia. ¿Cómo se relaciona cambio climático – agua. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [rehttp://www.iagua.es/blogs/ maria-eugenia-rinaudo-mannucci/como-se-relaciona-cambio-climatico-agua](http://www.iagua.es/blogs/maria-eugenia-rinaudo-mannucci/como-se-relaciona-cambio-climatico-agua)

SALINAS RAMÍREZ, Jorge Martín. Retos a futuro en el sector de acueducto y alcantarillado en Colombia. p. 7. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/3/42733/lcw379e.pdf>

UNESCO Choco es un pulmón de la humanidad.1992. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [unesdoc.unesco.org/images/001](http://unesdoc.unesco.org/images/001)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. Manual de normas de proyecto para obras de aprovisionamiento de agua potable en localidades urbanas de la República Mexicana. México: UNAM, 2011. P. 120

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Integrated water resources management (IWRM) in Cameron. Tecnológica y sociedad, facultad de ingeniería. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4713083](http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4713083).

VALLEN SUÁREZ, José Alejandro. historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Colombia, 2006. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/](http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/)

WIKIPEDIA. Ciclo hidrológico. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_hidrol%C3%B3gico](http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_hidrol%C3%B3gico)

\_\_\_\_\_. Captación de aguas lluvias. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_captaci%C3%B3n\\_de\\_agua\\_de\\_lluvias](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_captaci%C3%B3n_de_agua_de_lluvias)

\_\_\_\_\_. Generalidades de Quibdó. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Quibd%C3%B3>

\_\_\_\_\_. Mapa ciclo del agua. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

## **ANEXO**

Anexo A. Encuesta habitantes del sector

Calidad del agua en el barrio zona minera del municipio de Quibdó en el departamento del Choco

1. ¿Tiene usted servicio de acueducto en su casa domiciliaria?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

2. ¿El sistema de acueducto es comunal o es propio?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

3. ¿Tiene servicio de acueducto los 360 días del año?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

4. ¿Tiene usted tanque de almacenamiento?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

5. ¿El tanque de almacenamiento es?

Elevado \_\_\_\_\_ Subterráneo \_\_\_\_\_ tina \_\_\_\_\_

6. ¿Con qué frecuencia hace lavado de los tanques de almacenamiento?

1-3 meses

3-6 meses

6-9 meses

9-12 meses

7. ¿Hace desinfección del agua almacenada en los tanques?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Indique con cuál producto \_\_\_\_\_

8. ¿Cuenta usted con bomba de distribución de agua en la vivienda?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

9. ¿Los usos que hace con el agua?

TINA	SUBTERRÁNEO
Aseo personal	Aseo personal
Limpieza de la vivienda	Limpieza de la vivienda
Cocción de alimentos	Cocción de alimentos
Lavado de ropas	Lavado de ropas
Bebida	Bebida
Otros	Otros

10. ¿Cuándo usted consume el agua

La toma directamente del tanque sin tratamiento Si\_\_\_ No \_\_\_

La toma del tanque y la hierve Si\_\_\_ No \_\_\_

11. El volumen del almacenamiento es

TINA	SUBTERRÁNEO
250 lt	250 lt
500 lt	500 lt
1000 lt	1000 lt
2000 lt	2000 lt
5000 lt	5000 lt
Otros	Otros

12. ¿Algún miembro del núcleo familiar ha presentado diarrea o vómito en los últimos 6 meses?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

¿Qué síntomas ha presentado?

Fiebre	_____
Dolor muscular	_____
Dolor de cabeza	_____

Adulto \_\_\_\_\_ Niño \_\_\_\_\_ Adulto mayor \_\_\_\_\_

13. ¿Cuántas personas habitan en la vivienda?

1\_\_\_ 3\_\_\_ 5\_\_\_ más de 5\_\_\_