



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil”

TRABAJO DE GRADUACION

**“INFORMACION TOPOGRAFICA Y DE AFLUENTES DE LA LAGUNA DE
MAPA HUIÑA PARA UNA PROPUESTA DE MODELO DE RECARGA”**

Autores:

Macas Villagrán Bayron Jeovanny

Valente Malan Alex Darío

Director

Ing. Alexis Martinez

2012

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: INFORMACION TOPOGRAFICA Y DE AFLUENTES DE LA LAGUNA DE MAPA HUIÑA PARA UNA PROPUESTA DE MODELO DE RECARGA, presentado por: Bayron Jeovanny Macas Villagran y Julio Alex Darío Valente Malan, y dirigida por: Ing. Alexis Martínez.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Ángel Paredes

Presidente del Tribunal

Firma

Ing. Alexis Martínez

Miembro del Tribunal

Firma

Ing. Víctor Velásquez

Miembro del Tribunal

Firma

DERECHO DE AUTOR

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: Bayron Jeovanny Macas Villagrán y Alex Darío Valente Malan, e Ing. Alexis Martínez Director del Proyecto de investigación; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.

DEDICATORIA

Los autores, dedicamos el presente trabajo a nuestros padres y familiares por su apoyo incondicional en todo el proceso educativo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Chimborazo, a través de la Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, a todos los docentes de la misma por habernos impartido todos los conocimientos que pondremos en práctica en nuestra vida profesional.

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°.	Pág.
1.3.9. Necesidades de información para identificar las zonas de recarga hídrica ..	40
3.2. Viviendas particulares ocupadas, según servicios que dispone y tipo de tenencia de la vivienda – Cantón Alausí.....	40
3.3. Total de viviendas, ocupadas con personas presentes, promedio de ocupantes y densidad poblacional – Cantón Colta.....	42
3.4. Viviendas particulares ocupadas, según servicios que dispone y tipo de tenencia de la vivienda – Cantón Colta.....	43
3.5. Viviendas particulares ocupadas, según servicios que dispone y tipo de tenencia de la vivienda – cantón Cumanda.....	44
3.6. Total de Viviendas, ocupadas con personas presentes promedio de ocupantes y densidad poblacional – cantón Chambo.....	45
3.7. Viviendas particulares ocupadas, según servicios que dispone y tipo de tenencia de la vivienda – cantón Chambo.....	46
3.8. Total de viviendas ocupadas con personas presentes, promedio de ocupantes y densidad poblacional – Cantón Chunchi.....	47
3.9. Viviendas particulares ocupadas, según servicios que dispone y tipo de tenencia de la vivienda – cantón Chunchi.....	48
3.10. Total de viviendas, ocupadas con personas presentes, promedio de ocupantes y densidad poblacional – cantón Guamote.....	48
3.11. Viviendas particulares ocupadas, según servicios que dispone y tipo de tenencia de la vivienda – cantón Guamote.....	49
3.12. Total de viviendas, ocupadas con personas presentes, promedio de ocupantes y densidad poblacional – cantón Guano.....	49
3.13. Viviendas particulares ocupadas, según servicios que dispone y tipo de tenencia de la vivienda – cantón Guano.....	50

3.14. Viviendas particulares ocupadas, según servicios que dispone y tipo de tenencia de la vivienda – cantón Penipe	53
3.15. Total de viviendas, ocupadas con personas presentes, promedio de ocupantes y densidad poblacional – cantón Riobamba.....	54
3.16. Viviendas particulares ocupadas, según servicios que dispone y tipo de tenencia de la vivienda – cantón Riobamba.....	54
3.17. Datos de ruido área urbana cantón Alausí.....	56
3.18. Datos de ruido área urbana cantón Colta	56
3.19. Datos de ruido área urbana cantón Cumandá.....	57
3.20. Datos de ruido área urbana cantón Chambo	57
3.21. Datos de ruido área urbana cantón Chunchi	58
3.22. Datos de ruido área urbana cantón Guamote	59
3.23. Datos de ruido área urbana cantón Guano	59
3.24. Datos de ruido área urbana cantón Pallatanga	60
3.25. Datos de ruido área urbana cantón Penipe	60
3.26. Datos de ruido área urbana cantón Riobamba.....	61

INDICE DE GRAFICOS E ILUSTRACIONES

Figura N°.	Pág.
1.1 Equipo Sokkia GRX1 GNSS System.....	9
1.3.1 Ciclo hidrológico y aguas subterráneas	13
1.6.2 Ejemplo de la ruta de navegación de la embarcación en levantamiento batimétrico.....	29
1.6.4. Barco realizando sondeos.....	32
1.6.5. Equipo Ecosonda completo: sensor, transductor, impresora, PC y batería..	34
3.2. Flujo grama de los pasos para identificar las potenciales zonas de recarga hídrica.....	45
4.6 Gráfico de barras nivel de ruido Normal.....	77
4.7 Gráfico de barras nivel de ruido Normal.....	77
4.8 Gráfico de barras nivel de ruido Normal.....	78
4.9 Gráfico de barras nivel de ruido Normal.....	78
4.10 Gráfico de barras nivel de ruido Normal.....	79
4.11 Gráfico de barras nivel Promedio de ruido	79
4.12 Gráfico de ruido Alausí Zona Residencial y Residencial Mixta.....	80
4.13 Gráfico de ruido Alausí Zona Hospitalaria y Educativa	81
4.14 Gráfico de ruido Alausí Zona Comercial y Comercial Mixta.....	81
4.15 Gráfico de ruido Chambo Zona Residencial y Residencial Mixta.....	82
4.16 Gráfico de ruido Chambo Zona Hospitalaria y Educativa	83
4.17 Gráfico de ruido Chambo Zona Comercial y Comercial Mixta.....	83
4.18 Gráfico de ruido Chunchi Zona Residencial y Residencial Mixta.....	84
4.19 Gráfico de ruido Chunchi Zona Hospitalaria y Educativa	85

4.20	Gráfico de ruido Chunchi Zona Comercial y Comercial Mixta.....	85
4.21	Gráfico de ruido Colta Zona Residencial y Residencial Mixta	86
4.22	Gráfico de ruido Colta Zona Hospitalaria y Educativa.....	87
4.23	Gráfico de ruido Colta Zona Comercial y Comercial Mixta	87
4.24	Gráfico de ruido Cumandá Zona Residencial y Residencial Mixta.....	88
4.25	Gráfico de ruido Cumandá Zona Hospitalaria y Educativa	89
4.26	Gráfico de ruido Cumandá Zona Comercial y Comercial Mixta.....	89
4.27	Gráfico de ruido Guamote Zona Residencial y Residencial Mixta.....	90
4.28	Gráfico de ruido Guamote Zona Hospitalaria y Educativa.....	91
4.29	Gráfico de ruido Guamote Zona Comercial y Comercial Mixta.....	91
4.30	Gráfico de ruido Guano Zona Residencial y Residencial Mixta.....	92
4.31	Gráfico de ruido Guano Zona Hospitalaria y Educativa.....	93
4.32	Gráfico de ruido Guano Zona Comercial y Comercial Mixta.....	93
4.33	Gráfico de ruido Pallatanga Zona Residencial y Residencial Mixta.....	94
4.34	Gráfico de ruido Pallatanga Zona Hospitalaria y Educativa.....	95
4.35	Gráfico de ruido Pallatanga Zona Comercial y Comercial Mixta.....	95
4.36	Gráfico de ruido Penipe Zona Residencial y Residencial Mixta	96
4.37	Gráfico de ruido Penipe Zona Hospitalaria y Educativa.....	97
4.38	Gráfico de ruido Penipe Zona Comercial y Comercial Mixta	97
4.39	Gráfico de ruido Riobamba Zona Residencial y Residencial Mixta.....	98
4.40	Gráfico de ruido Riobamba Zona Hospitalaria y Educativa	99
4.41	Gráfico de ruido Riobamba Zona Comercial y Comercial Mixta.....	99

RESUMEN

La poca información topográfica detallada así como la identificación de los afluentes y la determinación del caudal que abastecen a la laguna de Mapa Huiña han sido los causantes de que se esté perdiendo este importante recurso hídrico, el cual es utilizado principalmente para riego en la comunidad de Mapa Huiña perteneciente a la parroquia de Achupallas ubicada en el cantón Alausi.

El conocer la topografía detallada y los afluentes que abastecen a la laguna de Mapa Huiña nos permite comenzar a determinar el problema de la pérdida del caudal.

Para la ejecución del proyecto se planeó el levantamiento de información topográfica detallada de la zona de recarga de la laguna; la cual se realizó con GPS Doble Frecuencia GRX1 y con planos topográficos de la zona de estudio proporcionados por el IGM (Instituto Geográfico Militar). Una vez determinada la zona de recarga identificamos los afluentes y aforamos los mismos para determinar los caudales que están abasteciendo a la laguna, determinamos el volumen de agua que contiene la misma por medio de una batimetría.

Los aportes de caudal generados por el agua lluvia en la zona de recarga vamos a determinarlos con la ayuda de los datos efectuados por las estaciones meteorológicas más cercanas a la parroquia de Achupallas. (Ver Anexo 1. Red de Estaciones Meteorológicas a nivel Provincial).

SUMMARY

Environmental noise pollution is a nuisance that directly affects the welfare of people with disorders such as hearing loss capacity, abnormal brain activity, heart, breath and gastrointestinal disorders. It also produces behavioral disorders such as sleep disturbance and rest, communication problems, irritability, aggressiveness. Due to the growing variety of sources and its ability to interfere with human activities, noise becomes a serious issue to quality of life.

Knowing the noise levels in each urban area of the towns that belongs to Chimborazo province allows us to begin to control of noise pollution problem, which is a direct consequence of one's undesirable activities taking place in cities. Unlike other forms of pollution, noise leaves no visible residue, after discontinuing the issue goes away quickly.

To implement the project was planned lifting of primary and secondary information, the technique followed was the monitoring as required by the Unified Text Secondary Environmental Legislation (Book VI Annex 5) "PERMISSIBLE LIMITS OF AMBIENT NOISE LEVELS FOR STATIONARY SOURCES AND MOBILE SOURCES, AND VIBRATION."

The decibels of noise were compared with the parameters of hospitals and educational areas, residential, mixed residential, commercial, commercial and industrial ventures are in the book before mentioned.

As a result we have charts that show the decibels emitted in the monitored areas, noise maps, and other information generated about the environmental indicator in urban areas of the Chimborazo Province.

INDICE GENERAL

INDICE DE CUADROS y TABLAS.....	i
INDICE DE GRAFICAS E ILUSTRACIONES.....	iii
RESUMEN.....	v
SUMARY.....	vi
INTRODUCCION	5
CAPITULO I.....	7
FUNDAMENTACION TEORICA.....	7
1.1 TOPOGRAFIA	7
1.1.1 Definición.	7
1.1.2 Utilidad de la Topografía.	8
1.1.3 Levantamiento Topográfico.....	8
1.1.4 Unidades que se emplean en topografía.	9
1.1.5 Escala.....	11
1.1.6 Equipo utilizado para realizar el levantamiento topográfico.	11
1.1.7 Procesamiento de información topográfica en oficina.	16
1.2 CUENCA HIDROGRÁFICA	17
1.2.1 Características físicas de una cuenca hidrográfica	17
1.2.2 Tiempo de concentración	19
1.3 CLIMA	19
1.3.1 Precipitación.....	20
1.4 HIDROLOGIA	21
1.4.1 Coeficiente de escorrentía	21
1.4.2 Caudal, Q	22
1.4.3 Generación sintética de caudales	22
1.4.4 Curvas Representativas de los caudales	23
1.5 HIDROMETRIA	23
1.5.1 Batimetría	24
1.5.2 Medición del caudal.....	25
1.5.3 Selección del sitio.....	25
1.5.4 Medición de la sección transversal	26
1.5.5 Instrumentos para medir el nivel	26
1.5.6 Frecuencia de las mediciones del nivel.....	27
1.5.7 Estaciones de aforo de caudales	27
1.5.8 Selección del sitio.....	28
1.5.9 Frecuencia en la medición del caudal	29
1.6 CALCULO DE CRECIENTES	30
1.6.1 Periodo de retorno, T	30

1.6.2	Métodos de pronóstico de crecientes basados en datos de lluvia ...	30
1.7	RECARGA Y ZONAS DE RECARGA.	31
1.7.1	Factores que afectan la recarga hídrica.	31
1.7.2	Clasificación de las zonas de recarga hídrica.	33
1.7.3	Identificación, evaluación y manejo de zonas de recarga hídrica. ..	34
1.8	RECOLECCIÓN DE DATOS	35
1.8.1	Selección del sitio.....	35
1.8.2	Identificación de los sitios de recolección de datos	35
1.8.3	Frecuencia y programa de visitas a una estación.....	36
1.8.4	Observaciones en Estaciones manuales	36
1.9	EVAPOTRANSPIRACION.....	37
CAPITULO II		40
MARCO METODOLOGICO		40
2.1	METODOLOGIA	40
2.2	TIPO DE ESTUDIO.....	40
2.3	POBLACION Y MUESTRA.....	40
2.4	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	41
2.5	PROCEDIMIENTOS	42
2.6	PROCESAMIENTO Y ANALISIS	44
CAPITULO III.....		47
RESULTADOS.....		47
3.1	LINEA DE BASE	47
3.1.1	Ubicación y localización del proyecto	47
3.1.2	Asentamientos humanos	49
3.1.3	Fuentes de ingresos familiares.....	50
3.1.4	Identificación de la zona de recarga de la laguna de Mapahuiña.....	52
ESTUDIO CLIMATOLOGICO E HIDROLOGICO DE LA ZONA DE		
RECARGA DE LA LAGUNA DE MAPAHUIÑA.		52
3.2	Metodología Empleada	53
3.3	Información Básica	54
3.3.1	Cartografía	54
3.4	Parámetros Básicos de Diseño con la ayuda del programa ArcGis. ...	54
3.4.1	Características físicas de la cuenca de drenaje	54
3.5	Parámetros geométricos de la cuenca de drenaje	56
3.5.1	Elevación media de la cuenca	56
3.5.2	Índices Representativos.....	58
3.6	Parámetros de relieve de la cuenca.....	61
3.6.1	Pendiente media del río (Sc).....	61

3.6.2	Pendiente Media de la cuenca (Pm)	62
3.6.3	Declividad media de la cuenca (Dm)	64
3.7	Características morfo métricas de la Micro-cuenca de drenaje	65
3.7.1	Densidad de drenaje (Dd)	66
3.7.2	Coefficiente de torrencialidad (Ct)	68
3.7.3	Extensión media del escurrimiento superficial (Lm)	68
3.8	Tiempo de Concentración	69
3.8.1	Formula de Giandotti	69
CLIMA	70
3.9	Descripción del Estudio	70
3.10	Factores climáticos	70
3.11	Parámetros Climáticos	70
3.11.1	Temperatura	71
3.12	Régimen Pluviométrico	72
3.12.1	Factores que determinan la presencia de las precipitaciones en el Ecuador	72
3.12.2	Estadística disponible	73
3.12.3	Lluvia media anual	75
3.12.4	Determinación de las intensidades de precipitación	77
3.12.5	Selección del tiempo de retorno	79
3.12.6	Curva de Duración-Intensidad-Frecuencia	79
3.12.7	Hietograma de precipitación de diseño	81
HIDROLOGIA	¡Error! Marcador no definido.
3.13	Introducción	83
3.14	Estaciones Consideradas	86
3.15	Estadística Disponible	86
3.16	Coefficiente de escorrentía	87
3.16.1	Coefficiente de escorrentía C en la cuenca del Rio Ozogoche.	87
3.16.2	Coefficiente de escorrentía C en la Micro-cuenca del Rio Chuquirá.	88
3.17	Generación de Caudales.	88
3.18	Caudales ecológicos.	89
3.19	Curvas características Micro-cuenca Rio Chuquirá.	90
3.19.1	Curva de Variación Estacional	90
3.19.2	Curva de Duración General	91
3.20	Caudales de diseño	92
3.21	Caudales Máximos de crecida	94
3.21.1	Determinación del Coeficiente de Escorrentía C	96
3.21.2	Caudales máximos de crecida	96
3.21.3	Caudales máximos de crecida de diseño	100
3.23	Evapotranspiración Potencial (ETP)	101
3.23.1	Evapotranspiración de diseño	106

CAPITULO IV	107
DISCUSION	¡Error! Marcador no definido.
EVALUACION.....	¡Error! Marcador no definido.
4.1 Levantamiento topográfico en la zona de recarga	107
4.2 Evaluación de resultados o Campaña de Hidrometría	109
4.3 Mediciones puntuales de profundidad “Batimetría”	110
4.4 Medición de Caudales que abastecen a la laguna de Mapahuiña	114
CAPITULO V	117
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	117
5.1 CONCLUSIONES.....	117
5.2 RECOMENDACION	119
CAPITULO VI.....	120
PROPUESTA.....	120
6.1 Titulo de la Propuesta	120
6.2 Introducción	120
6.3 Objetivos.....	122
6.4 Fundamentación Científica y técnica.....	122
6.5 Descripción de la Propuesta	125
6.6 Diseño Organizacional	127
6.7 Monitoreo y evaluación de la Propuesta	128
CAPITULO VII	128
BIBLIOGRAFIA	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO VIII.....	130
APENDICES Y ANEXOS.....	130

INTRODUCCION

El presente proyecto se plantea con la visión de obtener la información necesaria para una propuesta de un modelo de recarga hídrica en la laguna Mapahuiña, parroquia de Achupallas, Cantón Alausí, Provincia de Chimborazo. Dicha información se la obtendrá mediante la topografía detallada de la zona de recarga, identificación, cálculo de caudales de los afluentes que abastecen a la laguna y determinación de el volumen contenido en la misma. Si bien es cierto que en la actualidad se cuenta con planos topográficos georeferenciados por el IGM (Instituto Geográfico Militar) de la zona de estudio pero esta no es detallada ni suficiente para generar una propuesta de modelo de recarga, por lo tanto, con la ayuda del proyecto PROPUESTA TECNICA DE MANEJO DE SUBCUENCAS HÍDRICAS Y CARACTERIZACIÓN TERRITORIAL AMBIENTAL, CONSIDERANDO EL PAISAJE CULTURAL ANDINO Y EL DESARROLLO SOCIOECONÓMICO DE LA PARROQUIA ACHUPALLAS, CANTÓN ALAUSÍ, PROVINCIA DE CHIMBORAZO de la Universidad Nacional de Chimborazo, se está llevando a cabo dicha propuesta mediante la recopilación y análisis de la información tomada en campo.

Considerando que el clima es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un área de la superficie terrestre; su estudio es fundamental y tiene como finalidad identificar, describir y evaluar el clima existente en la zona del proyecto.

Para el análisis del régimen climático no se cuenta con estadísticas meteorológicas históricas dentro de la micro cuenca del río Manzano (zona que abarca el lugar de estudio); para su caracterización se ha considerado la información de las estaciones meteorológicas circundantes, la misma que en función de su ubicación geográfica y las características orográficas han sido extrapoladas a la micro cuenca del río Chuquirá (zona de recarga en estudio). (Ver Anexo. Red de Estaciones Meteorológicas a nivel Provincial).

La pérdida de este importante recurso hídrico, el cual abastece en su mayoría a la comunidad de Mapahuiña perteneciente a la parroquia de Achupallas, es una de las principales causas de preocupación entre la población de la comunidad, ya que incide en el nivel de calidad de vida y además puede provocar conflictos entre las comunidades que se abastecen de este importante recurso hídrico. El nivel de agua de la laguna ha decrecido de forma desproporcionada en las últimas décadas, en el caso del Ecuador y específicamente en la provincia de Chimborazo es escasa la información respectiva con la cual se pueda cuantificar el nivel de afectación que existe en nuestros recursos hídricos.

Sin embargo no debemos olvidar que las comunidades locales dependen para su desarrollo humano y económico de un conjunto de variables que están relacionadas a características demográficas, poblacionales, sociales y económicas, entre los grupos con los cuales se interrelacionan y uno de los grados de conflicto que siempre ha existido ha sido por el agua.

Esta información planteada fue uno de los motivos por los cuales elegimos este tema como trabajo de investigación, con la finalidad de que el Proyecto Propuesta Técnica disponga de la información necesaria para proponer un modelo de recarga hídrica para la laguna de Mapahuiña.

CAPITULO I

FUNDAMENTACION TEÓRICA

1.1 TOPOGRAFÍA¹

1.1.1 Definición.

Etimológicamente la palabra topografía procede del griego “TOPO”=lugar, y “GRAFOS”=dibujo gráfico.

La Topografía se describe como “la ciencia, que con el auxilio de las matemáticas nos ayuda a REPRESENTAR GRAFICAMENTE, mediante un dibujo, un TERRENO, o lugar determinado, con todos sus accidentes y particularidades naturales o artificiales de superficie (cerros, valles, ríos, puentes, etc.).

La representación gráfica de los accidentes y detalles del terreno deben ser fidedigna, expresiva y cuantificable porque es un fundamento de la topografía.

Para que esta representación sea “real”, deben conservarse formas y proporciones basadas en mediciones que determinen la posición de puntos característicos del terreno, relacionándolos con otros puntos previamente conocidos (referencia).

La utilización de signos convencionales previamente establecidos y el conocimiento básico de geometría, son la base para crear un lenguaje expresivo e interpretativo de amplia aplicación en distintos campos de la tecnología.

En efecto, de los fundamentos de la Geometría descriptiva, se puede demostrar que un punto queda definido si se conoce la proyección de este en un plano horizontal y su altura.

Básicamente, La Topografía para cumplir con su objetivo final, que como se menciona es representar gráficamente las características de un terreno, necesita aplicar una serie de técnicas propias de esta disciplina, tales como; La Planimetría y la Altimetría.

¹ GARCIA MARTIN, Antonio: Topografía básica para ingenieros/Antonio García Martin, Manuel F. Rosique Campoy, Francisco F. Segado Vázquez-Murcia, servicio de publicaciones, Universidad de Murcia, 1994

1.1.2 Utilidad de la Topografía.

La Topografía es la base fundamental para la ejecución de cualquier proyecto (Geológico, Minero o cualquier proyecto de Ing. Civil.), elementos indispensables en la ingeniería básica o ingeniería de consulta, es por eso que es de suma importancia su participación dentro de cualquier organización.

1.1.3 Levantamiento Topográfico.

El levantamiento es un conjunto de operaciones que determinan las posiciones de puntos, la mayoría calculan superficies y volúmenes y la representación de medidas tomadas en el campo mediante perfiles y planos.

Clases de levantamientos

Topográficos

Son levantamientos que tienen por objeto abarcar superficies reducidas, se realizan despreciando la curvatura de la tierra sin error apreciable.

Geodésicos

Son levantamientos en grandes extensiones y se considera la curvatura terrestre.

Los levantamientos topográficos son los más comunes y los que más interesan, los geodésicos son de motivo especial al cual se dedica la Geodesia o a la medición de áreas extremadamente grandes.

Tipos de levantamientos topográficos:

- a) De terrenos en general.- Marcan linderos o los localizan, miden y dividen superficies, ubican terrenos en planos generales ligando con levantamientos anteriores, o proyectos obras y construcciones.
- b) De vías de comunicación.- Estudia y construye caminos, ferrocarriles, canales, líneas de transmisión, etc.

- c) De minas.- Fija y controla la posición de trabajos subterráneos y los relaciona con otros superficiales.
- d) Levantamientos catastrales.- Se hacen en ciudades, zonas urbanas y municipios, para fijar linderos o estudiar las obras urbanas.
- e) Levantamientos aéreos.- Se hacen por fotografía, generalmente desde aviones y se usan como auxiliares muy valiosos de todas las otras clases de levantamientos.

1.1.4 Unidades que se emplean en topografía.

Se denomina medir una magnitud al resultado de compararla con otra de su misma especie, que se toma por unidad. Todas las operaciones topográficas se reducen, en último extremo, a la medida de ángulos y distancias, por lo tanto, las magnitudes que han de medirse en topografía son las lineales, las superficiales, las volumétricas y las angulares.

Unidades Angulares.

- Ángulos, los aparatos vienen graduados en grados sexagesimales, o sea con la circunferencia dividida en 360 grados, 1 grado es igual a 60 minutos, y un minuto es igual a 60 segundos, sin embargo en Europa y particularmente en Francia se usan aparatos contruidos con el sistema centesimal, circunferencia de 400 grados, 1 grado igual a 100 minutos y un minuto igual a 100 segundos. La precisión depende del tipo de trabajo.

Unidades de Longitud.

- Longitud, utilizamos el metro con sus múltiplos y sub múltiplos. Cuando las mediciones se realizan con aparatos de precisión será al decímetro. En trabajos geodésicos se llegara con precisión al milímetro, utilizando GPS de doble frecuencia (GRX1).

Unidades de Superficie.

- Superficie, en metros cuadrados (m^2) con sus múltiplos y sub múltiplos, para los levantamientos de haciendas o ciudades se expresará su superficie en Hectáreas. Para grandes extensiones: como provincias, países, etc., usaremos kilómetros cuadrados (km^2).

Unidades de Volumen.

- Los volúmenes se medirán siempre en metros cúbicos (m^3).

Magnitudes.

Se llaman magnitudes en topografía a aquella cuyo valor no admite discusión y se pueden enumerar.

Magnitudes Físicas.

Son aquellas que miden y por lo tanto están sujetas a errores, debidos a la calidad de los aparatos utilizados y a la pericia del operador.

Tolerancias.

Se llama tolerancia al máximo error admisible ejemplo. Si decimos que mediremos una distancia con una tolerancia de 1/1000 quiere decir que por cada metro podemos errar un milímetro.

Error admisible.

Es aquel error cuyo valor es menor que el de la tolerancia.

Error inadmisibile.

Es aquel error cuyo valor es mayor que el de la tolerancia.

Equivocación.

Es un error muy fácil de detectar, por simple inspección visual, ejemplo. Leer 24.44 en lugar de 34.44.

1.1.5 Escala.

Se denomina escala a la relación que existe entre cada distancia en el plano a la correspondiente distancia en el terreno.

La escala se expresa en una de tres formas:

- Por la relación o fracción representativa por ejemplo: 1:1000 o 1/1000.
- Por una equivalencia ejemplo: 1cm=20m.
- Gráfica: consiste la escala gráfica en una línea sobre el plano subdividida en distancias que corresponden a determinado número de unidades en el terreno.

Clasificación de las escalas.

Las escalas se clasificaran generalmente en:

Escala grande 1:1000 (1cm=10m)

Escala mediana entre 1:1000 y 1:10000 (1cm=100m)

Escala pequeña 1:10000 (1cm=1000m) o menor.

1.1.6 Equipo utilizado para realizar el levantamiento topográfico.

El equipo utilizado para realizar el levantamiento topográfico es el equipo SOKKIA GRX1 GNSS SYSTEM.

FIGURA No. 1: Equipo Sokkia GRX1 GNSS System



Fuente: COTECMI: QUITO-ECUADOR

Introducción.

La próxima generación de receptores avanzados GNSS ha llegado con los nuevos GRX1 Sokkia. El GRX1 establece un nuevo estándar para los receptores GNSS, que incorpora la última tecnología de localización por satélite a todos en una pequeña carcasa ligera y resistente.

Un sistema completamente escalable, el equipo comienza con un sistema básico de una sola frecuencia estática, a continuación se agrega el de doble frecuencia de rastreo cuando se necesita mayor alcance de referencia, una mayor precisión. A este equipo se le añade el satélite Ruso GLONASS con la capacidad de rastreo de satélites disponibles aumentando en gran medida la precisión y mejorando notablemente el rendimiento en el método RTK (método móvil).

Equipo GRX1.

El Sokkia GRX1 introduce un nuevo nivel de versatilidad y flexibilidad en las aplicaciones de posicionamiento GNSS. Ya sea que se utilice para explorador o base RTK en red o incluso como receptor estático, el GRX1 ofrece una facilidad de uso y una inconveniencia incomparables que incrementa la eficiencia del trabajo en cualquier lugar.

Receptor GNSS GRX1.

El receptor GNSS GRX1 integra la antena y el receptor GPS+GLONASS, al módem digital UHF, al módulo GSM/GPRS, al módulo Bluetooth y la batería desmontable en un cuerpo de aleación de magnesio compacto resistente.

72 canales para GPS+GLONASS+SBAS

- 72 canales disponibles para rastreo de señales GPS, GLONASS y SBAS.
- Admite señales L2C de GPS.

Triple tecnología inalámbrica

En el receptor GRX1 puede integrar tres tecnologías inalámbricas de uso común.

- 1) Módem digital UHF (receptor/transmisor): para explorador y base RTK.
- 2) Modem GSM/GPRS: para red RTK
- 3) Módem Bluetooth: para el controlador y otra PC (Especificaciones de gran alcance Clase 1).

El “modem UHF” y el “modem UHF+GSM/GPRS” internos están disponibles como opciones de fábrica.

Máxima versatilidad en aplicaciones RTK.

Haciendo uso de la conectividad totalmente inalámbrica y el sistema de navegación por voz inventado por SOKKIA, el GRX1 facilita enormemente el uso de las tecnologías RTK y RTK en red.

El GRX1 se puede utilizar para base RTK privada y explorador RTK utilizando un módem UHF digital interno sin ningún otro dispositivo extra.

También admite RTK en red donde los datos de corrección se transmiten mediante un radio UHF.

Los usuarios son notificados del estado del RTK o de cualquier otro problema mediante mensajes de voz. Esta función aumenta enormemente la eficiencia eliminando la necesidad de verificar constantemente la pantalla del controlador.

Otras características del hardware

- Los 22 indicadores LED de estado son perfectamente visibles, incluso cuando hay mucha luz solar.
- Almacenamiento de datos en tarjetas SD comunes. También admite tarjetas SDHC de gran capacidad.
- Protección IP67 contra polvo y agua.
- Batería desmontable que suministra hasta 6 horas de energía al receptor en uso RTK con radio comunicación UHF. La batería BDC58 de ión de

litio comúnmente se utiliza para las estaciones totales y niveles digitales Sokkia.

Recopilación de datos.

El recopilador de datos serie SHC incorpora el software Spectrum Survey Field, el cual controla por completo al receptor GRX1 con facilidad y velocidad insuperables.

El recopilador de datos SHC250 compacto, es fácil y rápido de manejar haciendo uso de la última versión del procesador de alta velocidad Windows Mobile 6.5 y de una gran pantalla táctil.

Características del hardware.

- Windows Mobile versión 6.5
- Procesador XScale de 806 MHz
- Pantalla táctil VGA de 3,7"
- Módem Bluetooth integrado
- Protección IP66 contra polvo y agua.

El avanzado recopilador de datos SHC2500 incorpora un teclado alfanumérico completo y una amplia variedad de funciones en un resistente cuerpo hermético.

- Windows CE.NET 5.0
- Cámara digital de 5 MP
- Procesador XScale de 624 MHz
- Pantalla Táctil QVGA de 3.5"
- Módem Bluetooth integrado
- Protección IP67 contra polvo y agua.

El software serie Spectrum Survey fue diseñado para su uso con receptores GPS/GNSS Sokkia tanto en trabajos de campo como de oficina.

Spectrum Survey Field

Software de recopilación de datos rápido, eficaz y fácil de usar.

- Aprovechando la gran pantalla gráfica, el Spectrum Survey field proporciona una interfaz de usuario intuitiva y fácil de usar que minimiza el proceso de aprendizaje.
- Maneja con facilidad múltiples instrumentos de agrimensura utilizando archivos de configuración individual para cada uno.
- Mejor administración y capacidad de intercambio de datos en numerosos formatos de archivo.

Spectrum Survey Office

Completo software GPS/GNSS para oficina.

- El Spectrum Survey Office ofrece toda la funcionalidad necesaria para la medición GPS/GNSS.
- Las barras de herramientas, los informes y las vistas se pueden personalizar según sus necesidades específicas.
- Exportación de datos en todos los formatos estándar de la industria.

FIGURA No. 2: Características del software del GRX1



Fuente: COTECMI: QUITO-ECUADOR

FIGURA No. 3: Especificaciones del equipo GRX1

Especificaciones del GRX1	
Capacidad de rastreo	
Cantidad de canales ^{*1}	72 canales
Señales rastreadas ^{*1}	GPS L1 AC, L1/L2 código P, L2C GLONASS L1/L2 AC, L1/L2 código P SBAS WAAS, EGNOS, MSAS
Precisión del posicionamiento^{*2}	
Estática	L1+L2 A: 3 mm + 0,5 ppm V: 5 mm + 0,5 ppm L1 únicamente A: 3 mm + 0,8 ppm V: 4 mm + 1 ppm
Estática rápida	L1+L2 A: 3 mm + 0,5 ppm V: 5 mm + 0,5 ppm
Cinemática	L1+L2 A: 10 mm + 1 ppm V: 15 mm + 1 ppm
RTK	L1+L2 A: 10 mm + 1 ppm V: 15 mm + 1 ppm
DGPS	<0,5 m
Interfaz del usuario	
Operación	Manejo con un solo botón para encender y apagar, reinicializar el receptor, inicializar la memoria
Panel indicador	22 indicadores LED de estado
Navegación por voz	Mensajes de voz multilingüe para información de estado del receptor
Administración de datos	
Memoria	Tarjeta SD/SDHC (formatos FAT16/32)
Formato de datos	RTCM SC104 2.1/2.2/2.3/3.0/3.1, CMR, CMR+, NMEA, TPS
Velocidad de actualización/salida ^{*3}	1 Hz, 5 Hz, 10 Hz, 20 Hz
Puerto de comunicación	RS-232C (4.800 a 115.200 bps)
Comunicación inalámbrica	
Módem Bluetooth	V.1.1, Clase 1, 115.200 bps
Módem digital UHF ^{*4}	Receptor (RX) y transmisor (TX) internos, 410 a 470 MHz
Módem GSM/GPRS ^{*4}	Interno
Ambiental	
Protección contra polvo y agua	IP67 (IEC 60529:2001) al cerrar todas las tapas de los conectores. Protegido contra eventual inmersión hasta 1 m (3,3 pies) de profundidad.
Golpe	2 m (6,56 pies) Caída del poste desde
Temperatura de funcionamiento	Receptor GRX1 -40 a +65°C (-40 a +149°F) Batería BDC58 -20 a +65°C (-4 a +149°F) Módems UHF/GSM -20 a +55°C (-4 a +131°F)
Temperatura de almacenamiento	-45 a +70°C (-49 a +158°F)
Humedad	100%, por condensación
Física	
Carcasa	Alojamiento de aleación de magnesio
Tamaño	184 mm (diámetro) x 95 mm (altura) (7,24" x 3,74")
Peso	Receptor GRX1 1,1 kg (2,43 libras) Batería BDC58 195 g (6,9 onzas) Módem internos 115 a 230 g (4,1 a 8,2 onzas), según las especificaciones del módem
Fuente de alimentación	
Batería estándar BDC58	Batería de ión de litio desmontable y recargable, 7,2 V, 4,3 Ah
Tiempo de funcionamiento a 20°C (68°F)	>7,5 horas en modalidad estática con conexión Bluetooth
Cargador CDC68	Tiempo de recarga Aprox. 4 horas a 25°C (77°F) Voltaje de entrada 100 a 240 V CA (50/60 Hz) ^{*5}
Suministro externo de energía	Voltaje de entrada 6,7 a 18 V CC

^{*1} La cantidad de canales y señales rastreadas varía según las configuraciones del receptor.
^{*2} La precisión depende de la cantidad de satélites utilizados, las obstrucciones, la geometría satelital (DOP), el tiempo de ocupación, los efectos de trayectoria múltiple, las condiciones atmosféricas, la longitud de la línea de base, los procedimientos de medición y la calidad de los datos.
^{*3} 1 Hz estándar. Velocidades mayores disponibles.
^{*4} "Módem UHF" o "módem UHF+GSM" internos disponibles como opciones de fábrica.
^{*5} Utilice con el cable de alimentación de CA.

Fuente: COTECMI: QUITO-ECUADOR

1.1.7 Procesamiento de información topográfica en oficina.

Debido a que en la actualidad el tiempo es el mayor inconveniente al momento de procesar información, la utilización de los programas computarizados es una

importante herramienta para realizar los trabajos (planos topográficos). Los mismos que deben ser utilizados de una excelente manera para evitar errores al momento de procesar la información recopilada.

Para realizar nuestro plano topográfico de la zona de recarga de la laguna de Mapahuiña vamos a ayudarnos del programa computarizado ArcGis versión 2010, del cual el proyecto tiene la licencia respectiva además de la ayuda de hojas de cálculo.

1.2 CUENCA HIDROGRÁFICA²

Es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago. Este es un ámbito tridimensional que integra las interacciones entre la cobertura sobre el terreno, las profundidades del suelo y el entorno de la línea divisoria de las aguas.

En la cuenca hidrográfica se encuentran los recursos naturales, la infraestructura que el hombre ha creado, allí el hombre desarrolla sus actividades económicas y sociales generando diferentes efectos favorables y no favorables para el bienestar humano. No existe ningún punto de la tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica (Visión Mundial 2004).

1.2.1 Características físicas de una cuenca hidrográfica³

Estas características dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.), los tipos de suelos, la capa vegetal, la geología, las prácticas agrícolas, etc. Estos elementos físicos proporcionan la más conveniente posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico.

Área de drenaje (A)

² Visión Mundial, 2004

³ Fuente: Hidrología en la ingeniería, Germán Monsalve Sáenz

Es el área plana (proyección horizontal) incluida entre su divisoria topográfica.

Forma de la Cuenca

Esta característica es importante pues se relaciona con el tiempo de concentración, el cual es el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la cuenca contribuya a la sección de la corriente en estudio, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la cuenca hasta llegar a la salida de la misma.

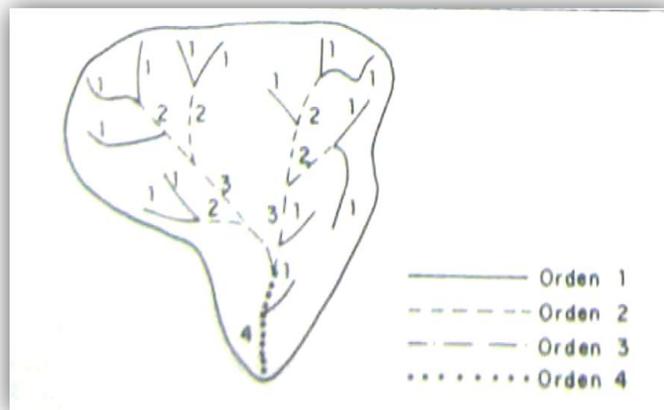
Sistema de drenaje

Está constituido por el río principal y sus tributarios.

- a) Orden de las corrientes de agua

Refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de una cuenca.

FIGURA No. 4: Clasificación de corrientes de agua



Fuente: Hidrología en la Ingeniería, Germán Monsalve Sáenz

- b) Densidad de drenaje (Dd)

Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca y su área total.

Pendiente de la cuenca

Esta característica controla una buena parte de la velocidad con que se da la escorrentía superficial y afecta, por lo tanto, el tiempo que lleva el agua de la lluvia para concentrarse en los lechos fluviales que constituyen la red de drenaje de las cuencas.

Curva Hipsométrica

Es la representación grafica del relieve de una cuenca. Representa el estudio de la variación de la elevación de los varios terrenos de la cuenca con referencia al nivel medio del mar. Esta variación puede ser indicada por medio de un grafico que muestre el porcentaje de área de drenaje que existe por encima o por debajo de varias elevaciones.

1.2.2 Tiempo de concentración

Es el tiempo que la lluvia cae en el punto más distante de la corriente de agua de una cuenca toma para llegar a una sección determinada de dicha corriente. El tiempo de concentración mide el tiempo que se necesita para que toda la hoya contribuya con escorrentía superficial en una sección considerada. Se mide en minutos u horas.

1.3 CLIMA⁴

El clima abarca los valores estadísticos sobre los elementos del tiempo atmosférico en una región durante un periodo representativo: temperatura, humedad, presión, vientos y precipitaciones. Estos valores se obtienen con la recopilación de forma sistemática y homogénea de la información meteorológica.

⁴ Fuente: Hidrología en la ingeniería, Germán Monsalve Sáenz

1.3.1 Precipitación.

La precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones y análisis forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua (Aparicio 1997).

La precipitación es la cantidad de agua meteórica total, líquida o sólida, que cae sobre una superficie horizontal determinada, llamada sección pluviométrica. En general, es la superficie colectora del pluviómetro. Las precipitaciones agrupan todas las aguas meteóricas recogidas en una cuenca vertiente o una zona determinada. Se presenta en forma líquida (lluvia, niebla, rocío) o sólida (nieve, granizo, escarcha). La lluvia es la pluviosidad y la nieve, la nubosidad (Castany 1971).

Medidas Pluviométricas

Se expresa la cantidad de lluvia, Δh , como la altura caída y acumulada sobre una superficie plana e impermeable.

a) Medidas características

- Altura pluviométrica, en mm, se expresa diariamente, mensualmente, anualmente, etc.
- Intensidad de precipitación:

$$I = \frac{\Delta h}{\Delta t} \text{ Expresada en mm/hora}$$

- Duración es el periodo de tiempo en horas, por ejemplo, desde el inicio hasta el fin de la precipitación.

Precipitación media sobre una cuenca

Es importante, por ejemplo, para la determinación del balance hídrico o cuantificación de la lluvia en una cuenca hidrográfica para un intervalo de tiempo específico.

Método de Isoyetas

Es el método más preciso. Se utilizan curvas de igual precipitación. El trazado de esas curvas es semejante al de las curvas de nivel, en donde la altura de agua precipitada substituye la cota del terreno.

Análisis de lluvias intensas

Se exige conocer las relaciones entre cuatro características fundamentales de las lluvias intensas: intensidad, duración, frecuencia y distribución.

Hietogramas

Los registros pluviográficos dan como resultado una curva de masas de precipitación, o una curva de lluvias acumuladas, o a la cantidad de agua que ha caído desde que se inicio el aguacero.

1.4 HIDROLOGÍA⁵

Según el Federal Council for Science and Technology: “La hidrología versa sobre el agua de la tierra, su existencia y distribución, sus propiedades físicas y químicas, y su influencia sobre el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos. El dominio de la hidrología abarca la historia completa del agua sobre la tierra.

1.4.1 Coeficiente de escorrentía

Es la relación entre el volumen de agua de escorrentía superficial total y el volumen total de agua precipitado, en un intervalo de tiempo determinado.

$$C = \left(\frac{V \text{ escorrentia superficial}}{V \text{ precipitado total}} \right)$$

⁵ Fuente: Hidrología en la Ingeniería, Germán Monsalve Sáenz

Este coeficiente se puede definir como relativo a una lluvia aislada o a un intervalo de tiempo en donde ocurren varias lluvias. Se debe aclarar que conociendo el coeficiente de escorrentía para una determinada lluvia con cierta intensidad y cierta duración en un área dada, se puede determinar la escorrentía superficial de otras precipitaciones de intensidades diferentes, desde que la duración de la lluvia sea la misma.

1.4.2 Caudal, Q

El caudal, definido como el volumen d escorrentía superficial total por unidad de tiempo, $Q=V/t$, es la principal variable que caracteriza la escorrentía superficial. Se expresa en m^3/s o l/s .

Caudal específico, q

Se define como el caudal Q dividido por el área de drenaje A de la cuenca. Se expresa en $m^3/s/km^2$ o $l/s/km^2$.

Sirve como elemento comparativo entre cuencas:

$$q = \frac{Q}{A}$$

Caudales máximos, medios y mínimos

Es común tener como datos que caracterizan a una cuenca los caudales máximos, medios y mínimos en intervalos de tiempo determinados, como hora, día, mes y año.

1.4.3 Generación sintética de caudales

Las series de tiempo de valores hidrológicos, como caudales mensuales y anuales, pueden ser extendidas por correlación con lluvias generadas o con caudales ocurrentes en cuencas vecinas.

Se exige contestar la pregunta de si los datos de caudal pueden ser generados más allá del período para el cual otros datos están disponibles.

1.4.4 Curvas Representativas de los caudales

Algunas de las curvas más representativas de los caudales:

Curva de variación estacional

Proporcionan información sobre la distribución de los valores hidrológicos, respecto al tiempo y a la probabilidad de dichos eventos o valores ocurran.

Curva de duración de caudales

Llamada también como curva de persistencia, permanencia de caudales o curva de caudales clasificados, es una curva que indica el porcentaje del tiempo durante el cual los caudales han sido igualados o excedidos. Esta curva puede ser definida para caudales diarios, mensuales, anuales, etc.

1.5 HIDROMETRÍA⁶

La hidrometría es una parte de la hidrología que mide el volumen de agua que circula por una sección de un conducto en un tiempo dado. El nombre deriva del griego *hydro* (agua) y *metron* (medida).

Además de medir la cantidad de agua que circula por la sección de un río, tubería o canal, también se ocupa de procesar la información sobre los sistemas de riego o la distribución de agua en una ciudad, con el fin de conocer la cantidad de agua disponible y la eficiencia de su distribución.

⁶ ORGANIZACIÓN METEOROLOGICA MUNDIAL, Guía de Prácticas Hidrológicas. Quinta Edición (1994),

1.5.1 Batimetría⁷

El término “*batimetría*” según, el Diccionario de la real Academia de la Lengua lo define como “el arte de medir las profundidades”.

En topografía se entiende por batimetría el levantamiento del relieve de superficies subacuáticas, tanto los levantamientos del fondo del mar, como del fondo de cursos de agua, de embalses, lagunas, etc. Estos trabajos son denominados también topografía hidrográfica, cartografía náutica, etc. La labor del topógrafo consiste en realizar el levantamiento de los fondos, como si de un terreno seco se trazase.

Como hemos indicado anteriormente, el objetivo de los levantamientos batimétricos es la determinación de las coordenadas X, Y, Z de los puntos del fondo.

Una batimetría realizada por métodos clásicos precisa en primer lugar que se realicen una serie de trabajos topográficos terrestres para poder representar la línea de costa (*implantación de una red básica, trabajos de nivelación y la radiación*). En una segunda fase se realiza el levantamiento del relieve submarino, que es el fin de estas operaciones.

Otros Métodos para obtener Cartografía Batimétrica.

- Batimetría fotogramétrica.
- Batimetría por procedimientos fotográficos.
- Batimetría mediante sonar lateral.
- Batimetría mediante laser.
- Batimetría mediante satélites de teledetección.

⁷ RODRIGUEZ RODRIGUEZ, Ernesto. Univ. J. Autónoma de Tabasco, 01/01/2002 - 264 páginas. Primera edición 2002. Las lagunas continentales de tabasco. pag. 118. Cap 4.2. Análisis Batimétrico

1.5.2 Medición del caudal.

El caudal de un río, es la cantidad de agua que fluye a través de una sección transversal, se expresa en volumen por unidad de tiempo. El caudal puede medirse por varios métodos diferentes y la elección del método depende de las condiciones de cada sitio.

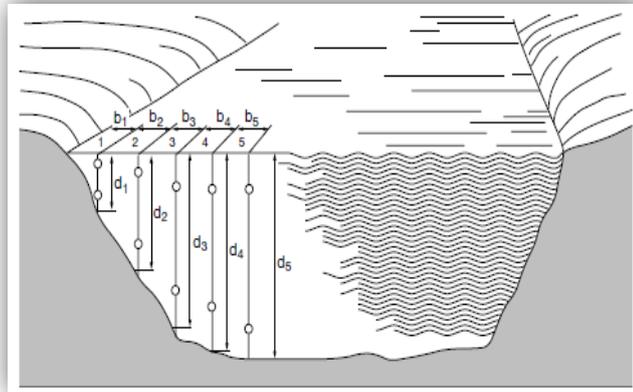
1.5.3 Selección del sitio

No es necesario que la medición del caudal se haga en el lugar exacto en que se ha instalado la estación de aforo, ya que el caudal es normalmente el mismo en las proximidades de la estación. Los sitios seleccionados para las mediciones de caudal deben tener las siguientes características:

- Velocidades paralelas en todos los puntos y que formen ángulo recto con la sección transversal de la corriente;
- Curvas regulares de distribución de velocidad en la sección, en los planos vertical y horizontal;
- Velocidades superiores a $0,150 \text{ m s}^{-1}$;
- Lecho del río uniforme y estable;
- Profundidad superior a $0,300 \text{ m}$;
- Ausencia de plantas acuáticas;
- Existencia mínima de nieve enlodada o cristales de hielo.

1.5.4 Medición de la sección transversal

FIGURA No. 5: Vista de la sección transversal de un río en el que se muestra la ubicación de los puntos de observación



El ancho del cauce y la distancia entre las verticales deben ser obtenidos por mediciones hechas a partir de un punto fijo de referencia (generalmente en un punto inicial en la orilla), que deberá hallarse en el mismo plano de la sección transversal. Normalmente, la distancia entre las verticales se determina con la ayuda de una cinta graduada o de una cadena que se tiende provisionalmente a través del cauce, o de marcas semipermanentes pintadas en el pasamano de un puente o en cable de suspensión.

1.5.5 Instrumentos para medir el nivel

Limnómetros

En hidrometría práctica se emplean varios tipos de limnómetros para las mediciones del nivel. Los limnómetros mas utilizados son los siguientes:

- a) Escala vertical graduada;
- b) Escala inclinada o de rampa;
- c) Indicador de alambre y pesa instalado en una estructura por encima de la corriente;
- d) Varilla, cinta o alambre graduado, para medir la distancia hasta la superficie del agua.

Limnógrafos

Los tipos de limnógrafos de registro continuo que se utilizan son muy diversos; se pueden clasificar según el sistema de funcionamiento o el sistema de registro.

El nivel del río se registra habitualmente por medio de registradores gráficos (analógicos). Las escalas de tiempo y de nivel para una estación en particular dependerán del rango de variaciones en el nivel, de la sensibilidad de la relación nivel/caudal y de las características de escorrentía de la cuenca. Los valores del nivel pueden convertirse de la forma analógica a la numérica mediante dispositivos electrónicos, algunos de los cuales son operados manualmente para producir, sobre cintas de papel o cintas magnéticas, las coordenadas X y Y del registro del nivel.

1.5.6 Frecuencia de las mediciones del nivel

La frecuencia con que debe realizarse el registro del nivel del agua está condicionada por el régimen hidrológico del curso de agua y por el fin que se asigne a la concentración de los datos. Es obligatoria la instalación de limnógrafos en corrientes sujetas a variaciones rápidas. Se utiliza con frecuencia el limnómetro como parte de los sistemas de predicción de crecidas, en lugares donde existen observadores locales que informen a intervalos regulares sobre el nivel del río.

1.5.7 Estaciones de aforo de caudales

El objetivo de las estaciones de aforo de caudales es suministrar registros sistemáticos de niveles y caudales. Los registros continuos de flujo de corriente son necesarios en proyectos de abastecimiento de agua y sistemas de saneamiento, en el diseño de estructuras hidráulicas, en la gestión del agua y en la estimación de cargas de sedimentos o de sustancias químicas de los ríos, incluido los contaminantes.

Como no se puede realizar una medición continua del caudal, los registros de los caudales se calculan con la ayuda de la relación entre nivel y caudal, definidas mediante mediciones periódicas de los caudales y un registro sistemático de los niveles, o usando estructuras de medición que han sido calibradas en el laboratorio o sobre el terreno.

1.5.8 Selección del sitio

La selección de los ríos que han de medirse se determina por los principios del diseño de redes y el uso que se dará a los datos. La selección de un sitio ideal para una sección de aforo en un río dado podría basarse en los siguientes criterios:

- a) El curso general del río debe ser recto unos 100 metros aguas arriba y las aguas debajo de la estación de aforo;
- b) La corriente total debe estar confinada en un solo cause para todos los niveles y no pueden existir corrientes subterráneas;
- c) En el lecho del río no debe estar sujeto a socavaciones ni a rellenos y debe estar libre de plantas acuáticas;
- d) Las orillas deben ser permanentes, lo suficientemente altas para contener las crecidas y deben estar libres de arbustos;
- e) Deben haber controles naturales inalterables: afloramiento de rocas en el fondo de un cañón estable durante el estiaje, y un cauce encajonado para las crecientes caídas o cascadas, insumergible en todos los niveles de manera de tener una relación estable entre el nivel y el caudal. Si no hay condiciones naturales satisfactorias para un control de aguas bajas, se debe prever la instalación de un control artificial;
- f) Se debe disponer de un sitio conveniente para alojar el limnógrafo, inmediatamente aguas arriba del control, y protegerlo contra posibles daños por los escombros llevados por las aguas durante las crecidas del río. El limnógrafo debe estar por encima de toda crecida probable que pueda ocurrir durante el período de vida de la estación;

- g) El sitio de aforo debe estar lo suficientemente aguas arriba de la confluencia con otro río o de los efectos de la marea, para evitar toda influencia variable que puedan ejercer sobre el nivel en el sitio de la estación;
- h) Se debe disponer de una longitud de tramo suficiente para medir el caudal a todos los niveles dentro de una razonable proximidad de la estación de aforo. No es necesario que las mediciones para aguas altas y bajas se efectúen en la misma sección transversal del río;
- i) El sitio debe ser fácilmente accesible para facilitar la instalación y el funcionamiento de la estación de aforo;
- j) El sitio debe disponer de instalaciones de telemetría o transmisión por satélite, si se requieren;
- k) La formación de hielo en el área no debe interrumpir el registro de los niveles y las mediciones del caudal.

Muy pocas veces se encontrara un sitio que satisfaga todos los criterios; por lo tanto, se deberá seleccionar el sitio que más convenga.

1.5.9 Frecuencia en la medición del caudal

Los factores que se deben tener en cuenta para determinar el número y la distribución de mediciones del caudal a lo largo del año, son:

- a) Estabilidad de la relación nivel-caudal;
- b) Características y variación del caudal estacional;
- c) Accesibilidad a la sección de aforo en las diferentes estaciones del año.

Es necesario efectuar muchas mediciones del caudal en una estación nueva para definir la relación nivel-caudal a través de todos los niveles de la escala. Se requieren pues mediciones periódicas para seguir los cambios en la relación nivel-caudal. Se recomienda un mínimo de 10 mediciones anuales del caudal como mínimo.

1.6 CÁLCULO DE CRECIENTES⁸

Significa dar un caudal máximo de proyecto y, si es posible o necesario, su hidrograma de creciente (distribución de caudales en el tiempo desde el inicio del aumento de la escorrentía superficial hasta el final de esta).

1.6.1 Período de retorno, T

Es el período de tiempo promedio, en años, en que un determinado evento (en este caso caudal), es igualado o superado por lo menos una vez.

1.6.2 Métodos de pronóstico de crecientes basados en datos de lluvia

Fórmula racional

$$Q = C * I * \frac{A}{3.6}$$

En donde Q es el caudal pico de escorrentía superficial debido a una lluvia total de intensidad media I, sobre la cuenca con área de drenaje A, y C es el coeficiente de escorrentía.

Hidrogramas

Se denomina hidrógrafa o hidrograma de caudal, la representación grafica de la variación del caudal en relación con el tiempo. El intervalo de tiempo puede variar de horas a años.

Hidrograma unitario del United States Soil Conservation Service, SCS

El hidrograma unitario sintético del SCS es el hidrograma unitario adimensional desarrollado por Víctor Mockus en 1950. Este hidrograma fue estudiado con base en el análisis de un gran número de hidrogramas unitarios naturales de un amplio

⁸ Hidrología en la Ingeniería; Germán Monsalve Sáenz

rango de tamaños de cuencas hidrográficas y sitios geográficos. Este método vino a ser reconocido como el hidrograma unitario sintético del SCS.

1.7 RECARGA Y ZONAS DE RECARGA.⁹

Para Benfelt (2000) citado por INAB (2005b), Recarga es el nombre que se le da al proceso que permite que el agua alimente un acuífero. Este proceso ocurre de manera natural cuando la lluvia se filtra hacia un acuífero a través del suelo o roca. El área o zona donde ocurre la recarga se llama *zona de recarga*.

La recarga es el proceso de incorporación de agua a un acuífero producido a partir de diversas fuentes: de la precipitación, de las aguas superficiales y por transferencia de otro acuífero o de un acuitardo. Los métodos para estimarla son de variada naturaleza entre los que se destacan los balances hidrológicos, el seguimiento de trazadores ambientales o artificiales (químicos e isotópicos), las mediciones directas en piezómetros, la cuantificación del flujo subterráneo y las formulas empíricas entre los más comunes. Los resultados son inseguros debido a la incertidumbre de los componentes considerados en las ecuaciones, la naturaleza empírica o semi-empírica de las formulas utilizados, la simplificación de las variables y de los procesos y errores en las mediciones de calibración (Carrica et ál 2004).

1.7.1 Factores que afectan la recarga hídrica.

La recarga hídrica depende del régimen de precipitación, de la escorrentía superficial, y del caudal de los ríos; así mismo varía o depende de acuerdo a la permeabilidad de los suelos, de su contenido de humedad, de la duración e

⁹ OSCAR DANILO MATUS SILVA (2007), Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa Nicaragua.

intensidad de la lluvia y del patrón de drenaje de la cuenca. También la pendiente de la superficie de la superficie constituye un factor importante, puesto que las muy inclinadas favorecen la escorrentía superficial y, si son menos fuertes, retienen por más tiempo el agua favoreciendo la infiltración (INAB 2003).

Los factores que afectan la recarga hídrica son:

- El clima. Dentro de este los factores que afectan la recarga hídrica son, la evapotranspiración, debido a las pérdidas de agua por la transpiración de las plantas y la evaporación del agua y la precipitación pluvial.
- El suelo. Debido a que suelos impermeables o compactos impiden o dificultan la infiltración o recarga hídrica, mientras que suelos permeables facilitan la recarga en los acuíferos. Las características del suelo que influye en la recarga son, la textura, la densidad aparente, grado de saturación del suelo (*contenido de humedad*) y la capacidad de infiltración.
- Topografía. Esta influye debido al tiempo de contacto que permite entre el agua con la superficie, pendientes fuertes favorecen la escorrentía superficial, disminuyendo el tiempo de contacto del agua con la superficie y reducen la infiltración del agua o recarga de los acuíferos.
- Estratigrafía geológica. Es muy importante estudiar la estratigrafía de la zona, es decir conocer la disposición de los diferentes materiales geológicos en los distintos estratos o capas del suelo hasta llegar a la zona saturada (*agua subterránea*), ya que estos pueden afectar grandemente la cantidad de recarga hídrica.
- Cobertura vegetal. Esta disminuye la escorrentía superficial, permitiendo mayor contacto del agua con la superficie y facilitando el proceso de infiltración del agua, por otro lado gran parte de la lluvia que cae es depositada en la cobertura vegetal como intersección; en

este factor es necesario considerar la profundidad radicular y la capacidad de retención vegetal.

- Esguerrimiento. El agua que cae proviene de las precipitaciones forma flujos superficiales, sub-superficial y subterráneos los cuales son captados por los cauces de los ríos.

1.7.2 Clasificación de las zonas de recarga hídrica.

De acuerdo con el movimiento del agua en el suelo, subsuelo y manto rocoso, las zonas de recarga hídrica se pueden clasificar en (Faustino 2006):

Zonas de recarga hídrica superficial: prácticamente es toda la cuenca hidrográfrica, excluyendo las zonas totalmente impermeables, esta es la que se humedece después de cada lluvia, originando escorrentía superficial, según las condiciones de drenaje (*relieve del suelo y su saturación*). La medición de este caudal se realiza en el cauce principal del río y se conoce como descarga superficial o caudal de escorrentía superficial.

Zonas de recarga hídrica sub superficial: es la que corresponde a las zonas de la cuenca con suelos con capacidad de retención de agua o almacenamiento superficial sobre una capa impermeable que permite que el flujo horizontal en el subsuelo se concentre aguas abajo en el sistema de drenaje. Es la ocurrencia de caudales en la red hídrica, aun cuando las lluvias hayan finalizado, también dependen de la cantidad de precipitación y el efecto “esponja” del suelo (*libera lentamente el agua en su movimiento horizontal*). Este caudal se mide igual que en el caso anterior y puede ocurrir después de las lluvias y en épocas secas, cuando el agua proveniente es de bosques.

Zonas de recarga hídrica subterránea: es la que corresponde a las zonas de la cuenca (*sitios planos o cóncavos, y rocas permeables*) en el cual el flujo vertical de la infiltración es significativa, esta es la que forma o alimenta los acuíferos. Un aspecto importante en esta zonificación es la conexión entre acuíferos y la recarga externa (*que viene de otra cuenca*). Para la evaluación se puede considerar dos

métodos: directo (*mediante sondeos, bombeos y prospección geofísica*), indirecto (*mediante el balance hidrogeológico*).

Zona de recarga hídrica subterránea: es la que corresponde a la zona de la cuenca que presentan fallas geológicas profundas o cuando en el balance hidrogeológico se identifica una pérdida por percolación profunda. Generalmente coincide con las zonas de recarga subterránea.

1.7.3 Identificación, evaluación y manejo de zonas de recarga hídrica.

Faustino (2006) señala que para desarrollar el proceso de delimitación de las zonas de recarga hídrica conjuntamente con productores a nivel comunitario se requieren los siguientes datos e información:

- Un mapa cartográfico con curvas de nivel que permitan diferenciar las zonas planas, zonas cóncavas, zonas cercanas a ríos principales y las zonas inclinadas, la red hídrica es fundamental, la fotografía aérea es muy útil en este aspecto.
- Un mapa de vegetación y uso de la tierra que permita delimitar sistemas productivos y de conservación (bosques naturales y áreas protegidas), también se puede utilizar la fotografía aérea.
- Un mapa de suelos que presente principalmente la profundidad y sus características (textura, velocidad de infiltración, porosidad y permeabilidad).
- Un mapa geológico, que represente los tipos de rocas, las fallas, grietas, representación de acuíferos regionales y una memoria descriptiva de las características de las rocas.
- Un mapa de ubicación de fuentes de agua (manantiales, pozos, reservorios, lagos y lagunas).

1.8 RECOLECCIÓN DE DATOS¹⁰

1.8.1 Selección del sitio

Luego que se ha establecido la ubicación general de sitios de recolección de datos en función de las necesidades operacionales y se han definido los tipos de instrumentos, se selecciona el mejor sitio dentro de una ubicación general. Las modificaciones que se hagan al sitio pueden ser necesarias para garantizar la calidad de los datos, por ejemplo, la estabilización y limpieza del lecho de un río.

Cuando un sitio ha sido seleccionando y los instrumentos han sido instalados, dos tipos de información serán recopilados: la descripción en detalle del sitio y su ubicación, así como los parámetros hidrológicos que se medirán.

Una vez establecido el sitio, la instalación debe funcionar y mantenerse según los objetivos previstos. En general, esto incluye la ejecución de un plan adecuado de inspección y mantenimiento para garantizar la continuidad y la fiabilidad de los datos, y la relación de mediciones de control y calibración periódicas para garantizar la exactitud requerida de los datos.

1.8.2 Identificación de los sitios de recolección de datos

Cada sitio permanente debería ser dotado de un código identificador único que contenga toda la información básica y otra información pertinente al sitio. Dichos identificadores son en general numéricos, pero también pueden ser alfanuméricos.

Con frecuencia, más de un servicio u órgano tiene estaciones de recolección de datos en una misma región o país. La aceptación por todas las partes de un sistema único de identificación de sitios facilitara el intercambio de información y la coordinación multipartidaria de las actividades de recolección de datos. La región elegida debería estar determinada por cuenca(s) de drenaje o zonas climáticas, y

¹⁰ ORGANIZACIÓN METEOROLOGICA MUNDIAL, Guía de Prácticas Hidrológicas. Quinta Edición (1994), CAPITULO 21- Recolección de Datos.

una parte del código de identificación del sitio debería reflejar su ubicación dentro de la región.

1.8.3 Frecuencia y programa de visitas a una estación

La frecuencia y el horario de muestreo, es decir las visitas al sitio deberían estar determinados por el uso anticipado de la información y deberían permitir la organización de las observaciones en el tiempo. Las visitas a la estación serán, por lo tanto, para la observación o la recolección de información y para el mantenimiento del sitio.

Cuando la variable de interés en el sitio cambia rápidamente, las visitas a las estaciones manuales tienen que ser más frecuentes si se quiere mantener un registro válido. En estas condiciones, se puede instalar un equipo de registro automático, si se tienen fondos y equipo técnico especializado. Esto se aplica particularmente a los datos sobre la precipitación y los niveles de agua, donde se deben realizar observaciones más frecuentes con fines hidrológicos durante tormentas o inundaciones, así como en las estaciones ubicadas en los ríos afectados por las mareas.

1.8.4 Observaciones en Estaciones manuales

Los observadores deberían estar equipados con cuadernos de terreno y/o planillas diarias de la estación en donde las observaciones puedan ser registradas en el mismo momento de ser efectuadas. Los formularios deben ser de forma que al observador pueda registrar las observaciones diaria, semanal, quincenal, o mensualmente, según proceda. El cuaderno de notas o el diario de la estación deben permanecer en poder del observador, en caso de que se pierda en la transmisión a un centro de proceso de datos.

Los formularios de informe deberían estar diseñados de manera que se puedan copiar con facilidad los resultados anotados en el cuaderno de terreno o el diario de la estación. Una buena solución es tener el formulario de informe idéntico a una página del cuaderno de terreno o al diario de la estación. Al menos, los

distintos elementos deberían estar en las mismas columnas o filas en ambos. Debería permitirse un espacio adicional en el diario y tal vez en el formulario de informe, para conversiones o correcciones que deban ser aplicadas a las lecturas originales.

1.9 EVAPOTRANSPIRACION¹¹

Evapotranspiración (en adelante, ET) es la consideración conjunta de dos procesos diferentes: La evaporación y la transpiración.

Evaporación

La evaporación es el fenómeno físico en el que el agua pasa de líquido a vapor, habría q añadir la sublimación – sólido a vapor – desde la nieve y el hielo.

Se produce evaporación desde:

- a) La superficie del suelo y la vegetación inmediata después de la precipitación.
- b) Desde las superficies de agua (ríos, lagos, embalses).
- c) Desde el suelo, agua infiltrada que se evapora desde la parte más superficial del suelo. puede tratarse de agua recién infiltrada o, en áreas de descarga, de agua que se acerca de nuevo a la superficie después de un largo recorrido en el subsuelo.

Transpiración

Es el fenómeno biológico por el que las plantas pierden agua a la atmósfera. Toman agua del suelo a través de sus raíces, toman una pequeña parte para su crecimiento y el resto lo transpiran.

Como son difíciles de medir por separado, y además en la mayor parte de los casos lo que interesa es la cantidad total de agua que se pierde a la atmosfera sea del modo que sea, se consideran conjuntamente bajo el concepto mixto de ET.

¹¹ F. Javier Sánchez San Román- Dpto. Geología Univ. Salamanca.

Evapotranspiración. (ET)

Es el conjunto de los fenómenos de evaporación y transpiración.

Evapotranspiración potencial (ETP)

Pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada, por evaporación y por transpiración de las plantas, que ocurriría en el caso que hubiera un adecuado abastecimiento de humedad de agua al suelo en todo momento.

Evapotranspiración real (ETR)

Pérdida de agua observada en la superficie líquida o sólida saturada, en las condiciones reinantes atmosféricas y de humedad del suelo, por fenómenos de evaporación y de transpiración de las plantas.

La unidad de medida es el mm. Si decimos que en un día de verano la ET puede ser 3 ó 4 mm, es fácil intuirlo al hablar de la evaporación desde un lago. A veces también se utiliza el m³.

Cálculo de evapotranspiración

Numerosas fórmulas nos permiten evaluar la ETP con una aproximación suficiente para muchos estudios hidrológicos. Normalmente con estas fórmulas se calcula la ETP mes a mes para datos medios de una serie de años. Después, con la ETP mensual y las precipitaciones mensuales, se realiza un balance mes a mes del agua en el suelo con lo que se obtiene la ETR, el déficit (=ETP-ETR) y los excedentes (agua que no puede ser retenida en el suelo y escapa a la escorrentía superficial o subterránea) para cada mes del año.

Algunas de estas formulas son:

	Medidas necesarias	Otros datos
Trorntwaite	temperatura	De la latitud por una tabla se obtiene el n° Teórico de horas de sol.
Jensen- Heise	Temperaturas (medias y max. Y min. Del mes más cálido), altitud, radiación solar.	Tablas de n° teórico de horas de sol. La radiación solar se puede estimar
Hargreaves	Temperatura Radiación solar	La radiación solar se puede estimar con temp. Máximas y mínimas diárias
Blanney-Criddle	Temperatura	Tablas de n° Teórico de horas de sol Coeficiente q depende del cultivo
Turc	Temperatura Horas reales de sol	De las horas de sol se obtiene la radiación global incidente (cal/cm ² .día) con una fórmula
Penman	Temperatura, Horas reales de sol Veloc. Viento, humedad relativa	Por Tablas se obtiene otros parámetros necesarios.

El cálculo de evapotranspiración se realizó de acuerdo a los datos obtenidos del INAMHI correspondientes a temperatura y radiación solar (apéndice 4: número máximo de horas de sol), para el efecto se utilizaron los métodos de HARGREAVES y TURC.

CAPITULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1 METODOLOGÍA

La presente investigación utilizará el **MÉTODO INDUCTIVO** debido a que partiremos de datos tomados en situ, a partir de los cuales se generará una información más ampliada de la misma, como son: análisis estadísticos de los mismo, en base a la cual se evaluará las niveles de caudal que contiene y pierde actualmente la laguna; así como también la creación de planos topográficos detallados georeferenciados de la laguna y de la zona de recarga.

2.2 TIPO DE ESTUDIO

La presente investigación es de tipo documental y de campo. En el primer caso porque en el inicio de la investigación se ha recurrido a la revisión de documentos (libros, revistas, memorias, anuarios, registros, mapas) para conocer y delimitar la zona de estudio. Y de campo porque se tomaron los datos directamente en las fuentes donde se presentan los problemas (laguna de Mapa Huiña).

2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población.- Corresponde a la comunidad de Mapahuiña perteneciente a la parroquia de Achupallas en el cantón Alausí de la Provincia de Chimborazo, específicamente el sector donde se encuentra la laguna de Mapahuiña.

Muestras.- Para la obtención de muestras será necesario identificar los afluentes que abastecen la laguna para su posterior medición.

2.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	Definición conceptual	Definición operacional Aspectos/dimensiones	Indicador	Ítems
Información topográfica y de afluentes de la zona de recarga de la laguna de Mapahuiña	<p>La topografía es la principal actividad al querer realizar obras de ingeniería civil debido a que necesitamos determinar la forma y las condiciones del terreno, así como sus características físicas, geomorfológicas, entre otras.</p> <p>La hidrología es un parámetro muy importante para determinar el balance que existe entre el agua que ingresa y el que sale en una cuenca ya sea con datos de los principales afluentes y los datos de precipitación así como su pérdida por evapotranspiración. Estos parámetros son los más importantes que se pueden determinar en un estudio hidrológico.</p>	Levantamiento topográfico detallado de la zona de recarga de la laguna.	Mapa topográfico de la zona de recarga	¿Qué resultado genera el estudio hidrológico de la zona de recarga de la laguna de Mapahuiña?
		Parámetros físicos de la cuenca de drenaje.	Características de la cuenca, relieve, escorrentía, tiempo de concentración, etc.	
		Estudio climático	Determinación del clima predominante en la zona de estudio	
		Estudio de pluviometría	Determinación de los mapas de isoyetas, para conocer la lluvia característica de la zona	
		Generación de caudales que abastecen a la laguna	Determinación del caudal entrante en la laguna y su variación en el tiempo de estudio	
		Análisis de caudales máximos de crecida	Determinación del caudal de diseño y su comparación con otro método.	
		Análisis de evapotranspiración	Determinación del volumen de agua perdida por evapotranspiración.	
Volumen de agua retenida en laguna	Es la cantidad total del recurso hídrico retenido naturalmente en la laguna.	Aforos de variaciones de niveles del espejo de agua de la Laguna de Mapahuiña	Determinación de varios niveles de espejo de agua durante varias estaciones climáticas	¿La disminución de niveles hídricos tiene relación con el balance hídrico?

2.5 PROCEDIMIENTOS

Para la ejecución de la presente investigación se procedió a realizar:

- La revisión bibliográfica de los mapas geográficos proporcionados por el proyecto Propuesta Técnica de la Universidad Nacional de Chimborazo y georeferenciados con los mapas zonales del IGM (Instituto Geográfico Militar), además investigar metodologías y experiencias relacionadas las delimitaciones de zonas de recarga hídrica, cálculo de caudales de los afluentes, aporte de caudal por lluvia y batimetrías.
- Visita previa a la zona de estudio a fin de definir características relevantes.

FIGURA No. 6: Zona de estudio, laguna de Mapahuiña



Fuente: Autores

- Capacitación para el manejo del equipo topográfico SOKKIA GRX1.

FIGURA No. 7: Capacitación del equipo SOKKIA GRX1



Fuente: Autores

- Trabajos de campo dentro de los cuales se realizaron: georeferenciación de las zonas de estudio y levantamiento topográfico detallado de la laguna y de la zona de recarga. Además de medición del caudal que abastece a la laguna así como la variación de nivel en el espejo de agua de la misma. La medición topográfica y la del nivel de agua que varía en la laguna se efectuará mediante un GPS doble frecuencia (SOKKIA GRX1) previamente calibrado, georeferenciado con un punto trasladado de un hito del IGM (Instituto Geográfico Militar) ubicado en la ciudad de Riobamba en el hospital general docente. (Ver Anexo 2. Monografía de punto de control Geodésico).

El equipo topográfico de medición GRX1 estará ubicado en un punto base trasladado desde el hito antes mencionado sobre un mojón de hormigón colocado en un lugar alto donde se pueda visualizar la mayor parte de la zona de estudio. El equipo GRX1 no deberá estar expuesto a precipitaciones demasiado fuerte aunque el equipo es hermético este se puede dañar si ingresa agua en su interior ya que es un equipo electrónico, y en caso de existir vientos fuertes, se deberá vigilar que este no se mueva ya que afectaría la nivelación inicial que se realiza antes de comenzar el levantamiento topográfico.

Medición de la cota del espejo de agua y del contorno de la laguna, la misma que con la ayuda de un bote se realizara una batimetría con la ayuda del GPS doble frecuencia estacionario para determinar las coordenadas (X, Y) y de un peso muerto con una cuerda para determinar la cota en la profundidad (Z) para determinar el caudal que contiene la laguna.

Aforamiento periódico de caudales de los afluentes que abastecen la recarga de la laguna para obtener una información in situ de recarga y el nivel de variación de agua contenida en la laguna.

- Realización de planos topográficos detallados de la zona de recarga así como de la laguna, el volumen contenido actualmente en la misma, con la información recopilada bibliográficamente y en campo, utilizando para la elaboración de éstos planos la ayuda del programas ArcGis, versión 2010, del cual cuenta el proyecto con la licencia respectiva.
- En el presente estudio se ha previsto analizar e interpretar los principales fenómenos meteorológicos e hidrológicos de la zona de captación de la laguna y las características climatológicas de la zona de estudio.
- Con toda la información recopilada se realizara un estudio hidrológico de la zona de recarga de la laguna de Mapahuiña para determinar lo que sucede hidrológicamente en la zona de estudio y que esta información sirva para una propuesta de modelo de recarga del proyecto PROPUESTA TECNICA DE MANEJO SE SUBCUENCAS HÍDRICAS de la Universidad Nacional de Chimborazo.

2.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Los datos obtenidos nos servirán para:

- Determinar lo que está pasando con este importante recurso hídrico porque si se está perdiendo o están bajando los niveles de agua que abastece a la

laguna de Mapahuiña la misma que abastece principalmente a la comunidad de Mapahuiña.

- En base de los datos anteriores se podrá elaborar una propuesta de modelo de recarga hídrica para la conservación de esta laguna.

En base de lo anterior se realizará el análisis de tipo estadístico de datos, gráficos y porcentajes, lo cual nos permite la elaboración de las conclusiones y recomendaciones respectivas.

Línea base.- A través de la recolección de información obtenida en estudios, revistas, publicaciones, internet y de múltiples salidas al sector se levanta información inicial para el presente estudio de investigación.

Levantamiento Topográfico.- Con mapas topográficos del lugar y las distintas salidas al lugar se delimita la zona de recarga para luego determinar el levantamiento topográfico detallado, además se realizó el levantamiento batimétrico de la laguna para determinar el volumen que puede contener la misma.

Niveles del espejo de agua.- Con las múltiples salidas al lugar en distintos meses se tomo lecturas del nivel de agua en la laguna, con el propósito de determinar el volumen de agua retenida, y los niveles máximos y mínimos de crecida durante el tiempo en que se tomaron los datos.

Estudio hidrológico de la zona de recarga.- Con los datos obtenidos de los anuarios meteorológicos e hidrológicos proporcionados por el INAMHI, procedemos a realizar el análisis del clima, la precipitación, la evapotranspiración y los caudales que abastecen la zona antes nombrada, analizamos los caudales máximos de crecida y lo que está sucediendo actualmente en este importante recurso hídrico, y como aprovechar la misma.

Interpretación de resultados.- Realizando los estudios antes mencionados se tabuló y analizó los resultados obtenidos para dar conclusiones y recomendaciones acerca de la disminución de los niveles hídricos de la laguna.

CAPITULO III

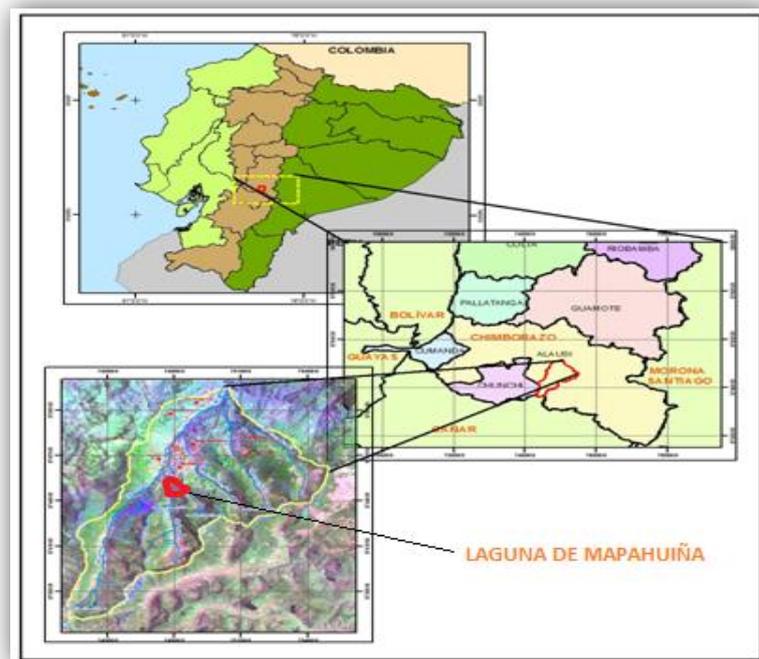
RESULTADOS

3.1 LÍNEA DE BASE

3.1.1 Ubicación y localización del proyecto

La laguna de Mapahuiña se encuentra dentro de la Micro-cuenca del río Chuquirá, el mismo que es el afluente principal de la zona de recarga de la laguna, esta se encuentra ubicada en la comunidad de Mapahuiña, parroquia Achupallas, cantón Alausí, de la Provincia de Chimborazo.

FIGURA No. 8: Ubicación de la laguna de Mapahuiña



Elaborado: Autores

Fuente: Proyecto PROPUESTA TECNICA DE MANEJO DE SUBCUENCAS HIDRICAS DE LA Universidad Nacional de Chimborazo.

Geográficamente se encuentra ubicado en la zona 17 S, elipsoide WGS-84, proyección UTM.

CUADRO No. 1: Coordenadas punto base de la zona de recarga de la laguna de Mapahuiña

COORDENADAS EN PROYECCION UTM	
NORTE	ESTE
9743784.341	747835.394

Fuente: Autores

La laguna de Mapahuiña se encuentra en el interior de La Micro-cuenca del río Chuquirá a una altura de 3880 msnm, el área de la zona de recarga es de 9.48 km² que comprende la laguna y los taludes a su alrededor donde se capta el agua de forma natural, el río principal de La Micro-cuenca es el río Chuquirá el cual es el afluente principal de la laguna, posee una longitud total de 4.04 km desde su nacimiento hasta desembocar en la laguna, este caudal abastece con un caudal medio anual de 82 lt/s, la laguna tiene un área aproximada de 53163 m².

FIGURA No. 9: Laguna de Mapahuiña



**Fuente: Propuesta de plan de manejo para la Micro-cuenca del río Manzano
Por: Lizbeth Jiménez y Diana Fierro**

Dentro de los límites de La mico-cuenca habitan 8 comunidades indígenas:

Al norte limita con las comunidades de: San Francisco, Azuay, Achupallas, Zaglay, Bactinag y San Antonio.

Al Sur Limita con: el cerro Paila, y el cerro Chuquirá.

Al Este Limita con: el cerro Lloroquingui, y la laguna Yuyo Apana.

Al Oeste Limita con: Mapahuiña.

La población de Azuay, Zaglay y Achupallas aguas abajo se abastecen del agua proveniente de La Micro-cuenca del río Chuquirá (laguna de Mapahuiña), debido a lo cual esta se convierte en una fuente natural de gran importancia para el desarrollo dentro del campo agrícola y de vital importancia para dichas comunidades.

3.1.2 Asentamientos humanos

La población de la parroquia Achupallas tiene un total de 12861 habitantes y una superficie de 1012 km², según datos del INEC del Censo del 2010, esta parroquia comprende de tres zonas: Zona Alta, Media y Baja; el sector donde se ubica el estudio se encuentra en la Zona Baja.

CUADRO No. 2: Zona alta de Asentamientos Humanos

N°	ASENTAMIENTO HUMANO	POBLACIÓN	ZONAS	SUPERFICIE (m2)
1	Pomacocho	381	ZONA ALTA	12.639,94
2	Guangras	722		31.149,37
3	Totoras	2434		6.035,86
4	Chiniguayco	336		3.614,71
5	Ozogoche Bajo	326		1.620,91
6	Juval	566		8.276,49
7	San José de Lilla	164		1.033,26
8	Santa Rosa Chicho	663		5.138,65
9	Ozogoche Alto	229		7.406,77
10	Dolorosa	242		3.529,91
TOTAL		6063		80.445,86

Fuente: INEC: censo del 2010

CUADRO No. 3: Zona media de Asentamientos Humanos

N°	ASENTAMIENTO HUMANO	POBLACIÓN	ZONA	SUPERFICIE (m2)
1	Cobshe Alto	466	ZONA MEDIA	1.392,78
2	Chipcha	282		720,30
3	Guaylla Chico	213		957,75
4	Cobshe Bajo	222		574,19
5	Guaylla Grande	332		1.391,83
TOTAL		1515		5.036,84

Fuente: INEC: censo del 2010

CUADRO No. 4: Zona baja de Asentamientos Humanos

N°	ASENTAMIENTO HUMANO	POBLACIÓN	ZONAS	SUPERFICIE (m2)
1	San Antonio	221	ZONA BAJA	450,45
2	Mapaguiña	181		136,13
3	Shagllay	332		703,37
4	Pallaguchi Huanca	876		7.913,03
5	Shumid	1184		1.690,16
6	Bactinag	309		218,31
7	San Francisco	377		729,66
8	Cabecera Parroquial	696		92,91
9	Azuay	1107		3.796,30
TOTAL		5283		15.730,32

Fuente: INEC: censo del 2010

CUADRO No. 5: Total población y superficie

N°	ZONAS	POBLACIÓN	SUPERFICIE
1	ALTA	6.063	80.445,86
2	MEDIA	1.515	5.036,84
3	BAJA	5.283	15.730,32
TOTAL POBLACIÓN		12.861	101.213,01

Fuente: INEC: censo del 2010

3.1.3 Fuentes de ingresos familiares

En totalidad en la parroquia de Achupallas, la Población Económicamente activa entre hombres y mujeres es 7082 de los cuales 1922 se dedican a la actividad agrícola, 1416 a la actividad pecuaria, 1113 a la actividad de construcción, 1113 a la actividad comercial, 1214 a la actividad artesanal, 203 al sector publico y 101 habitantes en la actividad privada, esto como resultado se podría indicar que esta población de las comunidades es la que trabaja para el sustento familiar, y se puede visualizar que la mayor que la mayor parte de la población se dedican a la actividad agrícola, por lo que es necesario impulsar el desarrollo productivo en la parroquia de Achupallas con el fin de buscar calidad de vida de sus habitantes.

CUADRO No. 6: Actividades económicas de los pobladores de Achupallas

COMUNIDAD	POBLACION	Actividad agrícola	Actividad pecuaria	Actividades de construcción	Actividades relacionadas con el comercio	Actividades artesanales	Empleados en el sector público	Empleados en el sector privado	Total de la población económicamente activa
San Antonio	122	33	24	19	19	21	3	2	122
Mapaguiña	88	24	18	14	14	15	3	1	88
Shagllay	169	46	34	27	27	29	5	2	169
Pallaguchi Huanca	458	124	92	72	72	79	13	7	458
Shumid	671	182	134	105	105	115	19	10	671
Dolorosa	126	34	25	20	20	22	4	2	126
Cobshe Bajo	127	34	25	20	20	22	4	2	127
Guaylla Chico	129	35	26	20	20	22	4	2	129
Ozogoche Alto	116	31	23	18	18	20	3	2	116
Bactinag	166	45	33	26	26	28	5	2	166
San Francisco	187	51	37	29	29	32	5	3	187
Santa Rosa de Chicho	374	102	75	59	59	64	11	5	374
Cobshe Alto	292	79	58	46	46	50	8	4	292
San José de Uilla	76	21	15	12	12	13	2	1	76
Chipcha	143	39	29	22	22	25	4	2	143
Chiniguayco	177	48	35	28	28	30	5	3	177
Ozogoche Bajo	171	46	34	27	27	29	5	2	171
Juval	270	73	54	42	42	46	8	4	270
Guaylla Grande	181	49	36	28	28	31	5	3	181
Azuay	621	169	124	98	98	106	18	9	621
Guangras	381	103	76	60	60	65	11	5	381
Totoras	1455	395	291	229	229	249	42	21	1455
Cabecera Parroquial Achupallas	379	103	76	60	60	65	11	5	379
Pomacocho	203	55	41	32	32	35	6	3	203
TOTAL	7082	1922	1416	1113	1113	1214	203	101	7082

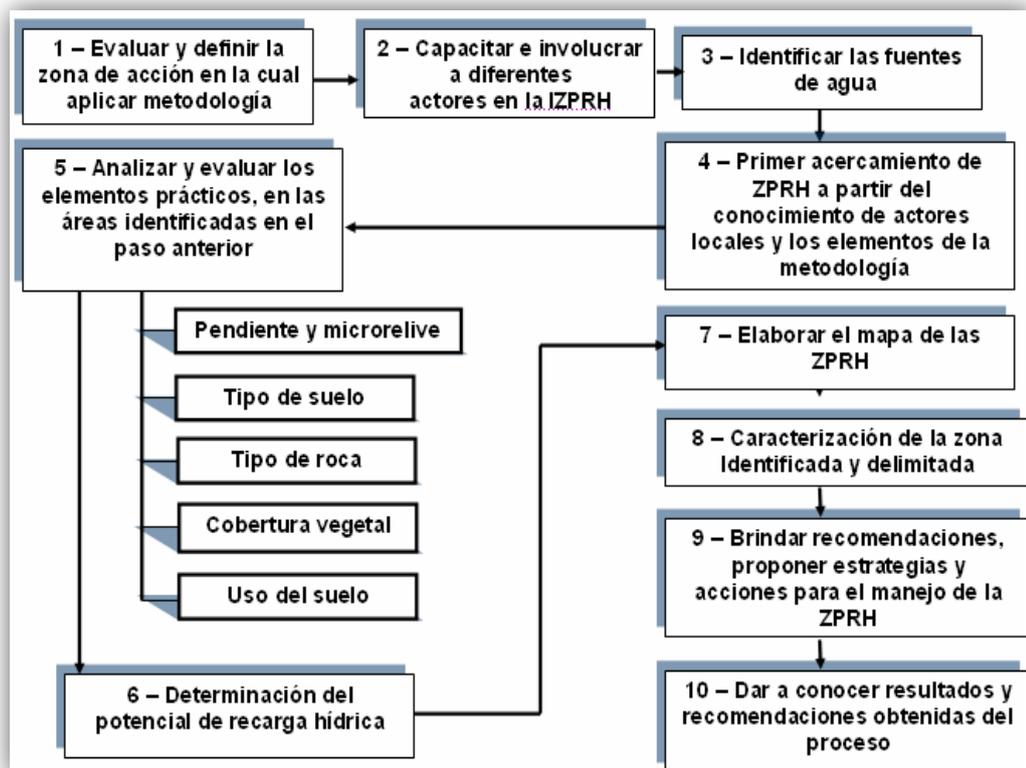
Fuente: Encuesta pedagógica en las instituciones de educación

Elaborado por: Equipo técnico del Gobierno Parroquial de Achupallas

3.1.4 Identificación de la zona de recarga de la laguna de Mapahuña.

Pasos a seguir en la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica consta de 10. (Ver Figura 10).

FIGURA No. 10: Flujo grama de los pasos para identificar las potenciales zonas de recarga hídrica.



Fuente: Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en sub cuencas hidrográficas, aplicada a la sub cuenca del río Jucuapa, Matagalpa Nicaragua.

ESTUDIO CLIMATOLÓGICO E HIDROLÓGICO DE LA ZONA DE RECARGA DE LA LAGUNA DE MAPAHUIÑA.

3.2 Metodología Empleada

La metodología de este estudio se basa fundamentalmente en la analogía hidráulica, es decir, en la generación de datos climáticos e hidrológicos por similitud hidrológica con la información de estaciones hidrometeorológicas de cuencas vecinas, afines a la del estudio en: clima, orientación, forma, altitud, etc.

Esta metodología responde a la necesidad de caracterizar el clima y generar caudales en una cuenca que no dispone de estaciones meteorológicas e hidrométricas de ningún orden.

Inicialmente, se recopiló la siguiente información necesaria para el desarrollo de los diferentes tópicos del estudio:

- Información cartográfica IGM, en escala 1:50.000, para el mapeo y definición del área de aporte a los sitios de captación.
- Información hidrometeorológica necesaria para caracterizar el régimen hidroclimático de la zona, analizar las intensidades de lluvia, cuantificar los volúmenes de escurrimiento y establecer los valores de caudales de diseño que recarguen la laguna.
- Información relativa al complejo suelo-cobertura vegetal, útil para cálculos hidrológicos indirectos, datos provenientes de las cartas temáticas elaboradas por el proyecto PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO PARA LA MICROCUENCA DEL RIO MANZANO de la Universidad Nacional de Chimborazo.
- Campaña de aforos líquidos, toma de muestras de material de fondo para análisis granulométrico y toma de muestras de agua para análisis de calidad de agua con fines de riego.

Concluida esta fase, se procedió a realizar los diferentes cálculos matemáticos, actividades que se concentraron en los siguientes aspectos:

- Fundamentándose en la información cartográfica del IGM y el levantamiento topográfico detallado de la zona de recarga realizada en campo se ubicó el sitio de recarga de la micro cuenca del río Chuquirá y de sus afluentes; luego se calculó el área de aporte con sus correspondientes parámetros físicos y morfológicos.
- La precipitación, factor determinante del régimen hidrológico, la temperatura y otros parámetros meteorológicos para la zona se analizaron a nivel de valores medios mensuales.
- Para la generación de escurrimientos o caudales a nivel mensual, se utilizó el método de transportación de caudales mensuales de una estación base a otra cuenca de similares características morfométricas e hidrográficas.
- Los caudales así calculados, fueron valorados mediante campaña de aforos realizados en los sitios de captación proyectados.
- La determinación de los caudales máximos de crecida, se basó en la utilización del método Racional, y el hidrograma Adimensional SCS.

3.3 Información Básica

3.3.1 Cartografía

Para cumplir con los objetivos del estudio, la base fundamental cartográfica lo constituyen las cartas Básicas Nacionales del IGM; Alausí (Hoja GT-ÑV-A3) y Juncal (Hoja CT- ÑV-C1) a escala 1:50 000, que abarca a la zona de recarga de la laguna de Mapahuiña.

3.4 Parámetros Básicos de Diseño con la ayuda del programa ArcGis.

3.4.1 Características físicas de la cuenca de drenaje

Las características físicas de la micro cuenca del río Chuquirá, se determinaron a partir del plano topográfico detallado de la zona de recarga hídrica a una escala 1:15 000, para lo cual se delimitó y graficó la cuenca a portante hasta la cota 4380 msnm. Con la ayuda del programa topográfico y cartográfico ArcGis.

En el Plano Topográfico “PROYECTO ZONA DE RECARGA”, se presenta la Micro-cuenca del río Chuquirá, de la cual se ha obtenido los principales datos físicos- hidráulicos.

En el Cuadro No.7. Se resume los principales parámetros físicos de La micro-cuenca en estudio.

FIGURA No. 10: Micro Cuenca del Río Chuquirá



Fuente: Autores

CUADRO No 7: Parámetros físicos de La Micro-cuenca del Río Chuquirá

Unidad Hidrográfica	A Km ²	P Km	L Km	Hmax msnm	Hmin msnm	Hmedia msnm	Ht m	Sc m/m	Pm %	Tc	
										horas	min
Micro cuenca río Chuquirá	9,476	12,613	4,04	4,380	3,880	4,130	500	0,124	90,28	1,03	61,63

Elaborado: Autores

A= área de la cuenca, en km²

P= Perímetro de la cuenca, en km

L= longitud del cauce principal, en km

Hmax= altitud máxima de la cuenca hidrográfica, sobre el río más largo, en m

Hmin= altitud mínima de la cuenca hidrográfica, en m

Ht= desnivel del cauce principal, en m

Sc= pendiente media del cauce principal, en m/m

Pm= pendiente media de la cuenca, en %

Tc= tiempo de concentración, en horas y minutos

TABLA No. 1: Tamaño relativo de los sistemas hidrológicos.

Unidad Hidrológica	Área (Km ²)	# de Orden
Micro Cuenca	10-100	1,2,3
Sub Cuenca	101-700	4,5
Cuenca	Más de 700	6 a mas

Fuente: HIDRORED, 2004

Por lo tanto nuestra cuenca en estudio del Río Chuquirá es una cuenca pequeña o Micro-cuenca.

3.5 Parámetros geométricos de la cuenca de drenaje

En una cuenca hidrográfica, a más de estudiar los diferentes componentes del ciclo hidrológico, es necesario también analizar sus factores condicionantes esenciales como son el clima y el medio físico y determinarlos en forma cualitativa y cuantitativa. Para que los resultados obtenidos sean comparables es necesario que la cuantificación sea homogénea, para el efecto se han utilizado métodos precisos y definidos.

La Micro-cuenca de drenaje considerada en el estudio pertenece al río Manzano, el mismo que aguas abajo sirve para riego en los terrenos de la comunidad de Mapahuiña, el río Chuquirá el cual nace en la parte alta de la zona de recarga en estudio para luego convertirse en el río Manzano (Ver Mapa Base).

A continuación se anotan las características geométricas de la cuenca en estudio, cuyos datos servirán para el cálculo de los diferentes parámetros estudiados.

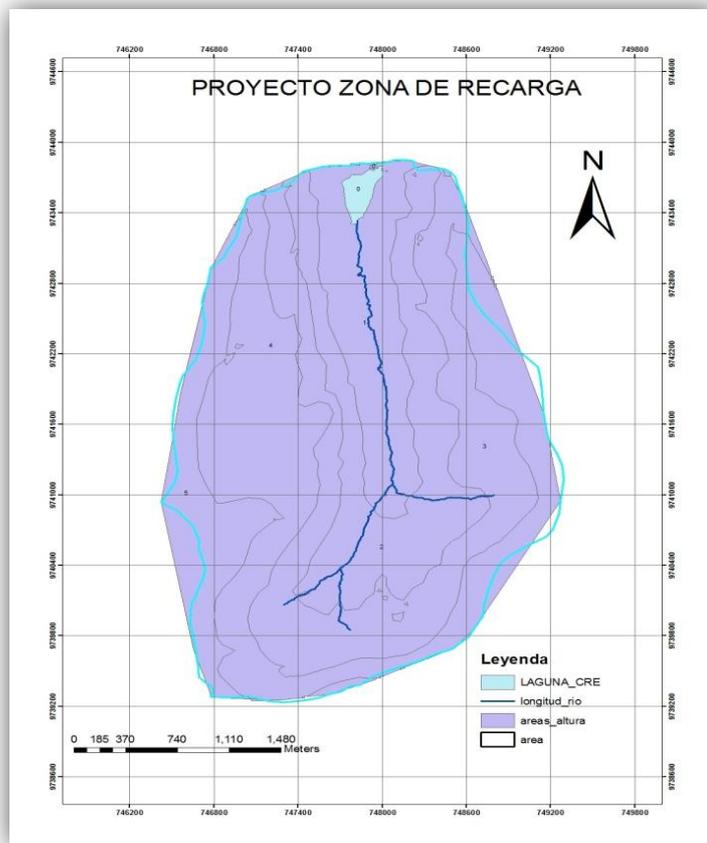
3.5.1 Elevación media de la cuenca

La mayor parte de los fenómenos meteorológicos e hidrológicos tienen una relación directa con la altitud; debemos notar que el parámetro de la elevación

media nos da una idea de la climatología y de la ecología de una zona determinada.

En la zona de estudio se determino la elevación media de la cuenca de drenaje (E) mediante el criterio de la media ponderada de las áreas planimetradas entre dos curvas de nivel sucesivas, cada 100 m, a partir de la cota 3880 msnm sitio donde descarga el rio en la laguna hasta la altura máxima de la cuenca 4380 msnm.

FIGURA No. 12: Curvas de nivel generadas a cada 100m en ArcGis.



Elaborado: Autores

CUADRO No. 8: Elevación media de la cuenca

ELEVACION (msnm)			AREA (km2)		%
Inicio	Final	Media	Parcial	Acumulada	
3880	3980	3930	1,521	1,521	16,0510764

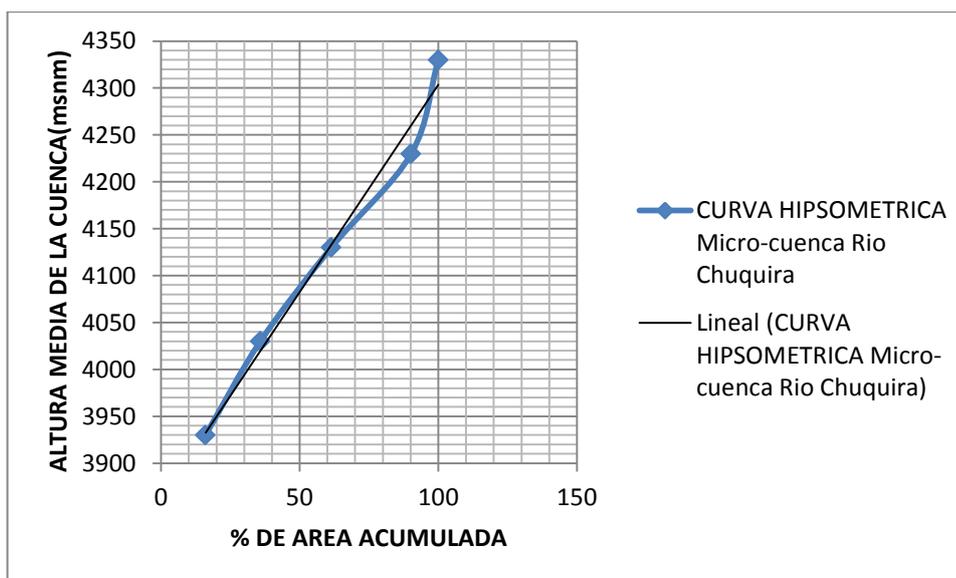
3980	4080	4030	1,875	3,396	35,8379063
4080	4180	4130	2,425	5,821	61,4288729
4180	4280	4230	2,729	8,55	90,2279443
4280	4380	4330	0,926	9,476	100

Elaborado: Autores

Los resultados se presentan en el grafico siguiente, que indica las elevaciones contra el porcentaje del área por encima del límite inferior, que recibe el nombre de curva hipsométrica.

La elevación media E, será aquella que corresponda al valor de 50% del área de drenaje acumulada (9,476 km²).

GRAFICO No. 1: Curva Hipsométrica micro cuenca Rio Chuquira



Elaborado: Autores

Micro cuenca del río Chuquira: E= 4080 msnm.

3.5.2 Índices Representativos

Por la importancia de la configuración de las cuencas, varios autores han tratado de cuantificar la forma de una cuenca por medio de coeficientes o de índices, los

cuales relacionen el movimiento del agua y las respuestas de la cuenca a tal movimiento; además, ofrece la posibilidad de comparar las cuencas por su tamaño, localización, orientación y características geológicas similares.

Difícilmente, se puede expresar la forma de una cuenca por medio de algún índice; por ello se han propuesto varios coeficientes que demuestren en gran parte la organización del drenaje dentro de la cuenca y otros factores que afectan la hidrología de una corriente.

Entre los coeficientes sugeridos tenemos:

a) Factor de forma (Ff)

Es propuesto por Gravelius y expresa la razón entre el ancho promedio y la longitud axial de la cuenca; para obtener el ancho promedio de la cuenca relacionamos el área para la longitud axial de la cuenca, siendo esta última la longitud existente entre el sitio de captación y el punto más alejado de la cuenca.

El factor de forma permite tener una apreciación somera de la tendencia de las crecidas ya que, una cuenca con un factor de forma bajo es menos propensa a la presencia uniforme de una lluvia intensa sobre toda la cuenca, que una de similar área pero con un factor de forma alto (una cuenca de forma circular tendría un factor de forma $Ff=1$).

Para la Micro-cuenca del Río Chuquirá (cota 3880 msnm), se tiene:

$$Ff = \frac{A}{La^2}$$

$A= 9,476 \text{ km}^2$, área de la Micro-cuenca

$La= 4,04 \text{ km}$, longitud axial de la cuenca

Micro-cuenca Río Chuquirá: $Ff= 0,58$

Corresponde a una cuenca más propensa a la formación de crecidas.

b) Índice de compacidad (Kc)

El coeficiente o índice de compacidad de Gravelius es aquel que relaciona el perímetro de una cuenca (P) con el perímetro de un círculo de área (Ac), igual al área de la cuenca de drenaje (A); así:

$$Kc = 0,282095 \frac{P}{A^{0,5}}$$

El coeficiente de compacidad está relacionado estrechamente con el tiempo de concentración; así, a medida que el coeficiente Kc tiende a la unidad (cuenca redonda), aumenta la tendencia a las crecidas ya que las distancias relativas de los puntos de las divisorias de las cuencas con respecto a otro central, no presentan diferencias mayores; y, cuando el tiempo de concentración es menor; por lo tanto, es mayor la probabilidad de que las ondas de la crecida sean continuas.

Para la Micro-cuenca del Río Chuquira (cota 3880 msnm):

P= 12,613 km, perímetro de la Micro-cuenca.

A= 9,476 km², área de la Micro-cuenca.

Micro-cuenca Río Chuquira: $Kc= 1,16$

TABLA No. 2: Forma de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad de Gravelius

Clases de forma de las cuencas	Índice de compacidad Kc	Tendencia de las crecidas
De casi redonda a oval redonda	1,00 a 1,25	Alta
De oval redonda a oval oblonga	1,26 a 1,50	Media
De oval oblonga a rectangular oblonga	1,51 a 1,75	Baja

Del cuadro anterior, se desprende que la Micro-cuenca del Río Chuquirá corresponde a una cuenca de casi redonda a oval redonda, con una tendencia alta a las crecidas.

3.6 Parámetros de relieve de la cuenca

3.6.1 Pendiente media del río (Sc)

La pendiente media de la corriente o grado de inclinación viene dada por la expresión:

$$Sc = \frac{Hmax - Hmin}{L}$$

Hmax= 4380 msnm, cota de nacimiento del río

Hmin= 3880 msnm, cota sitio de captación

L= 4,04 km, longitud del cauce principal

Con los datos obtenidos del plano general se obtiene que:

Micro-cuenca Río Chuquirá: Sc= 0.124 m/m= 12.38%

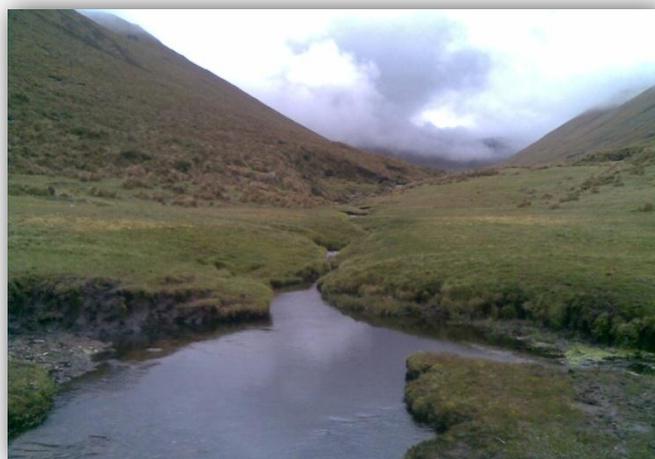
Según la tabla siguiente, podemos concluir que el terreno por donde atraviesa el Río Chuquirá corresponde a un relieve Accidentado.

TABLA No. 3: Tipo de relieve en función de su pendiente media del río

Sc (%)	TIPO DE RELIEVE
2	Llano
5	Suave
10	Accidentado Medio
15	Accidentado

25	Fuertemente Accidentado
>50	Muy Escarpado

FIGURA No. 13: Río Chuquirá, principal afluente de la laguna de Mapahuiña



Fuente: Autores

3.6.2 Pendiente Media de la cuenca (Pm)

Es evidente que tanto el caudal máximo (crecidas) como el proceso de degradación difuso y concentrado, están relacionados directamente por la configuración topográfica de la cuenca, ya que al aumentar la pendiente aumenta también la velocidad del agua y con ella su capacidad de erosión así como también la cantidad y el tamaño de los arrastres.

La pendiente media de una cuenca se determina con la expresión:

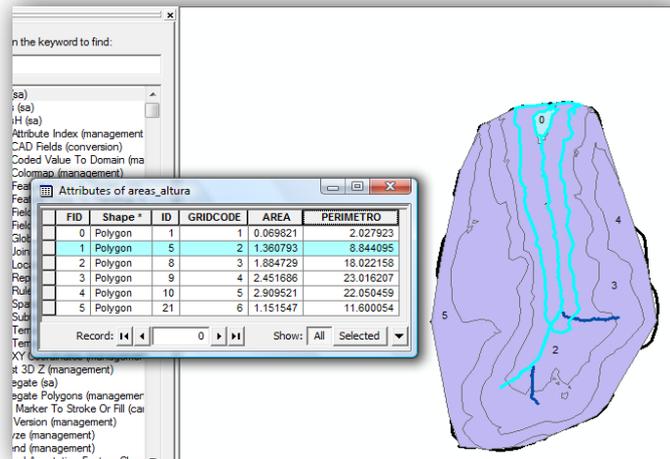
$$Pm = \frac{D * \sum LCN}{A}$$

D= 0,10 km, diferencia de altura entre dos curvas de nivel

$A = 9,476 \text{ km}^2$, área de la cuenca

$\sum \text{LCN} = 85,55 \text{ km}$, longitud total de las curvas de nivel

FIGURA No. 14: Cálculo del perímetro de las curvas de nivel de la zona de recarga.



Elaborado: Autores

Con la ayuda del ArcGis generamos curvas de nivel a cada 100m, y determinamos la longitud total de las curvas de nivel (85,55km).

Micro cuenca del río Manzano: $P_m = 90,28 \%$

Este valor representa que la cuenca tiene una pendiente fuerte, característico ya que se trata de los inicios de la misma.

FIGURA No. 15: Inicios de la Micro-cuenca del Río Chuquirá



Fuente: Autores

3.6.3 Declividad media de la cuenca (Dm)

Es prácticamente similar al concepto de la pendiente media, aunque su forma de cálculo es algo diferente:

$$Dm = E * \frac{\sum LCN}{A}$$

$$E = \frac{Hmax - Hmin}{1000(n + 1)}$$

$\sum LCN = 85,55$ km, longitud total de las curvas de nivel

$n = 6$, numero de curvas de nivel

$Hmax$ y $Hmin = 4380$ y 3880 msnm, cotas máxima y mínima

$A = 9,476$ km², área de la Micro-cuenca

Micro-cuenca del Río Chuquira: **Dm = 64,49 %**

Corresponde a un “relieve escarpado”, según la tabla que a continuación se indica:

TABLA No. 4: Clasificación de las Cuencas de acuerdo a la pendiente promedio de laderas

Dm (%)	TIPO DE RELIEVE
0-3	Plano p1
3-7	Semiplano p2
7-12	Mediano p3
12-20	Accidentado p4
20-35	Fuerte p5
35-50	Muy fuerte p6
50-75	Escarpado p7
>75	Muy escarpado p8

FIGURA No. 16: Relieve Escarpado de la zona de recarga de la laguna



Fuente: Autores

3.7 Características morfométricas de la Micro-cuenca de drenaje

Los parámetros morfométricos son abundantes y muchas veces no son independientes. Para limitar el número de ellos, es necesario escoger los más importantes y representativos; de todos ellos los más corrientemente utilizados son:

3.7.1 Densidad de drenaje (Dd)

Por la densidad de drenaje se entiende la mayor o menor facilidad que presenta una cuenca hidrográfica para evacuar las aguas de las precipitaciones que quedan sobre la superficie una vez que se ha logrado su saturación; una vez saturado el suelo y si la lluvia continua el agua que se almacena sobre la superficie llega a un momento dado en que esta comienza a escurrir hacia el cauce natural, produciéndose así el drenaje de la cuenca.

La densidad de drenaje está íntimamente relacionada con las precipitaciones, la pendiente del suelo y, fundamentalmente, con la dureza de las capas superficiales (geología). El sistema de drenaje que se forma en un suelo se debe a la relación entre infiltración y el escurrimiento, que caracteriza a dicho material. Las variables como son: tipo y densidad de vegetación, humedad del suelo, composición química de las capas y otros aspectos físico-químicos, ejercen una acción secundaria.

A efectos de analizar mejor la densidad de drenaje, podemos asociar este valor calculado con las pendientes o relieve del suelo, y tendríamos:

- Valores pequeños de (Dd), indican menor escurrimiento y por lo tanto menor erosión.
- Terrenos con relieve muy accidentado o fuerte, lo cual indica valores altos de (Dd), se traducen en una alta torrencialidad, caudales mínimos y posibles escurrimientos efímeros e intermitentes.

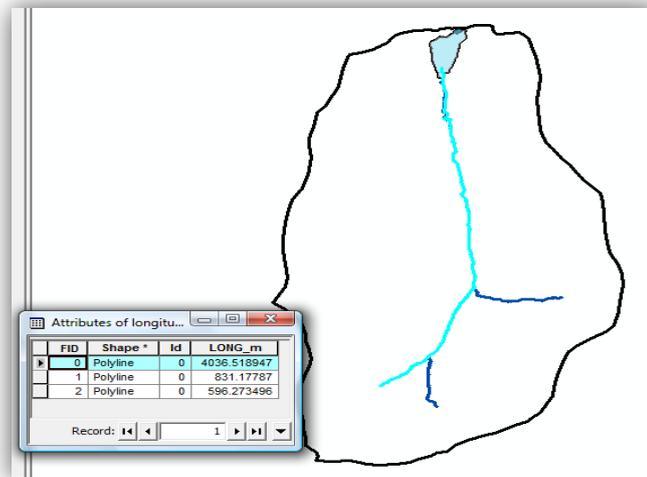
En condiciones de pendiente reducida, los valores altos de (Dd) indican un buen drenaje de las capas de agua freática, estabilidad de caudales y buena alimentación subterránea en períodos de estiaje. Por definición de (Dd) está dada por la ecuación:

$$Dd = \frac{\sum Lx}{A}$$

Lx= 5,46 km, longitud total acumulada de los cursos de agua de orden

A= 9,476 km², área de drenaje de la Micro-cuenca

FIGURA No. 17: Cálculo de la longitud total de cursos de agua de orden



Elaborado: Autores

Con la ayuda del ArcGis calculamos la longitud de cada derivación del río principal de nuestra Micro-cuenca y sumamos las mismas para obtener la longitud acumulada (5,46Km).

Micro-cuenca del Río Chuquirá: **Dd= 0,58 km/km²**

Que corresponde a “regularmente drenada”, según la tabla siguiente:

TABLA No. 5: Características de la cuenca

Dd (km/km ²)	Características de la cuenca
0,1-1,0	Regularmente drenada
1,0-1,5	Normalmente drenada
>1.5	Bien drenada

3.7.2 Coeficiente de torrencialidad (Ct)

Este coeficiente se utiliza principalmente para estudios de crecidas máximas, ya que es un índice que representa las características físicas y morfológicas de la cuenca.

FIGURA No. 18: Orden de cursos de agua en la zona de recarga de la laguna de Mapahuña.



Elaborado: Autores

Viene dado por la fórmula:

$$Ct = \frac{Dd * Nx}{A}$$

$Nx = 3$, número de agua de primer orden

$A = 9,476 \text{ km}^2$, área de drenaje de la cuenca

Micro-cuenca del Río Chuquirá: **$Ct = 0,18$**

3.7.3 Extensión media del escurrimiento superficial (Lm)

Se refiere a la distancia media que recorre el agua, proveniente de una precipitación, en su escurrimiento superficial, hasta llegar al drenaje más cercano.

$$Lm = 0,25 \frac{A}{Lx}$$

A= 9,476 km², área de la cuenca de drenaje

Lx= 5,46 km, longitud total de los cauces

Micro-cuenca del Río Chuquirá: **Lm= 0,43 km**

3.8 Tiempo de Concentración

Es el tiempo que demora una partícula de agua en recorrer desde el sitio más remoto de la cuenca hasta el sitio que se considere en estudio.

3.8.1 Formula de Giandotti

Esta fórmula es aplicable a cuencas pequeñas con pendientes fuertes, tales como cuencas cordilleranas. Esta relación establece:

$$Tc = \frac{4\sqrt{A} + 1,5 * L}{0,8\sqrt{H}}$$

A= área de la cuenca de drenaje, en km²

L= longitud del río principal, en km

H= desnivel existente entre las cotas máxima y la de captación

Micro-cuenca del Río Chuquirá: **Tc= 1.03 horas= 61.63 minutos.**

CLIMA

3.9 Descripción del Estudio

El estudio del clima, tiene como finalidad identificar, describir y evaluar el clima existente en la zona de estudio.

Dado que son se cuenta con estadísticas meteorológicas históricas por la ausencia de estaciones al interior del área de estudio, para la caracterización del régimen climático se utilizó la información de estaciones circundantes, las mismas que en función de su ubicación geográfica y las características orográficas ha sido extrapolada para la Micro-cuenca del Río Chuquirá.

Se realizó un inventario de 19 estaciones meteorológicas en la provincia de Chimborazo y aledañas a nuestra zona de recarga, las cuales nos sirvieron de base para la caracterización del clima, ver Cuadro No. 9.

3.10 Factores climáticos

Entendemos por clima a las condiciones medias de la atmósfera, a lo largo de un período de tiempo. Las zonas climáticas vienen definidas por su latitud, estableciéndose variaciones importantes de unas áreas con relación a sus vecinas en virtud de las alteraciones topográficas, hidrográficas, etc.

3.11 Parámetros Climáticos

Con la finalidad de caracterizar las variaciones del clima a lo largo del año, a continuación, se presentan datos de determinados parámetros meteorológicos, registrados en dichas estaciones seleccionados.

CUADRO No. 9: Estaciones Meteorológicas

CODIGO	ESTACION	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	PERIODO	OPERADOR
M133	GUASLAN	9809636.078	760215.8203	2750	1995-09	INAMHI
M393	SAN JUAN CHIMBORAZO	9820099.223	746622.6447	3220	1995-09	INAMHI
M407	LICTO	9800254.923	767006.6689	2840	1995-09	INAMHI
M396	ALAO	9791632.145	779982.1838	3200	1995-09	INAMHI
M395	CEBADAS	9788952.499	762446.1492	2930	1995-09	INAMHI
M409	PANGOR-(H.TPYAC)	9797774.509	735652.2078	3360	1995-09	INAMHI
M404	CANNI-LLIMBE	9804055.713	723571.6492	2800	1995-09	INAMHI
M402	CHIMBO-DJ PANGOR	9785439.987	721974.027	1452	1995-09	INAMHI
M391	PALLATANGA	9778890.841	726355.4426	1500	1995-09	INAMHI
M403	ALAUSI	9756721.282	739524.2502	2420	1995-09	INAMHI
M399	ACHUPALLAS	9747766.2	748752.6504	3320	1995-09	INAMHI
	CHIMBORAZO					
M136	CHUNCHI	9748376.355	731136.2759	2245	1995-09	INAMHI
M397	COMPUD	9741250.995	729426.1221	2860	1995-09	INAMHI
M031	CANNAR	9717809.195	729328.2928	3083	1995-09	INAMHI
M405	GUASUNTOS	9753335.737	743444.7477	2540	1995-09	INAMHI
M412	SUSCALPAMBA (C D)	9727876.843	715253.5868	2620	1995-09	INAMHI
M411	INGAPIRCA	9719149.711	736313.9131	3100	1995-09	INAMHI
M410	RIO MAZAR-RIVERA	9715295.997	761307.6406	2450	1995-09	INAMHI
M217	PENNAS COLORADAS	9714663.925	770609.0951	2000	1995-09	INAMHI

Elaborado: Autores**Fuente: Anuarios meteorológicos del INAMHI**

La información existente, se complementa con la recopilación y análisis de estudios regionales y especificados anteriores, que permite establecer el clima existente en función de la estadística disponible.

3.11.1 Temperatura

En el cuadro No. 9, presentan los valores medios mensuales para las estaciones con registro dentro del área de influencia de la zona de estudio. Al analizar las estaciones meteorológicas circundantes y por la calidad de información y por la cercanía a la zona de estudio se utilizó la estación referencial de Guaslán (M133).

CUADRO No. 10: Temperatura media mensual (°C)

MES	TEMP. MÁXIMA °C	TEMP. MÍNIMA °C	TEMP. MEDIA °C
Enero	21.72	7.18	14.77
Febrero	21.56	7.83	14.75
Marzo	21.52	7.16	14.74
Abril	21.35	7.45	14.96
Mayo	21.07	7.24	14.71
Junio	20.24	7.24	14.18
Julio	20.15	6.94	14.14
Agosto	20.44	6.33	14.08
Septiembre	20.13	6.18	13.95
Octubre	20.68	6.88	14.59
Noviembre	20.39	7.34	14.60
Diciembre	20.13	6.60	14.42
VALOR ANUAL	20.78	7.03	14.49

Elaborado: Autores

3.12 Régimen Pluviométrico

Por la importancia que tiene la presencia de lluvias en el ciclo hidrológico se analiza independientemente de los otros parámetros climatológicos, ha servido de base los estudios regionales así como la estadística analizada en el presente estudio.

Para el análisis de datos pluviométricos se ha escogido 10 estaciones meteorológicas por la cercanía hacia nuestra zona de recarga de la laguna las cuales utilizamos para interpolar los datos. (Ver Anexo. Ubicación de las estaciones Meteorológicas).

3.12.1 Factores que determinan la presencia de las precipitaciones en el Ecuador¹²

Las precipitaciones en el Ecuador se encuentran influenciadas por cuatro factores:

¹² Tomado del estudio de “Las obras Hidráulicas y la supervivencia del Ecuador, por el Ing. Luis Carrera de la Torre, INERHI mayo de 1972

- a) Las lluvias en la región montañosa, provocadas por la condensación debida a la expansión adiabática en partes altas y medias de los Andes (época mayor junio a octubre).
- b) Lluvias orográficas, por la evolución de grandes cúmulos y cumulonimbus de origen vertical que se forman, evolucionan y disipan sobre las partes más altas de las cordilleras (periodo mayo-octubre-marzo).
- c) Vaguada ecuatorial o cinturón de baja presión, por la ubicación del Ecuador en el globo terrestre en la zona ecuatorial, en la cual se produce una disminución de la densidad del aire por calentamiento, favoreciendo la formación de ciclones cargados de humedad, que producen precipitaciones de gran duración (época mayor de lluvia de octubre a marzo).
- d) Por último el ciclo Humboldt-Niño afectan a la precipitación y a la temperatura en un periodo cíclico aparente de 7 años. la corriente de Humboldt cesa de ascender en la costa ecuatoriano durante los meses de febrero y marzo y el agua caliente de la zona ecuatorial desplaza hacia el sur a la corriente citada en alrededor de 6° de latitud sur. Sin embargo, cada siete años existe un cambio general en el sistema de vientos sobre la costa oeste de Sudamérica. Esto lleva a que cese la corriente fría y se desplace hacia el sur hasta aproximadamente 12°, esto se conoce como el “Fenómeno del Niño”, el mismo que produce muy a menudo lluvias torrenciales en el continente en los meses de diciembre a mayo.

3.12.2 Estadística disponible

En la Micro-cuenca objeto de nuestro estudio se han inventariado 19 estaciones pluviométricas por la calidad de información y la cercanía a la misma. Vale destacar como un problema de importancia el hecho de que no existe información en la zona de influencia del proyecto, por lo cual se ha considerado para la caracterización de la precipitación en la Micro-cuenca la estadística de la estación referencial Achupallas-Chimborazo, que se ubica en la cota 3320 msnm. Los registros de precipitación media mensual se presentan en el cuadro siguiente.

Uno de los principales problemas encontrados son los datos faltantes en algunos meses en los anuarios meteorológicos publicados por el INAMHI. Los vacíos debidos a la omisión de observaciones se llenaron en general mediante correlaciones lineales simples siguiendo la metodología utilizada en el Estudio Hidrológico de la sub cuenca del río Chambo realizado por el CNRH (Concejo Nacional de Recursos Hídricos). (Ver anexo Graficas de Correlaciones Lineales para datos de precipitación).

CUADRO No. 11. Precipitaciones medias mensuales

PPRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES															
CODIGO	ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	PERIODO
M133	GUASLAN	49.83	52.10	74.08	103.10	85.60	47.29	22.05	24.97	25.71	68.47	51.72	48.47	653.41	1995-09
M393	SAN JUAN CHIMBORAZO	48.69	74.59	80.11	91.26	70.39	38.47	13.77	15.79	37.00	66.63	77.66	64.83	679.20	1995-09
M407	LICTO	55.96	72.86	188.66	138.10	140.3	92.63	73.88	51.85	69.19	97.48	71.41	69.70	1122.03	1995-09
M396	ALAO	58.41	86.33	78.50	105.55	97.0	99.83	91.96	68.32	68.10	72.33	68.14	62.63	957.07	1995-09
M395	CEBADAS	40.53	73.65	99.82	98.84	82.2	50.09	26.79	20.32	25.85	32.02	55.39	51.85	657.39	1995-09
M409	PANGOR-(H.TPYAC)	136.38	150.56	163.28	192.58	157.9	98.33	72.33	56.71	70.59	108.48	105.94	114.99	1428.06	1995-09
M404	CANNI-LLIMBE	148.99	178.79	235.76	220.29	145.5	56.59	15.78	21.32	49.74	56.20	70.74	105.87	1305.55	1995-09
M402	CHIMBO-DJ PANGOR	143.56	169.76	205.22	199.01	96.5	26.74	13.11	8.27	26.27	38.87	66.63	97.52	1091.50	1995-09
M391	PALLATANGA	185.23	200.18	223.50	183.00	92.9	26.72	5.73	4.82	21.02	24.48	42.08	75.86	1085.50	1995-09
M403	ALAUSI	77.63	101.54	111.73	76.59	51.8	23.99	5.12	4.94	15.47	28.87	38.81	48.96	585.49	1995-09
M399	ACHUPALLAS CHIMBORAZO	72.85	113.19	180.45	113.28	129.2	27.59	5.69	10.13	30.81	66.30	110.81	82.61	942.94	1995-09
M136	CHUNCHI	63.58	81.29	99.21	81.53	38.2	13.92	1.93	1.90	9.75	14.08	27.14	34.56	467.11	1995-09
M397	COMPUD	137.91	184.27	207.26	178.85	103.51	28.76	12.19	7.04	26.65	38.46	69.24	94.01	1088.16	1995-09
M031	CANNAR	39.48	53.20	83.77	65.23	55.99	31.22	18.04	14.66	24.67	41.20	46.42	42.17	516.05	1995-09
M405	GUASUNTOS	65.01	73.84	88.40	72.88	42.21	16.43	3.56	3.04	17.32	28.87	34.05	46.71	492.32	1995-09
M412	SUSCALPAMBA (C D)	145.27	198.14	199.00	134.70	62.07	31.86	9.01	3.62	19.12	28.29	49.06	65.29	945.44	1995-09
M411	INGAPIRCA	46.29	72.29	94.20	69.17	58.20	35.72	19.33	19.03	32.03	28.94	45.13	63.37	583.70	1995-09
M410	RIO MAZAR-RIVERA	65.20	90.03	90.33	147.54	158.88	172.55	167.76	124.65	96.56	77.88	64.43	78.42	1334.23	1995-09
M217	PENNAS COLORADAS	136.88	157.35	171.18	285.96	360.21	415.76	436.96	276.12	241.79	172.76	157.86	191.70	3004.54	1995-09

Elaborado: Autores

Fuente: Anuarios Meteorológicos del INAMHI

La planificación de riego y del manejo de los recursos naturales debe respaldarse en estadística meteorológica, como parte de la base técnica del proyecto que en la actualidad no se dispone, por lo que es indispensable la instalación de estaciones climatológicas, en la zona de recarga, una de las cuales se puede instalar en el sitio de captación del Río Chuquirá. En la altitud de 3880 msnm.

Como se puede apreciar, la longitud media, en las “mejores estaciones” es de 15 años iniciándose entre 1995 a 2009, según los datos proporcionados por el INAMHI, (Ver Anexo, Precipitaciones Medias Mensuales.)

3.12.3 Lluvia media anual

La determinación de las precipitaciones medias se realiza en función de la densidad de la red; se ha procedido a calcular la precipitación media de la cuenca por el método de las Isoyetas, por ser el más exacto.

Las curvas isoyetas son líneas que unen puntos de igual cantidad de lluvia. Estas líneas se trazan interpolando los datos puntuales de precipitación dados en cada una de las estaciones, con una técnica similar a la utilizada en topografía y de acuerdo a las condiciones locales de la cuenca; en este caso se usaron los datos de precipitación anual. Por medio de la planimetría se determina el área entre dos curvas isoyetas contiguas y multiplicando por la isoyeta por el valor de la isoyeta intermedia se define la cantidad de lluvia entre dos isoyetas contiguas, teniendo como límite superior las divisorias de aguas de la cuenca.

La lluvia caída en esta cuenca se determina por la fórmula general que obedece a la media ponderada:

$$Pm = Pi \left(\frac{Ai}{A} \right)$$

Pm = precipitación media de la cuenca (mm)

Pi = precipitación promedio entre dos isoyetas consecutivas (mm)

Ai = área comprendida entre isoyetas (km²)

A = 9,476 km², área total de la cuenca

Además, para el trazado de las isoyetas es necesario considerar la topografía y la orografía de la cuenca. De la información disponible se puede establecer que las lluvias medias anuales tienden a ser mayores conforme se avanza en altitud.

El trazado de las isoyetas de la Micro-cuenca del Río Chuquirá se presenta en el mapa: Isoyetas medias anuales.

En el cuadro No. 2.3., se presenta el cálculo de la precipitación media anual por el método de las isoyetas.

CUADRO No. 12: Precipitación media anual Micro-cuenca Río Chuquirá

P (mm)			A (Km ²)	P*A (mm/km ²)
Max.	Min.	Media		
975	950	962,50	0,496	477,593
950	925	937,50	2,818	2641,875
925	900	912,50	3,779	3447,881
900	875	887,50	2,383	2115,090
SUMA			9,476	8682,439
Pm (mm)			916,265	

Elaborado: Autores

El valor de precipitación media anual establecido para la Micro-cuenca del Río Chuquirá es:

Pm= 916,265 mm

Igual procedimiento se ha realizado para la determinación de las lluvias extremas, como se puede apreciar en los Mapas de lluvias Máximas y Mínimas anuales, para precipitaciones anuales máximas y mínimas interanuales, respectivamente. Los resultados se presentan a continuación:

CUADRO No. 13: Precipitación máxima anual Micro-cuenca Río Chuquirá

P (mm)			A (Km ²)	P*A (mm/km ²)
Max.	Min.	Media		
1375	1350	1362,50	0,188	256,559
1350	1325	1337,50	3,399	4545,895
1325	1300	1312,50	4,030	5289,113
1300	1275	1287,50	1,859	2393,463
SUMA			9,476	12485,029
Pm (mm)			1317,556	

Fuente: Autores

CUADRO No. 14: Precipitación mínima anual Micro-cuenca Río Chuquirá

P (mm)			A (Km ²)	P*A (mm/km ²)
Max.	Min.	Media		
675	650	662,50	1,501	994,280
650	625	637,50	3,553	2264,846
625	600	612,50	3,630	2223,191
600	575	587,50	0,793	465,711
SUMA			9,476	5948,029
Pm (mm)				627,701

Elaborado: Autores

MICRO CUENCA

LLUVIA MAXIMA

LLUVIA MINIMA

Río Chuquirá

1317,556 mm

627,701 mm

3.12.4 Determinación de las intensidades de precipitación

Introducción.

Para la utilización práctica de los datos de lluvias en los diferentes campos de la ingeniería, es necesario conocer la estrecha relación existente entre las cuatro características fundamentales de las precipitaciones: intensidad, duración, frecuencia y distribución.

El conocimiento sobre la distribución superficial de las precipitaciones se obtiene de un análisis regional de los datos registrados en las diversas estaciones pluviográficas o de las cantidades de lluvia mediadas en los pluviómetros en intervalos de tiempo determinados.

Si se considera el costo que significa la construcción y dimensionamiento de las obras hidráulicas de un proyecto, se desprenderá la importancia de contar con un análisis exhaustivo de las intensidades, frecuencias y duración de las

precipitaciones para periodos de observación lo más amplios posibles; es decir, poder disponer de datos estadísticos suficientemente confiables.

La determinación de las intensidades de precipitación se ha realizado para la Micro-cuenca del Río Chuquirá.

Zonificación de intensidades.

El área de influencia del proyecto en estudio se ubica en la Zona 11, de la zonificación de intensidades de lluvia propuesto en la publicación “Estudio de Lluvias Intensas” del INAMHI (Ver anexo, Zonificación de Intensidades de Precipitación), cuyas ecuaciones son:

De 5 min < 60 min

$$I_{TR} = 137,27t^{-0,5153}Id_{TR}$$

De 60 min < 1440 min

$$I_{TR} = 578,56t^{-0,8736}Id_{TR}$$

I_{TR} = intensidades de precipitación, en mm/hora

t= duración de la intensidad, igual al tiempo de concentración, en minutos

TR= período de retorno o de recurrencia, en años

Id_{TR} = intensidad de lluvia máxima para una duración de tormenta de 24 horas con periodo de retorno asociado, en mm/hora

El valor de Id , determinado del gráfico de intensidades máximas diarias de precipitación para TR igual a 50 años (Ver anexo, Mapa de Isoyetas para diferentes períodos de retorno), del estudio de intensidades antes indicado es:

$Id_{50} = 3,0$ mm/hora

Con estos valores, aplicados a la ecuación antes indicada y considerando el tiempo de concentración T_c , se determinaron los valores de intensidad para el período de retorno o recurrencia indicado.

Previamente se determino el tiempo de concentración para la Micro-cuenca del Río Chuquirá para la cual el resultado de la intensidad es la siguiente:

Tiempo de concentración:

$T_c = 61,63$ minutos

Intensidad de precipitación:

$I_{50} = 47,414$ mm/hora

3.12.5 Selección del tiempo de retorno

El período de retorno asumido en función de los riesgos, así como de la economía del proyecto es de 50 años. Se ha considerado que las obras que se planean en este proyecto tienen un riesgo bajo y las obras serán de pequeña magnitud, criterios bajo los cuales organismos internacionales como El Bureau Of Reclamation y la FAO recomiendan el período de retorno asumido que es de 50 años.

3.12.6 Curva de Duración-Intensidad-Frecuencia

Uno de los primeros pasos que debe seguirse en muchos proyectos de diseño hidrológico, como el diseño de un drenaje urbano, es la determinación del evento o los eventos de lluvia que deben usarse. La forma más común de hacerlo es utilizar una tormenta de diseño o un evento que involucre una relación entre la intensidad de lluvia (o profundidad), la duración y las frecuencias o períodos de retorno apropiados para la obra y el sitio.

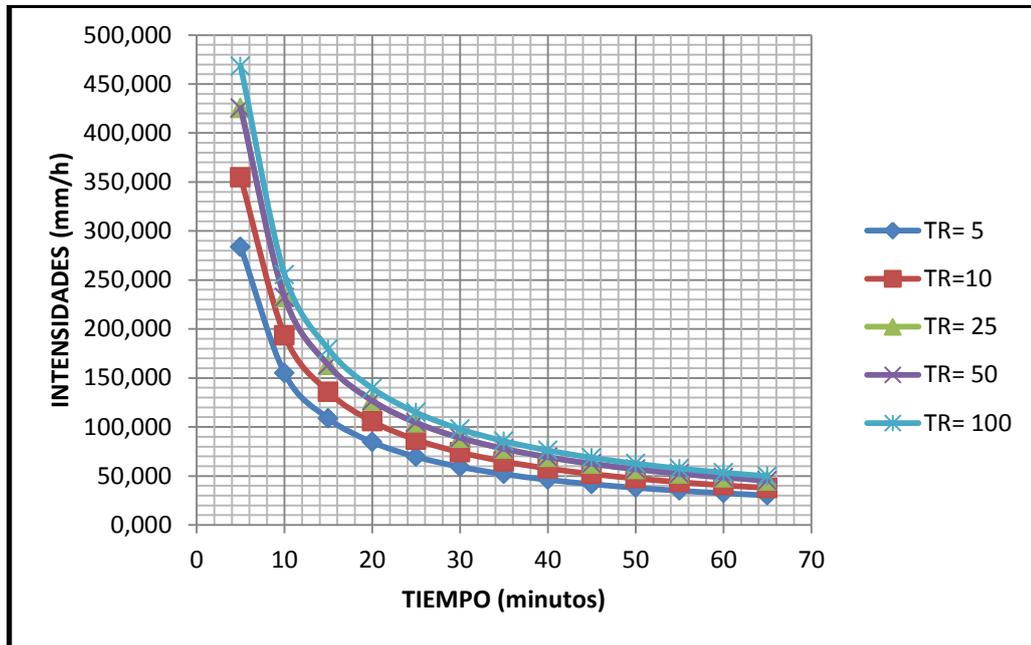
TABLA No. 7: Intensidades de precipitación para diferentes periodos de retorno

De 60 min < 1440 min	Intensidad de precipitación				
$I_{TR} = 578,56t^{-0,0734} I_{TR}$	5 AÑOS	10 AÑOS	25 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS
		31.61	39.51	47.41	47.41

5 AÑOS		10 AÑOS		25 AÑOS		50 AÑOS		100 AÑOS	
t (min)	ITR	t (min)	ITR						
5	283,634	5	354,542	5	425,451	5	425,451	5	467,996
10	154,803	10	193,503	10	232,204	10	232,204	10	255,424
15	108,629	15	135,786	15	162,943	15	162,943	15	179,238
20	84,489	20	105,611	20	126,733	20	126,733	20	139,406
25	69,525	25	86,906	25	104,287	25	104,287	25	114,715
30	59,288	30	74,110	30	88,932	30	88,932	30	97,825
35	51,818	35	64,772	35	77,727	35	77,727	35	85,500
40	46,113	40	57,641	40	69,169	40	69,169	40	76,086
45	41,604	45	52,005	45	62,406	45	62,406	45	68,646
50	37,945	50	47,432	50	56,918	50	56,918	50	62,610
55	34,914	55	43,642	55	52,371	55	52,371	55	57,608
60	32,358	60	40,448	60	48,537	60	48,537	60	53,391
65	30,173	65	37,716	65	45,259	65	45,259	65	49,785

Elaborado: Autores

GRAFICO No. 2: Curva de Intensidad-Duración-Frecuencia



Elaborado: Autores

3.12.7 Hietograma de precipitación de diseño

En los métodos de diseño en hidrología desarrollados anteriormente, solo se utilizaba el caudal pico, no se consideraba el tiempo de distribución del caudal (el hidrograma de caudal) o sobre la distribución temporal de la precipitación (el Hietograma de precipitación). Sin embargo, los métodos de diseño desarrollados más recientemente, los cuales utilizan el análisis de flujo no permanente, requieren de predicciones confiables de hietogramas de diseño para obtener hidrogramas de diseño.

Método del bloque alterno.

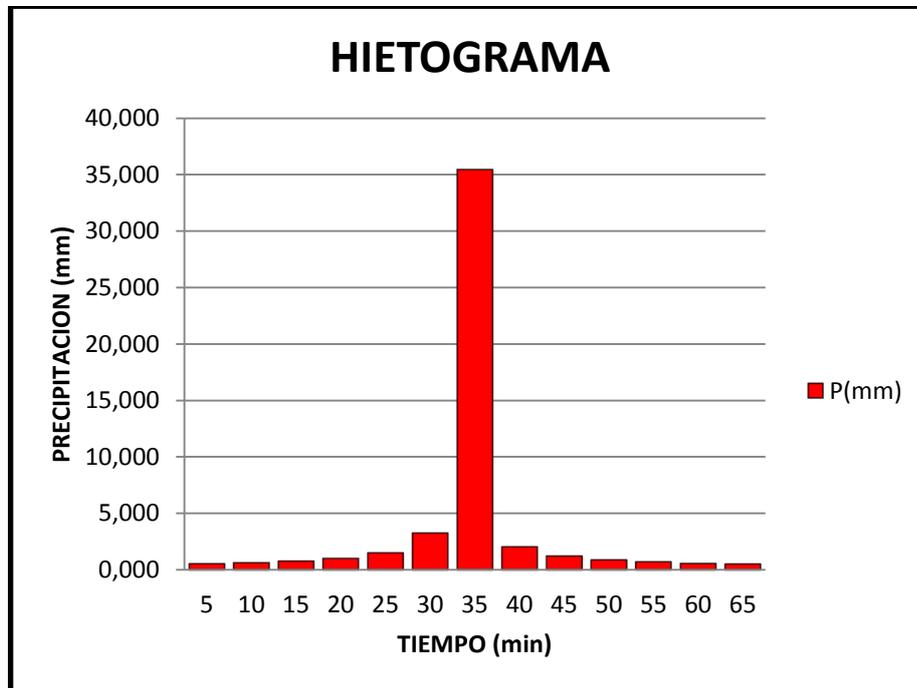
El método del bloque alterno es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño utilizando una curva de intensidad-duración-frecuencia. El hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación que ocurre en n intervalos de tiempo sucesivos.

TABLA No. 8: Precipitación para un período de retorno de 50 años.

50 AÑOS		Pf. Acumu. (mm)	Pf. Incr. (mm)	P(mm)
t (min)	ITR			
5	425.451	35.454	35.454	0.531
10	232.204	38.701	3.246	0.627
15	162.943	40.736	2.035	0.772
20	126.733	42.244	1.509	1.013
25	104.287	43.453	1.208	1.509
30	88.932	44.466	1.013	3.246
35	77.727	45.341	0.875	35.454
40	69.169	46.113	0.772	2.035
45	62.406	46.804	0.692	1.208
50	56.918	47.432	0.627	0.875
55	52.371	48.007	0.575	0.692
60	48.537	48.537	0.531	0.575
65	45.259	49.031	0.494	0.494

Elaborado: Autores

GRAFICO No. 3: Hietograma de precipitación de diseño



Elaborado: Autores

HIDROLOGÍA

3.13 Introducción

De los diferentes elementos del ciclo hidrológico, la escorrentía es el único que se puede medir directamente con cierta precisión mediante el aforo del río en estudio, en un punto de su curso que se denomina estación de aforo. Este caudal debe determinarse con la mayor frecuencia posible para tener una visión completa del régimen del río, llamándose así a las variaciones del caudal durante un período más o menos largo.

El presente estudio hidrológico está encaminado a cuantificar los recursos hídricos provenientes de la Micro-cuenca del Río Chuquirá en el sitio de implantación proyectada en la cota 3880 msnm, además pretende suministrar la información hidrológica básica necesaria para llevar adelante el diseño de captación y riego, así como determinar el caudal de crecida que servirá para el dimensionamiento de dichas obras.

Como es constante en la provincia de Chimborazo y el país en general, no se dispone de información hidrométrica en la Micro-cuenca en estudio, lo cual implica no disponer de registros de caudales, situación que obliga a realizar el estudio hidrológico en función de las estadísticas disponibles de caudales de cuencas vecinas.

Para la caracterización del régimen de caudales se utilizó la información hidrológica de los anuarios proporcionados por el INAMHI.

En vista de la carencia de estaciones hidrométricas en el interior de la Micro-cuenca del Río Chuquirá, se ha considerado la generación de caudales de las fuentes hídricas mencionadas, mediante la transportación de los caudales medios mensuales de la estación base Río Ozogoché, que es la que mejor se identifica con la Micro-cuenca del Río Chuquirá, por su vecindad geográfica, por su cobertura vegetal y topografía similar.

FIGURA No. 19: Micro-cuenca del Río Chuquirá



Fuente: Autores

FIGURA No. 20: Micro-cuenca Río Ozogóche



Fuente: Autores

Para obtener parámetros adicionales de diseño respecto a las obras de captación se realizó el estudio de crecidas, mediante el método Racional, considerando la característica de nuestra Micro-cuenca en estudio; y, por el método del Hidrograma Adimensional SCS, para la Micro-cuenca del Río Chuquirá.

En términos generales, este trabajo de Hidrología busca presentar en forma ordenada y confiable en función de la información disponible, la generación de

caudales o aportes mensuales, a fin de conseguir información básica que permita el diseño de las obras civiles para el sistema de riego.

Dentro de las actividades básicas previstas dentro de este estudio se tiene:

- Describir las características físicas-morfométricas de la Micro-cuenca hidrográfica.
- Efectuar una Campaña de aforos de los cursos de agua ser aprovechados, durante el tiempo que dure el estudio. Presentar los valores obtenidos con sus respectivas fechas.
- Elaborar y presentar los datos de precipitación, interpolando en caso necesario datos de estaciones pluviométricas cercanas, obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e hidrología- INAMHI.
- Determinar el potencial hídrico disponible (escurrimientos anuales, medios mensuales, caudales máximos en época de lluvia y caudales mínimos en período seco). Comparar los valores medios estimados en el estudio con los caudales aforados.
- Definir una serie mínima de 10 años de precipitaciones diarias máximas, de una estación situada en la Micro-cuenca o en sus cercanías. En base a la serie definida y/o curvas Intensidad-Duración-Frecuencia, estimar las lluvias máximas de 24 horas para un períodos de retorno de 50 años.
- Mediante el uso de modelos de crecidas extremas, obtener los hidrogramas de crecida para las probabilidades indicadas y la duración de la lluvia correspondiente al tamaño de la Micro-cuenca. Mediante el método Área – Pendiente y señales de crecidas máximas, estimar los caudales máximos presentados por el río y compararlos con los resultados obtenidos con modelos.

3.14 Estaciones Consideradas

La Micro-cuenca del Río Chuquirá no dispone en su interior estaciones hidrométricas, por lo tanto sus caudales no han sido medidos y consecuentemente no se dispone de estadística; de tal manera que la generación de los mismos se lo realiza por transportación de caudales de una estación base.

Para la generación de caudales del río Chuquirá y sus afluentes considerados se ha partido de los caudales medios mensuales de la estación río Ozogóche en desagüe de lagos (H-783), controlada por el INAMHI.

La estación Ozogóche (referencial) está situada en las coordenadas 9753391 N, 763110 S, y a 3715 msnm, en el propio río Ozogóche; se encuentra en operación, por parte del INAMHI.

Por no existir una estación hidrométrica en ningún sitio de la Micro-cuenca del Río Chuquirá, fue necesario considerar para nuestro estudio, la estación hidrométrica del Río Ozogóche en desagüe de lagos, ubicada en la comunidad de Ozogóche Alto. Se escogió esta estación por estar localizada a una altura aproximadamente similar, a excepción del área que es mucho más grande comparada con nuestra Micro-cuenca.

3.15 Estadística Disponible

La información estadística de la estación hidrométrica Río Ozogóche en Lagos, se presenta en el Anexo CAUDALES MEDIOS MENSUALES, donde se observan los valores de los caudales medios mensuales, caudales máximos y mínimos registrados, con un período de registro desde 1995 hasta 2009, publicados por el INAMHI.

La misma que para los datos faltantes se completaron con la misma metodología utilizada para completar los datos de precipitación faltante correlaciones lineales simples. Ver Anexo. Correlaciones lineales Simples de la estación de Ozogóche.

De los datos publicados por el INAMHI, podemos utilizar los valores siguientes de la estación Ozogoche en Lagos:

CUADRO No. 15: Caudales medios mensuales. Estaciones Río Ozogoche en desagüe de Lagos

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
MEDIA	1.01	1.39	1.68	3.14	3.12	3.86	4.57	4.45	2.96	1.53	1.32	1.11	2.51
MAX.	1.92	2.28	2.73	5.89	4.59	8.07	8.63	7.94	4.50	2.14	2.33	1.78	4.40
MIN.	0.57	0.80	0.98	1.28	1.50	1.38	2.26	2.21	1.76	0.83	0.73	0.76	1.26

Fuente: Anuarios hidrológicos del INAMHI

3.16 Coeficiente de escorrentía

Es un número a dimensional que representa la relación entre el caudal y la precipitación, en igualdad de unidades o dimensiones. Este coeficiente establece una relación que existe entre la cantidad total de lluvia que se precipita y la que escurre superficialmente; su valor no es un factor constante, dependerá de varios factores: permeabilidad del suelo, morfología de la cuenca, pendiente longitudinal y cobertura vegetal, etc.

Los coeficientes de escorrentía son escogidos de la tabla mostrado en los Anexos Tabla. Coeficientes de escorrentía usados en el método Racional.

3.16.1 Coeficiente de escorrentía C en la cuenca del Río Ozogoche.

Para el cálculo del valor de C, se acudió al análisis de los datos del estudio hidrológico en la micro cuenca del Río Chambo, donde hace referencia a los datos del Río Ozogoche proporcionados por el CNRH. Ver Anexo. Micro-cuencas de la Cuenca del Río Chambo y Precipitaciones Anuales en las estaciones de la cuenca del Río Chambo.

Aplicamos la el coeficiente de la tabla del anexo (Coeficiente de escorrentía): para un período de retorno de 50 años obtenemos:

Coefficiente de escorrentía. Cuenca Río Ozogoche: **C= 0,49**

3.16.2 Coeficiente de escorrentía C en la Micro-cuenca del Río Chuquirá.

La metodología es la misma que el caso anterior, y los parámetros físicos de la Micro-cuenca para nuestro período de retorno escogido de 50 años obteniéndose los siguientes resultados:

Coefficiente de escorrentía. Micro-cuenca Río Chuquirá: **C= 0,49**

3.17 Generación de Caudales.

La transportación de los caudales medios mensuales del Río Ozogoche en desagüe de Lagos hacia el punto de implantación del sitio de captación en el Río Chuquirá, se realizó por el método de relación de áreas, precipitación y coeficiente de escurrimiento.

La fórmula de la transportación de caudales, es la siguiente:

$$Q_{CH} = Q_O \frac{C_{CH} * A_{CH}}{C_O * A_O}$$

Q_O, A_O, C_O , Caudal medio mensual, área y coeficiente de escorrentía de la estación Río Ozogoche en desagüe de Lagos.

A_{CH}, C_{CH} , Parámetros de la Micro-cuenca del Río Chuquirá que se desea generar el caudal Q_{CH} .

La metodología empleada para la generación de caudales es la siguiente:

- a) Generación de caudales para el Río Chuquirá, en la cota 3880 msnm, por relación de áreas, precipitación y coeficiente de escorrentía.

La generación de caudales en este sitio se determino por la transposición de los valores de la estación Río Ozogoche en el desagüe de Lagos, determinados por aforos realizados en ese sitio.

La estadística resultante para el Río Chuquirá en el sitio de captación, en la cota 3880 msnm, puede apreciarse en el Anexo. Caudales medios mensuales-estación Río Chuquirá en sitio de captación.

En la misma que se ha considerado el sitio de captación del caudal del cauce principal en la cota:

N= 9743420.3

E= 747835.2

H= 3880 msnm

El resumen de dichos valores se presenta en el cuadro No. 16.

CUADRO No. 16: Caudales medios mensuales-estación Río Chuquirá en sitio de captación

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
MEDIA	0.037	0.047	0.056	0.105	0.104	0.134	0.140	0.137	0.091	0.051	0.044	0.037	0.082
MAX.	0.071	0.076	0.091	0.196	0.191	0.279	0.265	0.244	0.138	0.077	0.077	0.059	0.147
MIN.	0.021	0.027	0.033	0.043	0.063	0.051	0.069	0.068	0.054	0.030	0.025	0.026	0.042

Elaborado: Autores

3.18 Caudales ecológicos.

En vista que ninguna fuente de aguas puede quedar desprovista totalmente del recurso hídrico en un sitio de captación, de acuerdo a las normas de conservación ecológicas vigentes, debe quedar en la fuente un caudal ecológico que usualmente se lo cuantifica como el 10% del caudal medio mensual del período.

Se ha considerado que para la Micro-cuenca de drenaje a portante para la captación de agua para riego en la laguna de Mapahuiña, será igual al 10% de la

suma de los caudales medios mensuales de la fuente de captación. Estos valores se presentan en el cuadro siguiente:

CUADRO No. 17: Caudales ecológicos estimados

CAUDAL ECOLOGICO ESTIMADO (10% Qm)													
CUENCA	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
Río Chuquirá	0.004	0.005	0.006	0.010	0.010	0.013	0.014	0.014	0.009	0.005	0.004	0.004	0.008

Elaborado: Autores

3.19 Curvas características Micro-cuenca Río Chuquirá.

El análisis de los caudales disponibles del Río Chuquirá, se realiza a través de las Curvas de Variación Estacional y de duración general y fueron elaborados con los caudales medios mensuales generados por el área de drenaje hasta el sitio de captación en la cota 3880 msnm; es necesario recalcar que para la elaboración de estas curvas se tomaron los caudales generados mediante el método de transposición de caudales de la estación Río Ozogóche en el desagüe de Lagos.

3.19.1 Curva de Variación Estacional

La curva de variación estacional para caudales medios mensuales, permite conocer la distribución de estos caudales respecto al tiempo en función de la probabilidad de que dichos valores sean igualados o superados; además; se puede conocer el régimen hidrológico de un río o climático de una región.

La probabilidad de ocurrencia mensual, o de variación estacional, se presenta a continuación en el Cuadro No. 18.

CUADRO No. 18: Caudales mensuales probables Río Chuquirá (m³/s)

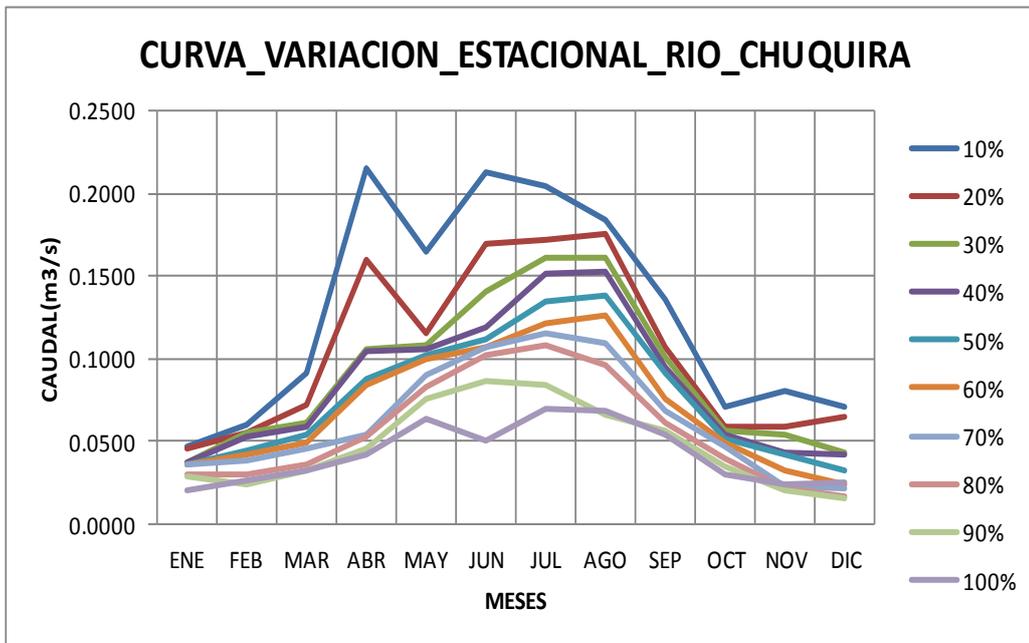
MES	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
ENE	0.0471	0.0453	0.0377	0.0372	0.0365	0.0356	0.0355	0.0306	0.0291	0.0206
FEB	0.0604	0.0558	0.0549	0.0523	0.0445	0.0424	0.0380	0.0306	0.0243	0.0269
MAR	0.0917	0.0720	0.0611	0.0590	0.0541	0.0491	0.0459	0.0356	0.0326	0.0325
ABR	0.2155	0.1598	0.1058	0.1041	0.0878	0.0840	0.0543	0.0528	0.0460	0.0426
MAY	0.1646	0.1152	0.1085	0.1063	0.1020	0.0993	0.0896	0.0831	0.0752	0.0633
JUN	0.2129	0.1701	0.1410	0.1196	0.1114	0.1074	0.1072	0.1025	0.0870	0.0509
JUL	0.2038	0.1719	0.1607	0.1516	0.1348	0.1215	0.1153	0.1087	0.0839	0.0695

AGO	0.1837	0.1758	0.1611	0.1532	0.1376	0.1266	0.1089	0.0956	0.0663	0.0679
SEP	0.1358	0.1064	0.1014	0.0953	0.0917	0.0757	0.0689	0.0609	0.0568	0.0539
OCT	0.0713	0.0591	0.0569	0.0538	0.0516	0.0496	0.0467	0.0400	0.0349	0.0303
NOV	0.0804	0.0593	0.0537	0.0438	0.0426	0.0328	0.0233	0.0215	0.0199	0.0245
DIC	0.0711	0.0648	0.0435	0.0416	0.0323	0.0238	0.0219	0.0171	0.0154	0.0257

Elaborado: Autores

En el Grafico No. 4, se presenta la curva de variación estacional preparada con los caudales medios mensuales generados para el sitio de captación en el Río Chuquira, en la cota 3880 msnm.

GRAFICO No. 4: Curva de Variación Estacional, sitio de captación Río Chuquira



Elaborado: Autores

3.19.2 Curva de Duración General

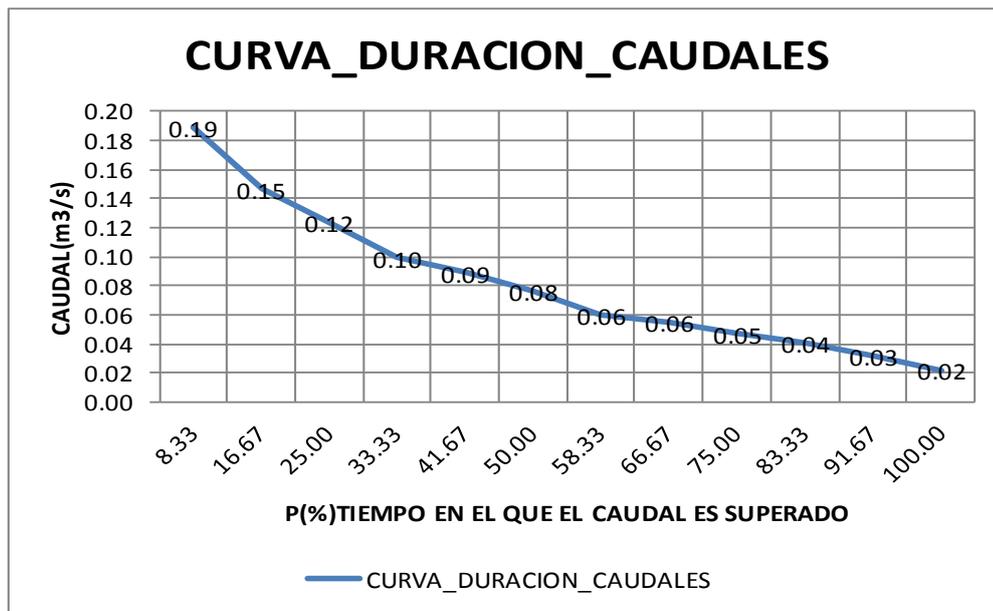
La curva de duración nos indica el porcentaje de tiempo o el número de meses del total de ocurrencias en que un caudal determinado es igualado o superado. El porcentaje del tiempo en que el caudal es excedido se denomina probabilidad.

En el Grafico No. 5, se presenta la curva de duración preparada con los caudales medios mensuales generados para el sitio de captación en el Río Chuquira.

De la curva se extraen los siguientes indicadores del Río Chuquirá en el sitio de captación:

PROBABILIDAD %DE TIEMPO	CAUDAL (m ³ /s)
90	0.034
80	0.043
70	0.052
Caudal Medio del período	0.082

GRAFICO No. 5: Curva de Duración General, sitio de captación Río Chuquirá



Elaborado: Autores

3.20 Caudales de diseño

El caudal de un río es variable en el tiempo y su consideración es importante para el diseño de obras hidráulicas, ya que una obra debe ser proyectada en tal forma que pueda captar todo el caudal de diseño pero no más que este; y, al mismo tiempo debe permitir el paso de crecientes sin sufrir daños.

Si la obra se proyecta para un caudal mayor que el que se pueda captar, entonces será sobredimensionada, lo que significa una obra antieconómica; por otro lado, si no tiene capacidad suficiente para resistir las crecientes, la obra se destruirá, a veces son catastróficas consecuencias. Por esto es fundamental determinar con precisión el mínimo caudal utilizable y el máximo caudal de creciente que pueda producirse.

Por lo general no es económico ni recomendable diseñar, con el máximo caudal de estiaje, ya que este puede haberse producido en un año excepcionalmente seco o que se produzca unos pocos días del año.

Por esto, las obras de captación deben ser proyectadas para algún caudal que esté garantizado un cierto porcentaje de tiempo. Los porcentajes varían según el uso que se le dé al agua; los porcentajes recomendados que se obtienen de la curva de duración varían entre los siguientes límites:

TIPO DE USO	PORCENTAJE DE
USO (%)	
Agua Potable	90-95
Centrales Hidroeléctricas	75-95
Riego	70-90

Para el proyecto de captación de agua para riego en la zona de recarga de la laguna de Mapahuiña, en la cota 3880 msnm se ha considerado el caudal 80% como porcentaje de uso, valor que es garantizado para riego.

En el cuadro siguiente se presentan los valores de los caudales 80% probables disponibles para el proyecto de la zona de recarga de la laguna de Mapahuiña.

CUADRO No. 19: Caudales 80% probables

RIO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Chuquirá	0.0306	0.0306	0.0356	0.0528	0.0831	0.1025	0.1087	0.0956	0.0609	0.0400	0.0215	0.0171

Elaborado: Autores

Lo que quiere decir que el 80% del tiempo (292 días del año) el caudal del río será igual o superior a los caudales anotados.

Considerando los caudales ecológicos, se tiene que el caudal aprovechable para el proyecto de captación de agua para riego de la zona de recarga de la laguna de Mapahuiña es:

CUADRO No. 20: Caudales de diseño

CAUDALES DE DISEÑO												
RIO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Q(80%)rio_M	0.0306	0.0306	0.0356	0.0528	0.0831	0.1025	0.1087	0.0956	0.0609	0.0400	0.0215	0.0171
Q(Ecológico)	0.004	0.005	0.006	0.010	0.010	0.013	0.014	0.014	0.009	0.005	0.004	0.004
Q(Diseño)	0.0269	0.0259	0.0300	0.0423	0.0727	0.0890	0.0946	0.0819	0.0518	0.0349	0.0171	0.0133

Elaborado: Autores

3.21 Caudales Máximos de crecida

El estudio de crecidas, permite determinar con un adecuado nivel de precisión cuales son los eventos extraordinarios que se pudieran presentarse en el río, en el sitio de captación, considerando desde luego las magnitudes de los caudales que obviamente deben ser superiores a los valores medios que se consideran normales en este río.

La predicción o cálculo de la crecida de un cauce natural, con miras al diseño de obras hidráulicas ha sido siempre motivo de controversia debido a que los métodos que analizan crecientes deben realizar una proyección hacia el futuro, aplicando teoría de probabilidades, con un alto grado de incertidumbre.

En el caso presente se procura determinar con un nivel razonable de aproximación, la magnitud de la creciente en el río, de tal manera que la estructura de captación sea diseñada con un elevado nivel de confianza en cuanto a los aspectos técnicos y económicos, esto es que las obras que se proyecten sean estables durante el periodo de vida útil proyectado y soporte los efectos que se producirían sobre la estructura cuando pase sobre ella una crecida de magnitud.

Los efectos posibles serían sobrepresiones, socavación, taponamientos y desbordamientos.

La crecida máxima probable (CMP) es la mayor creciente que puede esperarse suponiendo una coincidencia completa de todos los factores que producirían la máxima lluvia y la máxima escorrentía. Esta crecida está basada en una precipitación máxima probable (PMP) y por consiguiente su frecuencia no puede determinarse.

Desde el punto de vista económico no es conveniente diseñar una estructura para la CMP, debiendo por lo tanto disminuirse el porcentaje en función del tipo de estructura y de su amenaza en caso de falla. En el caso del presente estudio, debido a la falta de registros pluviográficos que permitan generar la tormenta de proyecto, se ha tomado como tormenta característica de la cuenca a la precipitación máxima en 24 horas que es el dato comúnmente registrado en las estaciones utilizadas.

La intensidad de lluvia de diseño, corresponde a la intensidad media máxima calculada para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y, se la calcula aplicando las ecuaciones generadas por el INAMHI y publicadas en el documento denominado “ESTUDIO DE LLUVIAS INTENSAS”.

La determinación de los caudales máximos en los sitios de implantación de la captación así como del período de retorno o probabilidad de ocurrencia asociados a estos caudales, se ha realizado utilizando metodologías que se ajusten a la zona sin datos pluviométricos, es decir métodos basados en datos pluviométricos, que relacionan la precipitación con las características de las cuencas y convertir esta información en caudales, considerando que el período de retorno de la tormenta de diseño, es el mismo que el caudal que se calcula.

Obteniendo un parámetro de intensidad de lluvia para el período de retorno considerado, se procede al cálculo de los caudales máximos, utilizando modelos

simples basados en la determinación del coeficiente de escorrentía a partir de las precipitaciones, obteniéndose valores que se ajustan a la Micro-cuenca en estudio.

Los caudales máximos se han calculado por medio del método racional, por considerar que este método ha proporcionado resultados satisfactorios para cuencas hidrográficas de pequeña magnitud, debido a que por el tamaño, se produce un predominio del valor de la intensidad de la lluvia sobre los demás parámetros, por la fuerte concentración de precipitación en un espacio reducido.

Se ha utilizado otro método como el Hidrograma Adimensional SCS, para ver la variación que existe entre los dos métodos.

3.21.1 Determinación del Coeficiente de Escorrentía C

El coeficiente de escorrentía es la variable menos precisa del método “Racional”. Su uso en la fórmula implica una relación entre la tasa de escorrentía pico y la tasa de lluvia para la cuenca de drenaje. La proporción de la lluvia total que alcanza los drenajes depende de la permeabilidad del suelo, de la pendiente de la cuenca de drenaje, de las características y condiciones del suelo, de la intensidad de la lluvia, de la vegetación, etc.

El coeficiente de escorrentía, fue determinado anteriormente y su valor se ha asumido para la Micro-cuenca en estudio.

$$C= 0,49$$

3.21.2 Caudales máximos de crecida

Método Racional.

Los caudales máximos se han calculado por medio del método Racional. Este método se basa en las siguientes consideraciones; si una lluvia de intensidad uniforme (I) precipita sobre la totalidad de una cuenca y dura el tiempo necesario para que todas sus partes contribuyan al derrame de precipitación menos las pérdidas por infiltración y evaporación estimadas a través del coeficiente de escurrimiento (C).

$$Q = C * I * \frac{A}{3,6}$$

Q= caudal calculado, en m³/s.

C= coeficiente de escorrentía.

I= intensidad de precipitación, en mm/h.

A= área de la cuenca, en km².

Con el valor del coeficiente de escorrentía, el área de drenaje se procedió a calcular el caudal siguiente:

CUADRO No. 21: Caudales máximos de crecida-Método Racional

Micro cuenca	C	I ₅₀ mm/hora	A Km ²	Q ₅₀ m ³ /s	R l/s/km ²
Río Manzano	0,49	47,414	9,476	61,15	6453,2

Elaborado: Autores

El cuadro anterior representa el valor máximo de la crecida para el período de retorno de 50 años y donde se ha considerado el área de la Micro-cuenca de drenaje a la cota 3880 msnm.

Hidrograma Adimensional SCS

Este método permite tener una idea aproximada de la respuesta de una cuenca ante precipitaciones cortas y homogéneas y se basa en las características físicas de la cuenca (superficie, pendiente media, longitud del cauce), proporcionan una idea del hidrograma resultante.

El hidrograma adimensional SCS es un hidrograma unitario sintético, en el cual el caudal se expresa por la relación del caudal Q con respecto al caudal pico Q_p y el tiempo por la relación del tiempo t_c con respecto al tiempo de ocurrencia del pico en el hidrograma unitario t_p.

Como paso previo se determina el tiempo de concentración, aplicando las mismas ecuaciones utilizadas en los métodos anteriores.

El hidrograma triangular del SCS simplifica la forma con un triángulo, el mismo que a pesar de su simplicidad proporciona los parámetros fundamentales del hidrograma: el caudal punta (Q_p), el tiempo base t_b , y el tiempo en el que se produce la punta t_p .

Las ecuaciones utilizadas son:

Tiempo de la punta, en horas

$$t_p = 0,5 * D + 0,6 * t_c$$

T_c = tiempo de concentración, en horas

Tiempo base, en horas

$$t_b = 2,67 * t_p$$

Caudal de la punta, en m^3/s

$$Q_p = \frac{0,208 * P * A}{t_p}$$

P = precipitación efectiva, en mm

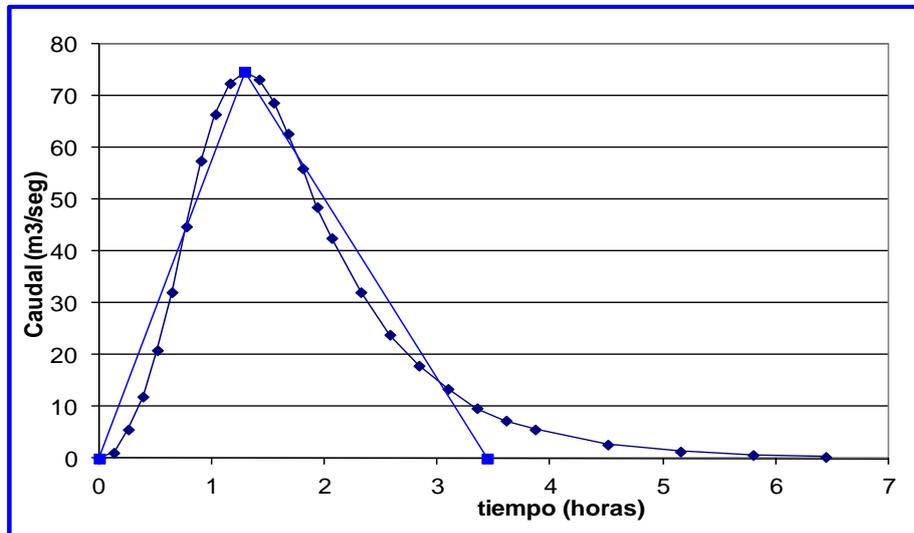
A = superficie de la cuenca, en km^2 .

Los resultados de los caudales máximos de crecida por este método, para La Micro-cuenca del Río Chuquirá objeto del presente estudio, se encuentran resumidos en el Cuadro No. 22 y representados en el Grafico No. 6.

CUADRO No. 22: Caudales máximos de crecida- Hidrograma Adimensional SCS

Datos de entrada			Cálculos		
Long cauce=	4.04	km.	Pendiente=	0.123762	m/m
Cota max=	4380	m	<i>(Fórmula tiempo conc. de la norma 5.2-IC)</i>		
Cota min=	3880	m	t conc=	1.29	horas
Superficie=	9.476	km ²	tiempo punta=	1.29	horas
Precipitación=	48.84	mm	tiempo base=	3.44	horas
Duración P neta=	1.03	horas	Caudal de la punta=	74.73	m ³ /seg.

GRAFICO No. 6: Hidrograma Adimensional SCS, Micro cuenca Río Chuquirá



Elaborado: Autores

Fuente: <http://hidrologia.usal.es/hidro.htm>

El resumen de los caudales máximos de crecida determinados para La micro-cuenca del Río Chuquirá se presenta a continuación:

MÉTODO	Q ₅₀ m ³ /s	A Km ²	R l/s/km ²
Racional	61,15	9,476	6453,2
Hidrograma Adimensional SCS	74,73	9,476	7886,2
Promedio	67,94		7169,7

3.21.3 Caudales máximos de crecida de diseño

Analizando los resultados obtenidos, se puede apreciar la dispersión entre los valores de caudales máximos obtenidos por los métodos considerados, especialmente en los que respecta al rendimiento unitario de La micro-cuenca (R, en l/s/km²), por lo cual se ha homogenizado los cálculos de los caudales máximos de crecida, de acuerdo a los criterios siguientes:

- El valor del rendimiento hidrológico obtenido en la Micro-cuenca del Río Chuquirá es de 7169,7 l/s/km².
- El análisis para La micro-cuenca del Río Chuquirá ha sido realizado con los dos métodos antes descritos para determinar si existe similitud en los resultados obtenidos sobre el caudal máximo de crecida de diseño.

En base a las consideraciones mencionadas anteriormente, el caudal máximo de crecida para un tiempo de retorno de 50 años, obtenido en el presente estudio es el siguiente:

CUADRO No. 23: Caudal de crecida de diseño

CUENCA	Q₅₀ m³/s
Río Chuquirá	67,94

Elaborado: Autores

3.22 Estación limnigráfica o pluviográfica

Se instala para la determinación de caudales por medio del registro gráfico continuo de los niveles de agua.

Según el estudio realizado y la inspección de campo se ha recomienda conveniente para tener datos mucho más precisos la estación de una estación de aforo para el Río Chuquirá.

El sitio establecido se ubica:

- En las coordenadas: 9743420.3 N y 747835.2 E
- Cota aproximada: 3880 msnm
- En el margen derecho del río

3.23 Evapotranspiración Potencial (ETP)

Numerosas fórmulas nos permiten evaluar la ETP con una aproximación suficiente para muchos estudios hidrológicos. Normalmente con estas fórmulas se calcula la ETP mes a mes para datos medios de una serie de años. Después, con la ETP mensual y las precipitaciones mensuales, se realiza un balance mes a mes del agua en el suelo con lo que se obtiene la ETR, el déficit (=ETP-ETR) y los excedentes (agua que no puede ser retenida en el suelo y escapa a la escorrentía superficial o subterránea) para cada mes del año.

Algunas de estas formulas son:

TABLA No. 8: Métodos para determinar la evapotranspiración

	Medidas necesarias	Otros datos
Tromthwaite	temperatura	De la latitud por una tabla se obtiene el n° Teórico de horas de sol.
Jensen- Heise	Temperaturas (medias y max. Y min. Del mes más cálido), Altitud, radiación solar.	Tablas de n° teórico de horas de sol. La radiación solar se puede estimar
Hargreaves	Temperatura Radiación solar	La radiación solar se puede estimar con temp. Máximas y mínimas diarias.
Blanney-Criddle	Temperatura	Tablas de n° Teórico de horas de sol, Coeficiente que depende del cultivo.
Turc	Temperatura Horas reales de sol	De las horas de sol se obtiene la radiación global incidente (cal/cm ² .día) con una fórmula
Penman	Temperatura, Horas reales de sol Veloc. Viento, humedad relativa	Por Tablas se obtiene otros parámetros necesarios.

Fuente: F. Javier Sánchez San Román-Dpto. Geología unid. Salamanca pg. 6

El cálculo de evapotranspiración se realizó de acuerdo a los datos obtenidos del INAMHI correspondientes a temperatura y radiación solar (Ver anexo. Número máximo de horas de sol), para el efecto se utilizaron los métodos de HARGREAVES y TURC.

Cálculo de la ETP diaria: Fórmulas de Hargreaves:

$$ET_o = 0,0023(t_{med} + 17,78)R_o * (t_{dmáx} - t_{dmin})^{0,5}$$

Donde: ET_o = evapotranspiración potencial, mm/día

t_{med} = Temperatura media diaria, °C

R_o = Radiación solar extraterrestre, en mm/día (tabulada)

$t_{dmáx}$ = Temperatura diaria máxima.

t_{dmin} = Temperatura diaria mínima.

La tabla Número de horas de sol está en MJulios/m²/día, para pasarlo a energía equivalente en mm/día de agua evaporada hay que multiplicar por 0,408.

Esta fórmula fue desarrollada para calcular la evapotranspiración de referencia (ET_o), que en sentido amplio. Asimilamos aquí a ETP.

Debido a que los datos de la tabla nombrada anteriormente son proporcionados en coordenadas geográficas, transformamos las nuestras coordenadas UTM mediante el programa *Tk* calculadora UTM<>GEO.

Debido a que no existe datos para la latitud 2.316° Sur en la que se encuentra la Laguna de Mapahuiña se interpolaron los datos entre la Latitud 0° y 5°.

CUADRO No. 24: Radiación solar para la zona de recarga de la laguna de Mapahuiña

Interpolación de datos de radiación solar para Mapahuiña.												
latitud	Meses											
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
5	11,8	11,9	12	12,2	12,3	12,4	12,3	12,3	12,1	12	11,9	11,8
2,32	12,0	12,0	12,1	12,1	12,2	12,2	12,2	12,2	12,1	12,1	12,0	12,0
0	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1

Elaborado: Autores

Con estos datos se procede a realizar el cálculo mediante la Fórmula de Hargreaves, con el siguiente resultado:

CUADRO No. 25: evapotranspiración según Hargreaves

CÁLCULO DE EVAPOTRANSPIRACION SEGÚN HARGREAVES						
	TEMP. MÁXIMA °C	TEMP. MÍNIMA °C	TEMP. MEDIA °C	R0 (H)	ET0(m m/día)	ET0(mm/año)
Ene	21,72	7,18	14,77	4,98	1,42	42,6329315
Feb	21,56	7,83	14,75	4,98	1,38	41,4019726
Mar	21,52	7,16	14,74	4,94	1,40	41,9742499
Abr	21,35	7,45	14,96	4,94	1,39	41,5822703
May	21,07	7,24	14,71	4,90	1,36	40,82838
Jun	20,24	7,24	14,18	4,90	1,30	38,9225243
Jul	20,15	6,94	14,14	4,90	1,31	39,1933032
Ago	20,44	6,33	14,08	4,90	1,35	40,4268671
Sep	20,13	6,18	13,95	4,94	1,35	40,369354
Oct	20,68	6,88	14,59	4,94	1,37	40,9598775
Nov	20,39	7,34	14,60	4,98	1,34	40,1745652
Dic	20,13	6,60	14,42	4,98	1,36	40,6643308
VALOR ANUAL	20,78	7,03	14,49	4,94	16,30	489,130626

Elaborado: Autores

Cálculo de la ETP mediante la fórmula de THORNTHWAITE.

1.- Se calcula un “índice de calor” (i) a partir de la temperatura media mensual (t):

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514}$$

2.- Se cálculo el “índice de calor anual (I) sumándolos 12 valores de i ”:

$$I = \sum i$$

3.- Se calcula la ETP mensual “sin corregir” mediante la fórmula:

$$ETP_{\text{sin corr.}} = 16 \left(\frac{10 \cdot t}{I}\right)$$

Donde:

$ETP_{\text{sin corr.}}$ = ETP mensual en mm/mes para meses de 30 días y 12 horas de sol (teóricas)

t = Temperatura media mensual, °C

I = Índice de calor anual, obtenido en el punto (2)

$$a = 675 \cdot 10^{-9} I^3 - 771 \cdot 10^{-7} I^2 + 1792 \cdot 10^{-5} I + 0,49239$$

4.- Corrección para el n° de días del mes y el n° de horas de sol:

$$ETP = ETP_{\text{sin corr.}} = \frac{N \cdot d}{12 \cdot 30}$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración potencial corregida

N = Número máximo de horas de sol, dependiendo del mes y de la latitud (Tabla número de horas de sol)

d = número de días del mes.

CUADRO No. 25: evapotranspiración según Thornthwaite

Cálculo de la ETP mensual mediante la fórmula de Thornthwaite														
	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	Total (mm /año)
temp	13,95	14,59	14,6	14,42	14,77	14,75	14,74	14,96	14,71	14,18	14,14	14,08	13,95	
i	4,73	5,06	5,07	4,97	5,15	5,14	5,14	5,26	5,12	4,85	4,83	4,79	4,7	60,11 a= 1,438
ETP sin corr	53,7	57,2	57,3	56,3	58,3	58,2	58,1	59,3	57,9	55,0	54,7	54,4	53,7	
nº días mes	30	31	30	31	31	28,25	31	30	31	30	31	31	30,0	
nº horas luz	12,1	12,1	12	12,00	12,2	12,2	12,1	12,1	12	12	12	12	12,1	
ETP corr.	54,1	59,6	57,3	58,2	61,2	55,7	60,5	59,8	59,9	55,0	56,6	56,2	54,1	694,1

Elaborado: Autores

CÁLCULO DE LA ETR ANUAL: FORMULA DE TURC.

Se trata de fórmulas establecidas empíricamente comparando las precipitaciones y la escorrentía total de numerosas cuencas.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Donde:

ETR=Evapotranspiración real en mm/año

P= Precipitación en mm/año

$$L=300+25t+0,05t^3$$

t= Temperatura media anual en °C.

Mediante la fórmula de TURC se realiza una verificación del resultado de evapotranspiración real.

CUADRO No. 27: evapotranspiración según Turc

TURC	
P (mm/año)=	916,27
L(°C)=	814,366092
t°C=	14,49
ETR (mm/año)=	622,59

Elaborado: Autores

3.23.1 Evapotranspiración de diseño

Mediante las formulas anteriores de evapotranspiración recomendadas por la Universidad de Salamanca-España se determino la evapotranspiración real según Turc, además se calculo por los métodos de: Thornthwaite y Hargreaves los cuales nos permiten ingresar datos de campo de la zona de estudio, llegando a la conclusión que la formula de Thornthwaite es la que más se aproxima a la real.

Por lo tanto:

La evapotranspiración de la zona de recarga es: **694,1 mm/año**

CAPITULO IV

DISCUSIÓN

EVALUACIÓN

4.1 Levantamiento topográfico en la zona de recarga

Este levantamiento se inicio en el mes de Marzo con una capacitación previa del equipo SOKKIA GRX1 en COTECMI-Quito, para el levantamiento topográfico es necesario partir de una coordenada conocida, la cual es proporcionada por el IGM mediante monografías, las características que debe tener esta monografía es de latitud, longitud y altura. Siendo la que posee estas características la del punto PE 4986-Y, ubicada al pie del muro, en cambio de dirección en el interior del hospital Provincial docente Riobamba 15m. Al Norte. De la entrada principal. Siendo esta de orden tercero con fecha 30-09-2009.

Una vez recopilado estos datos se procede a la ejecución en campo donde se aplico las ventajas que posee el equipo GRX1 en el traslado de coordenadas en el método estático el cual consiste en:

- Plantar la base en el punto de control geodésico de la monografía del IGM.
- Trasladar el móvil a la zona donde se va a realizar el levantamiento.
- Buscamos un lugar adecuado que cumpla con las condiciones de visibilidad y altura con respecto al lugar donde se realiza el levantamiento.
- Una vez identificado este punto procedemos a señalarlo mediante un cilindro de hormigón en el punto de traslado.

FIGURA. 21: Traslado del punto Base



Fuente: Autores

- Encender los equipos simultáneamente y por recomendaciones del fabricante se requiere mínimo media hora de transmisión de datos entre la base y el móvil.
- Descargamos los datos obtenidos en campo y determinamos la coordenada, la misma que pasa a ser la base para el levantamiento topográfico de la zona de recarga.
- Para evitar errores de curvatura o errores de transmisión de ondas de radio se procedió a colocar otras bases para ayudarnos con la topografía.

Una vez obtenida las bases se procedió a realizar el levantamiento por el método RTK el cual consiste en plantar la base en la coordenada conocida y mediante el móvil proceder a determinar los puntos topográficos.

Para determinar la zona de recarga se realizo los siguientes pasos:

- Primero se determino el Divorcium Acuarium o la línea divisoria de agua natural que separa las cuencas y por donde delimitamos nuestra zona de recarga hídrica de la laguna de Mapahuiña.

- Con el equipo móvil del GRX1 procedimos a tomar puntos cada 10 metros, con la opción de auto topografía, la misma que puede ser programada para que tome puntos según la una distancia o tiempo determinado.
- Los puntos topográficos se tomaron por los lugares más representativos de la zona de recarga para tener un detalle lo más exacto posible de la misma.

FIGURA No. 22: Toma de puntos en la zona de recarga de la laguna de Mapahuiña



Fuente: Autores

- Una vez recopilados los puntos topográficos procedemos a descargar los mismos de la colectora transformados en formato Excel, para utilizarlos generando el plano topográfico en el programa ArcGis.

4.2 Evaluación de resultados o Campaña de Hidrometría

Como parte de los estudios, se ha realizado una campaña de hidrometría, realizando aforos en el sitio de captación del Río Chuquirá que abastece a la laguna de Mapahuiña.

Vale indicar que los aforos son datos puntuales en el tiempo y no representan condiciones medias de caudales, más bien obedecen a condiciones de presencia de lluvias específicos en esos días.

La campaña de aforo fue realizada a partir del mes de Marzo de 2012, en condiciones climatológicas típicas de invierno de la zona.

4.3 Mediciones puntuales de profundidad “Batimetría”

Las mediciones puntuales se realizaron a bordo de un bote portable con un equipo de tres personas. Se empleó un peso sujeto a una cuerda para medir las profundidades y un GPS (Global Positioning System), para la georeferenciación en el sistema de coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) en la Zona 17 sur, en unidades de metros. Para la toma de los datos de profundidad dentro del cuerpo de agua se utilizó el siguiente equipo:

- a) bote portable de 500 x 380 cm capacidad para 4 personas,
- b) Cuerda de 20 m de longitud marcada a cada metro,
- c) Peso de Acero de 5 Kg ,y
- d) Equipo Sokkia GRX1 GNSS System de 72 canales para GPS+GLONASS+SBAS.

Con la batimetría a la laguna de Mapahuiña realizada en el mes de Junio de 2012 se pudo determinar el volumen de agua que contiene la laguna con la ayuda del programa cartográfico y topográfico ArcGis, y como resultado se obtuvo el plano de batimetría. Ver Anexo. Plano de Batimetría.

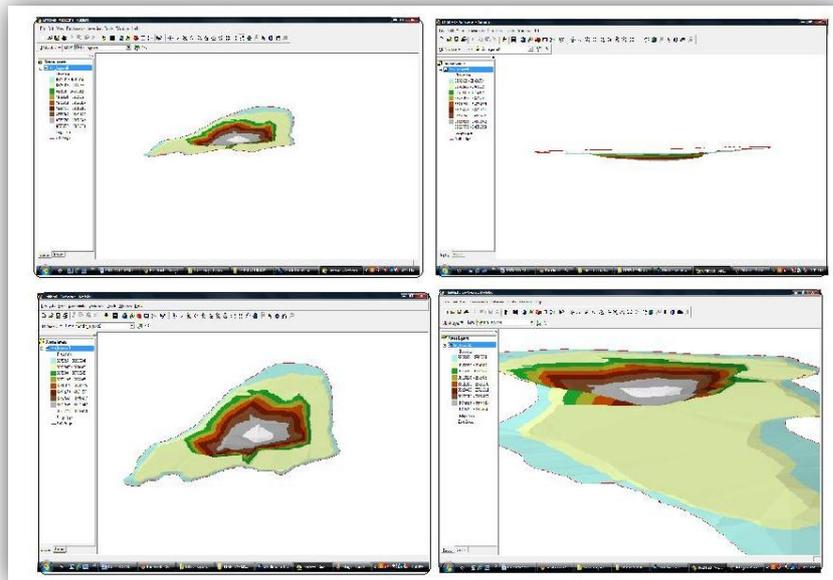
FIGURA No. 23: Batimetría en la laguna de Mapahuiña



Fuente: Autores

Una vez obtenido el plano batimétrico de la laguna de Mapahuiña y al obtener las curvas de nivel y se obtuvo que la profundidad de la laguna se encuentra en la cota $P_f = 3863.77\text{msnm}$, y la cota del nivel de la batimetría fue $P_i = 3877.47\text{msnm}$, obteniendo como profundidad máxima $h = 13.70\text{m}$.

FIGURA No. 24: Batimetría de la laguna de Mapahuiña 3D en ArcGis



Elaborado: Autores

A partir de la batimetría realizada con la ayuda del equipo topográfico GRX1 se fue midiendo la variación de nivel que se produjo durante la campaña

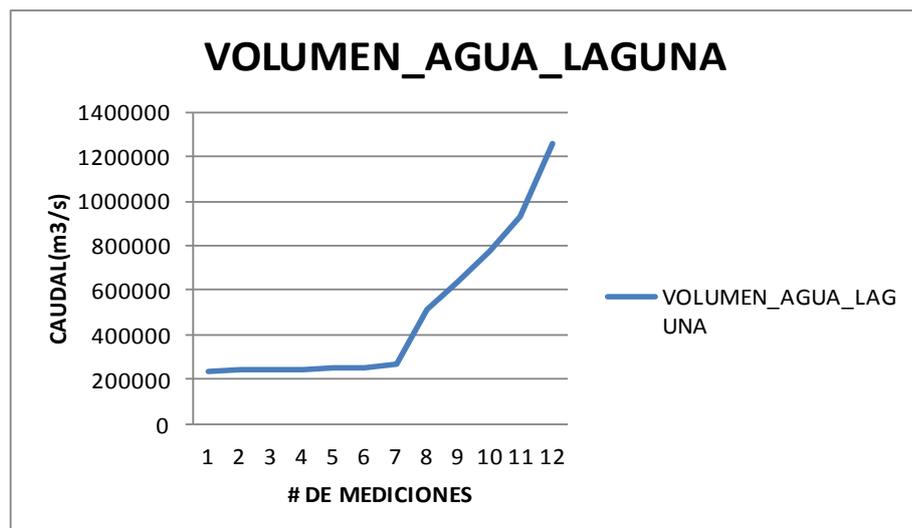
hidrométrica la misma que la ordenamos en orden ascendente para poder visualizar la variación de caudal que se ha producido la cual presentamos en el Cuadro No. 28.

CUADRO No. 28: variación del nivel de agua de la laguna de Mapahuiña

No	FECHA	NIVEL(msnm)	AREA (m2)	VOLUMEN (m3)	descripción
1	24/07/2012	3877,385	30656,201	235431,13	nivel21
2	19/06/2012	3877,418	31047,230	240588,52	nivel20
3	08/08/2012	3877,421	31091,650	241204,21	nivel24
4	24/08/2012	3877,450	31492,140	246714,36	nivel25
5	18/09/2012	3877,461	31650,907	249092,37	nivel27
6	04/06/2012	3877,473	31828,521	251683,77	nivel batimetría
7	06/09/2012	3877,565	33274,280	272317,55	nivel26
8	20/03/2012	3879,140	50252,450	517633,67	nivel1
9	28/04/2012	3879,267	58092,981	634477,08	nivel10
10	23/04/2012	3880,382	66958,368	776618,15	nivel9
11	10/04/2012	3881,850	76170,117	933772,47	nivel de crecida
12	23/03/2012	3892,060	92649,836	1255785,83	Nivel max_contorno

Elaborado: Autores

GRAFICO No. 7: Variación del volumen de agua en la laguna



Elaborado: Autores

FIGURA No. 25: Medición del nivel de la laguna



Fuente: Autores

En la tabla anterior podemos observar la diferencia de niveles que se dio durante esta campaña hidrométrica en el orden ascendente desde el mes de Marzo a Septiembre de 2012. Cabe recalcar que el nivel tomado el 23/03/2012, correspondiente al nivel más alto; este se tomo por el contorno visible de la máxima crecida histórica ocurrida en la laguna de Mapahuiña como se puede observar en la figura No. 23.

FIGURA No. 26: Nivel de crecida Máximo observado en el contorno de la laguna



Fuente: Autores

Para el cálculo del área y el volumen de agua contenido en la laguna se utilizó el programa cartográfico y topográfico ArcGis como podemos observar en el, Anexo. Determinación del volumen de agua que contiene la laguna.

Como podemos observar en el gráfico de la variación del nivel de agua de la laguna según la hidrometría de los meses indicados las siete primeras mediciones correspondientes al intervalo entre los meses de Junio-Septiembre de 2012, con una pequeña variación, la misma que podríamos decir que casi se mantiene constante y según los comuneros esos son los niveles más bajos que se generan todos los años.

4.4 Medición de Caudales que abastecen a la laguna de Mapahuiña

Para la medición de caudales se procedió a buscar los sitios ideales, donde se pueda realizar una adecuada mediante una batimetría del lugar y determinamos los caudales por el método del flotador para calcular la velocidad y en función del área determinamos el caudal. Debemos aclarar que el caudal tomado únicamente nos puede servir como comparación debido a que para que estos datos sean verídicos se necesita una medición constante y nuestra zona de estudio carece de una estación hidrométrica.

Los puntos que mejor se adaptan para el muestreo de caudales según La guía de Prácticas Hidrológicas- Organización Meteorológica Mundial se presenta en: Anexo, Puntos de medición de caudales de la laguna.

En la siguiente figura se muestra el lugar donde se realizó la medición del caudal que abastece a la laguna de Mapahuiña.

FIGURA No. 27: Medición del caudal de entrada a la laguna de Mapahuiña



Fuente: Autores

Las mediciones de caudal fueron realizadas en el punto más adecuado indicado anteriormente durante los meses de Junio-Septiembre. Los caudales medidos en las fechas indicadas en el Anexo. Medición de caudales que abastecen a la laguna de Mapahuiña.

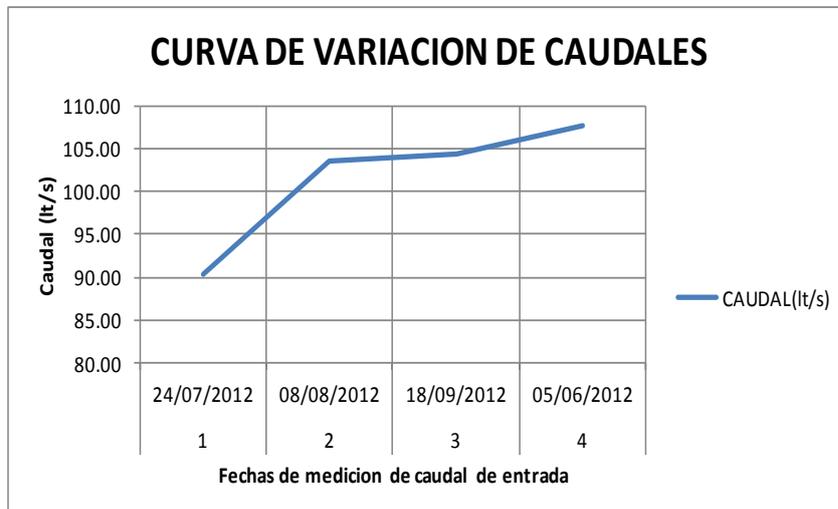
En el siguiente cuadro se muestra la campaña de medición de caudales realizada y la variación que esta ha tenido en su caudal en los meses indicados:

CUADRO No. 29: Caudales medidos que abastecen a la laguna de Mapahuiña

No	FECHA	CAUDAL(lt/s)
1	05/06/2012	107,73
2	24/07/2012	90,28
3	08/08/2012	103,57
4	18/09/2012	104,37

Elaborado: Autores

GRAFICO No. 8: Curva de Variación de Caudales medidos



Elaborado: Autores

Si analizamos los caudales medidos en las fechas antes indicadas y los comparamos con los caudales medios mensuales generados para el Río Chuquirá se ajustan a los valores tomados en campo, es decir se encuentran dentro del rango del caudal máximo y mínimo.

Cabe recalcar que no van a ser exactos debido a que el dato tomado en campo es una medida puntual y los datos generados son una medida media mensual además que en los últimos años la variación del clima ha sido muy extrema y cada vez es más complicado generar una estadística de caudal o pronosticar crecidas para el diseño de obras civiles en este caso de riego.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La finalidad del presente estudio, fue la de establecer las disponibilidades hídricas y topográficas de La Micro-cuenca del Río Chuquirá, como fuente de información para el proyecto PROPUESTA TECNICA DE MANEJO DE MANEJO DE SUBCUENCAS HÍDRICAS Y CARACTERIZACIÓN TERRITORIAL AMBIENTAL, CONSIDERANDO EL PAISAJE CULTURAL ANDINO Y EL DESARROLLO SOCIOECONÓMICO DE LA PARROQUIA DE ACHUPALLAS, CANTÓN ALAUSI, PROVINCIA DE CHIMBORAZO, de la Universidad nacional de Chimborazo.
- Por la facilidad de uso y manejo del equipo topográfico GRX1, se pudo realizar un levantamiento topográfico de alta precisión en condiciones climáticas extremas y en terrenos sumamente montañosos y cubiertos de pajonales.
- Con la ayuda del levantamiento topográfico detallado calculamos los principales parámetros físicos de La micro-cuenca del Río Chuquirá.

Unidad Hidrográfica	A Km ²	P Km	L Km	Hmax msnm	Hmin msnm	Hmedia msnm	Ht m	Sc m/m	Pm %	Tc	
										horas	min
Micro cuenca rio Chuquirá	9,476	12,613	4,04	4,380	3,880	4,130	500	0,124	90,28	1,03	61,63

- De la estimación de los caudales disponibles de la zona de recarga, se ha establecido que el agua se capta naturalmente por su topografía montañosa, además que es una micro cuenca que su sitio de captación se encuentra en la cota 3880 msnm, y en las micro cuencas aledañas los cauces están a menor altitud y no hay como encausar el agua de las cuencas vecinas.

- Otra causa por las que no se puede realizar obras civiles de captación es porque la zona de estudio se encuentra ubicada en la zona de amortiguamiento del parque nacional Sangay, y el ministerio del ambiente no permite la construcción de obras civiles en este tipo de sectores.
- Para establecer los parámetros climáticos se ha tomado la información de las estaciones consideradas como referenciales, principalmente de la estación de Achupallas, y de Guaslán por la cercanía a la zona de estudio.
- La precipitación media anual de la Micro-cuenca del Río Chuquirá es de 916,265 mm, teniendo como los meses más lluviosos de noviembre a abril, los cuales nos percatamos por las diferentes visitas a la alguna de Mapa huiña.
- De acuerdo al estudio de intensidades de lluvia elaborados por el INAMHI, se obtuvo el valor de intensidad de de lluvia para un período de retorno de 50 años, cuyo valor es: 47,414 mm/h
- En vista de la carencia de estaciones hidrométricas en su interior se ha considerado la generación de caudales del Río Chuquirá, mediante la transportación de los caudales medios mensuales de la estación Río Ozogoché en desagüe de lagos, que es la mejor se identifica con la Micro cuenca del Río Chuquirá, por sus características y vecindad geográfica.
- Los caudales aprovechables se resumen en el cuadro siguiente:

Caudales medios mensuales probables (m³/s)

MES	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
ENE	0.0471	0.0453	0.0377	0.0372	0.0365	0.0356	0.0355	0.0306	0.0291	0.0206
FEB	0.0604	0.0558	0.0549	0.0523	0.0445	0.0424	0.0380	0.0306	0.0243	0.0269
MAR	0.0917	0.0720	0.0611	0.0590	0.0541	0.0491	0.0459	0.0356	0.0326	0.0325
ABR	0.2155	0.1598	0.1058	0.1041	0.0878	0.0840	0.0543	0.0528	0.0460	0.0426
MAY	0.1646	0.1152	0.1085	0.1063	0.1020	0.0993	0.0896	0.0831	0.0752	0.0633
JUN	0.2129	0.1701	0.1410	0.1196	0.1114	0.1074	0.1072	0.1025	0.0870	0.0509
JUL	0.2038	0.1719	0.1607	0.1516	0.1348	0.1215	0.1153	0.1087	0.0839	0.0695
AGO	0.1837	0.1758	0.1611	0.1532	0.1376	0.1266	0.1089	0.0956	0.0663	0.0679
SEP	0.1358	0.1064	0.1014	0.0953	0.0917	0.0757	0.0689	0.0609	0.0568	0.0539
OCT	0.0713	0.0591	0.0569	0.0538	0.0516	0.0496	0.0467	0.0400	0.0349	0.0303
NOV	0.0804	0.0593	0.0537	0.0438	0.0426	0.0328	0.0233	0.0215	0.0199	0.0245
DIC	0.0711	0.0648	0.0435	0.0416	0.0323	0.0238	0.0219	0.0171	0.0154	0.0257

Caudales de diseño

CAUDALES DE DISEÑO												
RIO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Q(80%)rio_M	0.0306	0.0306	0.0356	0.0528	0.0831	0.1025	0.1087	0.0956	0.0609	0.0400	0.0215	0.0171
Q(Ecológico)	0.004	0.005	0.006	0.010	0.010	0.013	0.014	0.014	0.009	0.005	0.004	0.004
Q(Diseño)	0.0269	0.0259	0.0300	0.0423	0.0727	0.0890	0.0946	0.0819	0.0518	0.0349	0.0171	0.0133

- Caudales máximos de crecida calculados en el sitio de estudio de la zona de recarga de la laguna de Mapahuiña para un período de retorno de 50 años es:

CUENCA	Q ₅₀ m ³ /s
Rio Chuquira	67,94

- Por testimonio de los comuneros del sector, se indica que el nivel más bajo que se da todos los años son los medidos en los meses de junio a septiembre manteniéndose constante en el nivel aproximado de 3877 msnm y no menores que los mismos, significando esto que no se está perdiendo en su totalidad este importante recurso hídrico.

5.2 RECOMENDACION

- Se recomienda para mejor y mayor precisión en los datos climáticos y en la medición de los caudales que abastecen a la alguna de Mapahuiña la instalación de una estación hidrometeorológica la cual nos dé un registro confiable de datos que se asemejen mas a la realidad de la zona de estudio.
- Calibrar correctamente los equipos de medición para no acarrear muchos errores al momento de la toma de datos en campo.
- Capacitarse en temas referentes al estudio debido a que no existe mucha información ni muchos profesionales especializados en la conservación de estos importantes recursos hídricos.

- Debido a que nuestra zona de estudio se encuentra en la zona de amortiguamiento del parque nacional Sangay, y el ministerio del ambiente no aprueba la construcción de obras civiles se recomienda que se realice un plan de conservación para seguir manteniendo este importante recurso hídrico.
- Se recomienda la aplicación de las metodologías propuestas en el presente estudio para diagnósticos posteriores de otras cuencas hidrográficas, que permitan la validación de los procesos aplicados a la presente.

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1 Título de la Propuesta

Plan de manejo ambiental de la zona de recarga de la laguna de Mapahuiña en base a información topográfica y de afluentes.

6.2 Introducción

Con la topografía de la zona de recarga de la laguna de Mapahuiña obtuvimos como resultados:

Parámetros físicos de La micro-cuenca del Rio Chuquirá

Unidad Hidrográfica	A Km ²	P Km	L Km	Hmax msnm	Hmin msnm	Hmedia msnm	Ht m	Sc m/m	Pm %	Tc	
										horas	min
Micro cuenca rio Chuquirá	9,476	12,613	4,04	4,380	3,880	4,130	500	0,124	90,28	1,03	61,63

Elaborado: Autores

Donde podemos observar que la altura media de nuestra Micro-cuenca es de **4130 msnm** y una pendiente media de **90,28% o 40,6°** de inclinación, siendo esta muy propensa a las crecidas y por su alta pendiente nos indica que el agua captada por la micro cuenca es conducida a la laguna de forma natural. Además que las micro cuencas aledañas a la zona de recarga de la laguna de Mapahuiña se encuentran ubicadas en una cota más baja lo que hace imposible la captación de agua de las

mismas a nuestra micro-cuenca, haciendo que la captación de agua de esta laguna sea exclusivamente de su zona de recarga.

Al momento de georeferenciar los puntos tomados en el levantamiento topográfico este se encuentra en la zona de amortiguamiento de la reserva ecológica del **Parque Nacional Sangay**, en la cual el ministerio del ambiente nos indica que está prohibida la ejecución de obras civiles en este tipo de lugares, además de que el acceso a este lugar y el traslado de maquinaria pesada es de gran dificultad por su topografía y la falta de vías de acceso a la misma, es por estos motivos que se sugiere un **Plan de Manejo Ambiental**.

El plan de manejo ambiental es un instrumento de gestión cuya finalidad es servir como guía de programas, procedimientos, prácticas y acciones orientadas a prevenir, minimizar, mitigar y controlar los impactos y riesgos ambientales que se generan basados en los resultados obtenidos en el estudio. En paramos es sumamente necesario debido a que estos nos sirven como suministrador de agua y la hidrología de paramos es muy poco entendida. Datos meteorológicos e hidrológicos son casi inexistentes, y la literatura científica es extremadamente escasa. Hasta hoy, esto no ha causado problemas graves para el aprovechamiento del agua debido a la abundancia de paramos cercanos a las poblaciones y a la alta producción de agua.

En el futuro, los problemas podrían surgir. Un incremento en la población, el estándar de vida, y en las actividades agrícolas y económicas resultarían en una creciente demanda por el agua.

El agua del paramo es importantísimo para el funcionar de poblaciones que viven en los andes a gran altura. Es consumida como agua de uso doméstico y uso agrícola y es usada para la generación de energía.

Debido a que nuestra laguna en estudio se encuentra en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay, el ministerio del ambiente prohíbe la intervención con obras civiles en este tipo de lugares, además de que esta es el inicio de la micro-cuenca cuyo sitio de captación del río está en la cota **3880**

msnm superior a la de sus cuencas vecinas, no podemos encausar el agua de las mismas, por lo tanto y gracias a su topografía montañosa toda el agua es captada naturalmente al río principal y este a la laguna.

Es por este motivo es que se propone el plan de manejo ambiental mediante campañas de concientización a la comunidad acerca de la importancia de este recurso hídrico, evitar el pastoreo masivo, asentamientos humanos, contaminación por residuos sólidos, quema de pajonales y promover el turismo sustentable.

6.3 Objetivos

GENERAL

- Determinar información Topográfica y de Afluentes de la laguna de Mapahuiña para una plan de manejo ambiental.

ESPECIFICOS

- Realizar levantamientos topográficos detallados de la zona de recarga.
- Identificar la zona de Recarga.
- Delimitar los afluentes de la laguna de Mapahuiña.
- Evaluar los caudales de recarga superficiales.
- Elaboración del plan de manejo ambiental.

6.4 Fundamentación Científica y técnica

En el Ecuador no existe mucha investigación e instituciones encargadas de la conservación de humedales o paramos, siendo estos un importante recurso hídrico del cual se abastecen principalmente las comunidades aledañas y como afluentes principales de los más importantes causes aprovechados principalmente para riego y para la generación de energía hidroeléctrica.

El clima

Una característica común del paramo es la presencia de temperaturas muy frías. La temperatura media 3500 m esta alrededor de 7° C (Buytaert, 2004). Por otro

lado el consumo natural de agua en el paramo es muy bajo, debido a la predominancia de pajonales y de hierbas xerofíticas con características de baja evaporación.

La precipitación anual es relativamente alta comparada con zonas más bajas aledañas, pero muy variable (700-3000 mm) (Luteyn, 1992).

El suelo

A pesar de la compleja geología y topografía, los suelos del paramo son relativamente homogéneos. El tipo de suelo y las propiedades son principalmente determinadas por dos factores: (1) el clima, y (2) la existencia de una capa homogénea de cenizas de erupciones volcánicas del cuaternario (Barberi et al., 1988; Sauer, 1975; Winckell et al., 1991; Buytaert et al., 2005b; Colmet-Daage et al., 1967). El clima frío y húmedo, y la baja presión atmosférica favorecen a la acumulación de la materia orgánica en el suelo.

Producción de agua y regulación

Como resultado de la baja evapotranspiración, hay un gran excedente de agua, alimentando los ríos que descienden a hacia las regiones costeras y a la cuenca amazónica. Junto a una alta producción de agua, la capacidad de regulación de agua del paramo es casi legendaria entre agricultores y científicos (Hofstede, 1995; Medina y Vasconez, 2001; Poulénard et al., 2001; Sarmiento, 2000; Poulénard et al., 2003; Podwojewski et al., 2002; Luteyn, 1992). De hecho muchos ríos de paramo proveen un flujo base sostenido a través del año (Buytaert et al., 2004). Es improbable que la vegetación predominante, de pajonales y pequeños arbustos, tenga un mayor impacto en la regulación del agua. El flujo base sostenido es atribuido principalmente al clima, la topografía y los suelos.

Impacto Humano

Las actividades que se realizan en el paramo pueden poner serios limitantes para su conservación. Se puede distinguir dos tipos principales de impactos humanos. Por un lado se observa el incremento de la presencia humana en el paramo. Esta presencia tiene un impacto directo en el ciclo del agua por medio de cambios en

las propiedades del suelo y vegetación y la construcción de infraestructuras. Por otro lado hay un impacto indirecto en la hidrología del paramo debido a los cambios climatológicos.

Agricultura con labranza

El principal efecto de la labranza en los suelos del paramo es la degradación irreversible de la estructura, principalmente en lo que respecta con el contenido de materia orgánica y de los minerales. Esto causa generalmente una disminución de la retención de agua, aumento de la hidrofobicidad y destrucción de la materia orgánica. El resultado es menos regulación de agua.

Forestación con bosque nativo.

La forestación con bosque nativo puede ser importante en la medida de que ayuda a proteger el suelo. Sin embargo, que la forestación en el paramo con especies nativas ayudara a mantener los caudales en época de estiaje (como resulta en cuencas de media y baja montaña), es una idea errónea; lo anterior sin duda producirá efectos desconocidos, probablemente reduciendo la producción hídrica (Hofstede, 2000, 2001) al igual que ha ocurrido en otros países con ecosistemas similares al paramo (Bosch y Hewlett, 1982; Duncan, 1995; Putuhena y Cordery, 2000). El pajonal es probablemente un protector del suelo igualmente bueno y de menos consumo de agua. Sin embargo evidencias contundentes no existen.

Quemas

Las quemas pueden afectar severamente la estabilidad del suelo. Estas prácticas inducen a la formación de agregados del suelo hidrofobicos y estables con alta repelencia al agua. (Wada, 1985; Valat et al., 1991; Golchin et al., 1997; Piccolo y Mbagwu, 1999). El grado de la repelencia de agua depende de la cantidad y del tipo de materia orgánica (Poulenard et al., 2001). Sin embargo, esto seria los efectos de un incendio de alta intensidad que llegue realmente a la superficie del suelo. En la mayoría de incendios de pajonal esto no es el caso.

Pastoreo

La resistencia mecánica de los Andosoles e Histosoles es muy baja. Al ser pisados estos suelos se compactan y pierden así su extraordinaria capacidad de retención de agua. La compactación es menor con los camélidos andinos que con ganado vacuno y bovino. El sobrepastoreo le deja al suelo sin protección contra el sol. Se seca la parte superficial del suelo en forma irreversible y se vuelve extremadamente vulnerable a la erosión hídrica y eólica (típica situación en la provincia de Chimborazo).

Cambios climáticos

Es posible que exista un cambio de régimen de precipitación en los Andes ecuatorianos y por consecuente en los páramos. Debido a la inexistencia de registros históricos largos es imposible comprobarlo.

Aun si hubiera un cambio de precipitación en los páramos hay otro efecto del cambio global de clima que seguramente tendrá un impacto mucho más alto sobre la hidrología de los páramos, esto es la disminución del área del paramo mismo.

Los andosoles responsables de la regulación hídrica dependen de la temperatura fría para su existencia. Si la temperatura sube la descomposición de la materia orgánica aumenta y los suelos pierden su capacidad de regulación.

6.5 Descripción de la Propuesta

Para el plan de manejo ambiental de la laguna de Mapahuiña vamos primero a realizar una campaña de concientización a los beneficiarios directos de este recurso hídrico (comunidad de Mapahuiña), los cuales van a ser los actores principales para la conservación de la misma.

Capacitar sobre las consecuencias del excesivo pastoreo en la zona de recarga, las causas producidas por los asentamientos humanos y lo que produce la contaminación con residuos sólidos.

Para los turistas que accedan a esta zona colocar letreros que den a conocer la importancia de los páramos además de un guía o guarda parques que realice sondeos permanentes por la zona percatándose que se esté cuidando la misma.

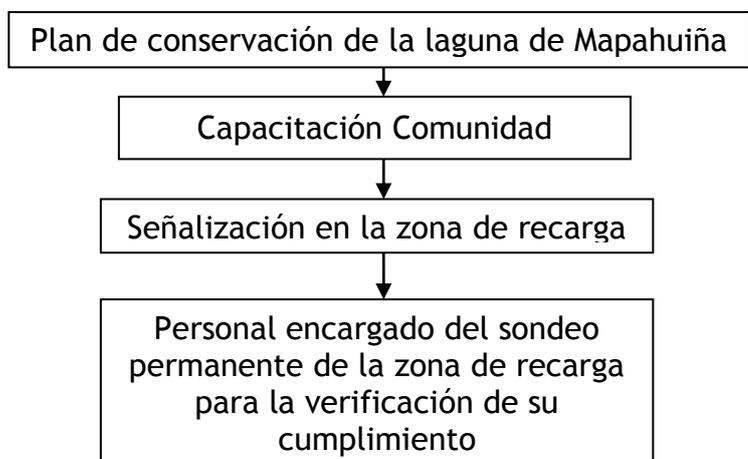
El financiamiento de la conservación de esta zona estaría a cargo del estado ya que la misma esta dentro la zona de amortiguamiento del parque nacional Sangay y corresponde al estado la conservación de las mismas.

TABLA No. 9: Propuesta de Plan de Manejo Ambiental

ETAPA				
ACCIONES	FACTOR AMBIENTAL			MEDIDA MITIGADORA
	COMPONENTE FÍSICO	COMPONENTE BIÓTICO	COMPONENTE ANTROPOGENICO	
Capacitación a los comuneros sobre la importancia de la conservación de la laguna de Mapa huiña			Calidad de vida Disponibilidad del recurso hídrico	Socializar los avances del proyecto con los directivos de la comunidad, gobiernos seccionales, en conjunto con el ministerio del ambiente. Capacitaciones sobre el manejo adecuado de las cuencas hídricas y paramos. Capacitaciones sobre la importancia de los recursos hídricos.
Evitar sobrepastoreo en la zona de recarga de la laguna de Mapahuiña	Compactación y erosión del suelo Degradación de la calidad de agua	Perdida de cobertura vegetal	Falta de recursos económicos	Mejorar la calidad de pastos en la parte baja con especies de alto rendimiento. Señalización
Evitar la quema de pajonales	Degradación de la calidad del suelo	Perdida de cobertura vegetal		Concientizar a la gente sobre las consecuencias de la quema de pajonales Visitas periódicas por un guarda parques a constatar que no se esté quemando los mismos Señalización
No arrojar residuos sólidos no degradables	Erosiona de Suelo Modifican el Ph del suelo Estructura del suelo	Muerte de micro organismos por sustancias compuestas por metales pesado	Contaminación visual	Concientización a la comunidad sobre los peligros que se genera con la contaminación de solidos no

				degradables Colocar basureros en sitios estratégicos para los turistas que visiten la zona Señalización
ETAPA				
ACCIONES	FACTOR AMBIENTAL			MEDIDA MITIGADORA
	COMPONENTE FÍSICO	COMPONENTE BIÓTICO	COMPONENTE ANTROPOGENICO	
Evitar los asentamientos humanos en la zona de recarga de la laguna de Mapahuiña	Estructura del suelo	Dstrucción de los pajonales		Informar a los comuneros que esta zona se encuentra en un área protegida y no se puede construir obras civiles dentro de la zona de recarga.
Evitar la agricultura con labranza	Degradación irreversible de la estructura del suelo			Capacitar a la comunidad de las consecuencias de la labranza en la zona de recarga y en paramos.
Evitar Forestación con especies exóticas	Degradación de la estructura del suelo y pérdida del recurso hídrico	Pérdida de biodiversidad	Perdida de la Identidad en la cultura del manejo sustentable del recurso hídrico	Capacitar a la comunidad sobre la forestación que debe existir en la zona de recarga y las causas que generan la forestación con otras especies.
Promover el turismo sustentable	Daño del entorno paisajístico		Calidad de vida	Capacitar a los pobladores acerca de la educación ambiental enfocada en el turismo sustentable para mejorar la calidad de vida de los habitantes

6.6 Diseño Organizacional



6.7 Monitoreo y evaluación de la Propuesta

El personal encargado del monitoreo permanente se encargara de:

- Evitar el ingreso de animales de pastoreo que afecten los pajonales
- Que los turistas o personas de la zona no arrojen desechos sólidos que dañen el ecosistema del sector.
- Charlas con los miembros de la comunidad para el apoyo en la conservación de la laguna.
- Guiar e informar sobre la importancia y cuidado a turistas nacionales y extranjeros.

CAPITULO VII

BIBLIOGRAFÍA

1. GARCIA MARTIN, Antonio: Topografía básica para ingenieros/Antonio García Martin, Manuel F. Rosique Campoy, Francisco F. Segado Vázquez-Murcia, servicio de publicaciones, Universidad de Murcia, 1994. ISBN 84-76-84-568-S, Pg.: 1-5, 39.
2. F. Javier Sanchez San Roman-Dpto. Geología, Univ. Salamanca; Pg. 1, 6-8.
3. HIDROLOGIA para estudiantes de ingeniería civil, Wendor Chereque Moran,
4. HIDRORED, Red latinoamericana de micro hidroenergía, 2004, Oswaldo Ortiz Vera. Pg. 3.
5. HIDROLOGIA EN LA INGENIERIA (1995), Germán Monsalve Sáenz.
6. HIDROLOGIA APLICADA. Ven Te Chow. Tormentas de diseño, Relaciones Duración-Intensidad-Frecuencia. Pg. 455
7. HIDROLOGÍA DEL PARAMO, Importancia, propiedades y vulnerabilidad, B. De Bievre^{b,c}, V. Iñiguez^b, W. Buytaert^{a,b,*1}
8. M. Farjas, España. Tema 13: Levantamientos Batimétricos.

9. OSCAR DANILO MATUS SILVA (2007), Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa Nicaragua.
10. ORGANIZACIÓN METEOROLOGICA MUNDIAL, Guía de Prácticas Hidrológicas. Quinta Edición (1994), CAPITULO 10- Niveles de Ríos, Lagos y Embalses.
11. ORGANIZACIÓN METEOROLOGICA MUNDIAL, Guía de Prácticas Hidrológicas. Quinta Edición (1994), CAPITULO 11- Mediciones del Caudal.
12. ORGANIZACIÓN METEOROLOGICA MUNDIAL, Guía de Prácticas Hidrológicas. Quinta Edición (1994), CAPITULO 12- Estaciones de Aforos de caudales.
13. ORGANIZACIÓN METEOROLOGICA MUNDIAL, Guía de Prácticas Hidrológicas. Quinta Edición (1994), CAPITULO 21- Recolección de Datos.
14. PONTIFICA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU. Precipitación Pg. 15, 115.
15. RODRIGUEZ RODRIGUEZ, Ernesto. Univ. J. Autónoma de Tabasco, 01/01/2002 - 264 páginas. Primera edición 2002. Las lagunas continentales de tabasco. pag. 118. Cap 4.2. Análisis Batimétrico
16. <http://es.wikipedia.org/wiki/Clima>
17. <http://es.wikipedia.org/wiki/Hidrometr%C3%ADa>
18. <http://topografiadocente.over-blog.es/article-34307781.html>
19. http://www.ingemin.gob.ve/areas_cientificas/topografia.htm
20. http://www.microgeo.cl/media/productos/descargas/GRX1_B_ESLA_Web.pdf
21. <http://definicion.de/metodo-inductivo/>

22. <http://deismo.iespana.es/metodocientifico.htm>

23. <http://hidrologia.usal.es/hidro.htm>

CAPITULO VIII

APÉNDICES Y ANEXOS