

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL



“APLICACIÓN DEL MODELO R.E.C.E. EN LA  
MODELIZACIÓN HIDRAULICA DE CAUDALES ECOLÓGICOS  
EN EL RIO TULUMAYO – C.H. CHIMAY”

## TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO SANITARIO**

PRESENTADO POR:

**CARLOS ARTURO PAJARES ROJAS**

LIMA, PERU

2005

## **RESUMEN**

En el presente trabajo, refleja el interés por mejorar la calidad de vida de los elementos que constituyen los ecosistemas presentes en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica "CHIMAY", dicho tramo de río perjudicado por el desvío parcial y en algunas épocas el total del flujo genera impactos negativos aguas abajo los cuales alteran significativamente los ecosistemas; para minimizar dichos impactos se determinará un caudal ecológico de manera que genere un equilibrio en desarrollo normal de los ecosistemas.

El desarrollo del trabajo consta en un principio de un marco legal aplicable al estudio como conocimiento básico de la normatividad legal e institucional, en los cuales las personas podrán ejercer sus derechos frente a un peligro de degradación del medio ambiente, que puede generar el establecimiento de una central hidroeléctrica de esta envergadura.

Posteriormente se detallan las características hidráulicas de la Central Hidroeléctrica con la finalidad de observar la diferencia de cotas entre la toma (presa) y el nivel de descarga, estableciendo así mediante mapas cartográficos, la longitud del tramo a analizar.

Una vez determinado el tramo se realizará un diagnóstico ambiental de la zona implicada, una recopilación de información hídrica y un monitoreo minucioso del cauce del río, estableciéndose estaciones de aforo a lo largo del tramo en estudio y sus afluentes.

Ya obtenido la información hídrica histórica de los caudales mínimos se determinará el periodo mínimo y caudal de cambio, puntos que permitirán establecer el periodo de estudio y el posible caudal ecológico, siempre y cuando cumplan los criterios bióticos y abióticos, para ser considerado como tal.

Luego de haber establecido el pre dimensionamiento del modelo "RECE" se inicia el desarrollo del mismo, partiendo de una comprobación de los caudales aforados y estimados mediante las formulas de Manning y Chezy, estableciéndose márgenes de errores los cuales definirán las alternativas para la modelización hidráulica, la cual se inicia estableciendo una relación entre la hidrología y las características fisicoquímicas y biológicas del ecosistema fluvial, los cuales se comprobaran mediante distintos criterios abióticos y bióticos, obteniendo como resultado un caudal ecológico.

## INDICE

<b>CAPITULO I: “INTRODUCCION Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO”</b> .....	1
1.- INTRODUCCION .....	2
2.- OBJETIVOS .....	3
<b>CAPITULO II: “MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL APLICABLE AL ESTUDIO”</b> .....	4
3.- MARCO NORMATIVO LEGAL .....	5
3.1.- CONSTITUCION POLITICA DEL PERU .....	5
3.2.- LEY GENERAL DEL AMBIENTE (L.Nº 28611) .....	5
3.3.- LEY GENERAL DE AGUAS .....	7
3.4.- LEY MARCO DEL SISTEMA NACIONAL DE GESTION AMBIENTAL (L.Nº 28245) .....	12
4.- MARCO INSTITUCIONAL .....	16
5.- REFERENCIAS NORMATIVAS AMBIENTALES NACIONALES .....	16
5.1.- NORMAS AMBIENTALES DE GOBIERNOS REGIONALES .....	17
5.2.- NORMAS AMBIENTALES DE GOBIERNOS LOCALES .....	17
5.3.- NORMAS AMBIENTALES REGIONALES .....	17
5.4.- NORMAS AMBIENTALES DEL SECTOR ENERGIA Y MINAS .....	17
5.5.- NORMAS AMBIENTALES DEL SECTOR AGRARIO .....	18
6.- REFERENCIAS NORMATIVAS AMBIENTALES INTERNACIONALES ..	18
7.- PROYECTO DE LEY .....	19
7.1.- LEY REGULA DE CAUDALES ECOLOGICOS .....	19
<b>CAPITULO III: “CENTRAL HIDROELECTRICA CHIMAY”</b> .....	21
8.- ANTESCEDENTES .....	22
9.- UBICACIÓN GEOGRAFICA .....	22
10.- ACCESIBILIDAD .....	22
11.- CARACTERISTICAS TECNICAS .....	23
11.1.- TOMA TULUMAYO .....	23
11.2.- CASA DE MAQUINAS .....	25

<b>CAPITULO IV: “DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RIO TULUMAYO”</b> .....	28
12.- DIAGNOSTICO AMBIENTAL .....	29
12.1.- ORIGEN DEL RIO .....	29
12.2.- DIAGNOSTICO DEL MEDIO FISICO .....	29
12.2.1.- CLIMATOLOGIA .....	29
12.2.2.- FORMACIONES SEDIMENTARIAS Y SUELOS .....	34
12.2.3.- ELEVACION Y GEOMORFOLOGIA .....	35
12.2.4.- HIDROLOGIA .....	35
12.2.4.- FUNDAMENTO DE OBTENER UN CAUDAL ECOLOGICO ..	37
12.3.- DIAGNOSTICO DEL MEDIO BIOLOGICO .....	38
12.3.1.- VEGETACION .....	38
12.3.2.- PECES .....	39
12.4.- DIAGNOSTICO SOCIO-ECONOMICO DEL MEDIO .....	40
12.4.1.- DEMOGRAFIA .....	40
12.4.2.- FACTORES SOCIO-CULTURALES .....	41
12.4.3.- FACTORES ECONOMICOS .....	46
12.4.4.- USOS DE TERRITORIO .....	47
<b>CAPITULO V: “METODOS Y MODELOS MATEMATICOS PARA LA DETERMINACION DE CAUDALES ECOLOGICOS”</b> .....	48
13.- MODELOS Y METODOS .....	49
13.1.- METODOS HIDROLOGICOS .....	49
13.2.- METODOS DE SIMULACION HIDRAULICA .....	50
<b>CAPITULO VI: “RECE-REGIMEN ESTACIONAL DE CAUDALES ECOLOGICOS”</b> .....	52
14.- PROCEDIMIENTO .....	53
15.- MATERIAL Y METODOS .....	55
15.1.- CLASIFICACION DEL REGIMEN HIDRODINAMICO DEL RIO .....	56
15.2.- DETERMINACION EXPERIMENTAL DEL COEFICIENTE DE RESISTENCIA DEL CANAL “C-CHEZY” .....	59
15.3.- MODELIZACION HIDRAULICA .....	61

15.4.- COMPROBACION DE CRITERIOS ABIOTICOS Y BIOLÓGICOS .....	64
16.- RESPONSABILIDAD INSTITUCIONAL .....	67
<b>CAPITULO VII: “APLICACIÓN DEL MODELO RECE EN EL RIO TULUMAYO .....</b>	<b>68</b>
17.- MONITOREO .....	69
17.1.- METODOS DE MEDICION DE CAUDALES .....	69
17.2.- IMPLEMENTACION DE ESTACIONES DE MEDICION EN QUEBRADAS .....	72
17.3.- UBICACIÓN DE QUEBRADAS .....	74
17.4.- TOMA DE DATOS EN LAS QUEBRADAS DE AFORO .....	75
17.5.- TOMA DE DATOS EN LAS SECCIONES DE AFORO .....	76
17.6.- DATOS DE AFORO .....	76
18.- RESULTADOS .....	82
18.1.- DETERMINACION DEL PERIODO MINIMO .....	82
18.2.- CALCULO DEL CAUDAL DE CAMBIO .....	83
18.3.- COMPARACION DE CAUDALES AFORADOS Y ESTIMADOS MANNING Y CHEZY .....	83
18.3.1.- CARACTERISTICAS HIDRODINAMICAS DE LOS TRAMOS EN EL RIO TULUMAYO .....	83
18.3.2.- CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DE LOS TRAMOS EN EL RIO TULUMAYO .....	85
18.3.3.- CONTRASTE DE CAUDALES ESTIMADOS Y AFORADOS .....	85
18.4.- MODELIZACION HIDRAULICA DE CAUDALES ECOLOGICOS .....	88
18.5.- COMPROBACION DE CRITERIOS ABIOTICOS Y BIOLÓGICOS .....	90
<b>CAPITULO VIII: “OBSERVACIONES, RECOMENDACIONES, CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFIA” .....</b>	<b>91</b>
19.- OBSERVACIONES .....	92
20.- RECOMENDACIONES .....	95

21.- CONCLUSIONES .....	97
22.- BIBLIOGRAFIA .....	99
23.- ANEXOS .....	100

## CAPITULO I

### “INTRODUCCION Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO”

## 1.- INTRODUCCIÓN

Los grandes proyectos de ingeniería hidráulica han representado un gran impulso para el desarrollo económico de los países, gracias a ellos se han logrado incrementos en la producción agrícola, la generación de energía eléctrica, y diversas actividades que han generado crecimiento económico. Sin embargo, su implementación y posterior desarrollo han afectado muchos ecosistemas naturales, llegándose en muchos casos a su destrucción total. Para evitar que esto suceda particularmente en los ríos, debe existir un caudal mínimo que se mantenga en su curso fluvial en construir una presa, captación o derivación, de manera que no se alteren las condiciones naturales de los ecosistemas y se garantice el desarrollo de una vida fluvial igual a la que existía anteriormente.

Los problemas que ocasionan las variaciones de la cantidad, es decir, las variaciones de caudal en los ríos, deben ser minimizados con los caudales ecológicos. Los caudales mínimos ecológicos en los ríos intentan evitar la alteración de los usos al disponer del agua suficiente para sostener los ecosistemas, la recreación (con o sin contacto directo) y los aspectos paisajísticos. Estos tres elementos deben ser considerados en forma interdependiente para poder asegurar el normal desarrollo de todos ellos. El más estudiado de estos aspectos es, sin duda, el caudal ecológico. Para esto, se han desarrollado innumerables métodos y metodologías para determinar los requerimientos de caudal de los ecosistemas. Los métodos más simples corresponden a los hidrológicos o estadísticos, que determinan el caudal mínimo ecológico a través del estudio de los datos de caudales.

El presente estudio presenta la planificación, el desarrollo y los resultados de un estudio de caudales siguiendo la metodología RECE (Régimen Estacional de Caudales Ecológicos) que más se adecua a la realidad que gobierna el río Tulumayo, aquel que estudiaremos y que ha sido influenciado por la implementación de la central hidroeléctrica CHIMAY, ubicada al noreste de Lima; y a la vez establecer una metodología de análisis del estudio de caudales ecológicos para dicho río.

## **2.- OBJETIVOS**

### **2.1.- ESPECIFICOS**

Determinar el Caudal Ecológico en el área de influencia de la central Hidroeléctrica de CHIMAY, considerando indicadores de biodiversidad y disponibilidad de hábitats del ecosistema fluvial que será intervenido.

Comprobar la aplicabilidad del modelo RECE para la estimación de caudales ecológicos en ríos similares al Tulumayo (Selva Alta).

### **2.2.- GENERALES**

El objetivo fundamental de establecer caudales ecológicos "es la preservación de la biodiversidad de un río; es decir, la conservación del patrimonio biológico del medio fluvial compatible con la satisfacción de las demandas sociales solo superado por el abastecimiento en el orden de prioridades".

Favorecer el desarrollo sostenible, armonizando el crecimiento económico con la protección ambiental.

Fomentar y exigir los estudios de caudales mínimos en todos los ríos amenazados por proyectos de obras hidráulicas.

### **2.3.- SUPREMOS**

Lograr un elevado nivel de protección de las personas y del medio ambiente, previniendo, minimizando, corrigiendo y controlando los posibles impactos.

Establecer un modelo de simulación de caudales ecológicos para los ríos del Perú.

Concienciar a la población de que es factible vivir en un constante crecimiento económico y en armonía con un ambiente saludable, en lo posible lo más cercano a lo natural.

Profundizar el estudio de las funciones y componentes de los ecosistemas fluviales a fin de minimizar el efecto de las estructuras de ingeniería sobre sus actividades.

## CAPITULO II

### **“MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL APLICABLE AL ESTUDIO”**

### **3.- MARCO NORMATIVO LEGAL**

#### **3.1.- CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL PERÚ.(\*)**

**Artículo 66°.-** Los recursos naturales, renovables y no renovables son Patrimonio de la Nación. El estado es soberano en su aprovechamiento.

**Artículo 67°.-** El Estado determina la Política Nacional del Ambiente. Promueve el desarrollo sostenible de sus recursos naturales.

**Artículo 68°.-** El Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

**Artículo 69°.-** El Estado promueve el desarrollo sostenible de la Amazonía con una legislación adecuada.

(\*) Según estos artículos referidos en la constitución política del Perú, nos narra de manera general las actividades que debe realizar el estado sobre la gestión de los recursos naturales, específicamente del agua; y que es soberano en su aprovechamiento para la generación de energía eléctrica, como es el caso de la Central Hidroeléctrica CHIMAY.

#### **3.2.- LEY GENERAL DEL AMBIENTE – LEY N° 28611 (\*\*)**

##### **TITULO PRELIMINAR – DERECHOS Y PRINCIPIOS**

##### **Artículo I: Del derecho y deber fundamental**

Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida; y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, Así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país

**Artículo V: Del principio de sostenibilidad**

La gestión del ambiente y de sus componentes, así como el ejercicio y la protección de los derechos que establece la presente Ley, se sustentan en la integración equilibrada de los aspectos sociales, ambientales y económicos del desarrollo nacional, así como en la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones.

**Artículo VI: Del principio de prevención**

La gestión ambiental tiene como objetivos prioritarios prevenir, vigilar y evitar la degradación ambiental. Cuando no sea posible eliminar las causas que la generan, se adoptan las medidas de mitigación, recuperación, restauración o eventual compensación, que correspondan.

**Artículo VIII: Del principio de internalización de costos**

Toda persona natural o jurídica, pública o privada, debe asumir el costo de los riesgos o daños que genere sobre el ambiente.

El costo de las acciones de prevención, vigilancia, restauración, rehabilitación, reparación y la eventual compensación, relacionadas con la protección del ambiente y de sus componentes de los impactos negativos de las actividades humanas debe ser asumido por las causantes de dichos impactos.

**Artículo IX: Del principio de responsabilidad ambiental**

El causante de la degradación del ambiente y de sus componentes, sea una persona natural o jurídica, pública o privada, esta obligada a adoptar inexcusablemente a las medidas para su restauración, rehabilitación o reparación según corresponda o, cuando lo anterior no fuera posible, a compensar en términos ambientales administrativas, civiles o penales a que hubiera lugar.

(\*\*) La Ley del Ambiente vela por las personas y demás biodiversidad que habiten dentro del área de influencia de la central, en vivir en un ambiente saludable y equilibrado, en la cual dicha empresa responsable de las actividades de la Central Hidroeléctrica (EDEGEL)

deberá contar con medidas que prevengan cualquier degradación ambiental. Ocurrido dicha degradación, la empresa Edegel deberá hacerse responsable en todos los aspectos de los daños ocasionados y costeados en su totalidad los gastos que genere dicho perjuicio.

### **3.3.- LEY GENERAL DE AGUAS**

#### **TITULO II**

#### **De la Conservación y Preservación de la Aguas**

#### **CAPITULO I**

#### **De la Conservación (\*\*\*)**

**Artículo 19°:** La Autoridad de aguas dictará las providencias y aplicará las medidas necesarias para evitar la pérdida de agua por escorrentía, precolación, evaporación, inundación, inadecuado uso u otras causas, con el fin de lograr la máxima disponibilidad de los recursos hídricos y mayor grado de eficiencia en su utilización.

**Artículo 20°:** Todo usuario está obligado a:

- a) Emplear las aguas con eficiencia y economía, en el lugar y con el objeto para el que le sean otorgadas;
- b) Construir y mantener las instalaciones y obras hidráulicas propias en condiciones adecuadas para el uso, evacuación y avenamiento de las aguas;
- c) Contribuir proporcionalmente a la conservación y mantenimiento de los cauces, estructuras hidráulicas, caminos de vigilancia y demás obras e instalaciones comunes, así como la construcción de las necesarias;
- d) Utilizar las aguas sin perjuicio de otros usos;
- e) No tomar mayor cantidad de agua que la otorgada, sujetándose a las regulaciones y limitaciones establecidas de conformidad con la presente Ley;

- f) Evitar que las aguas que deriven de una corriente o depósito se derramen o salgan de las obras que las deben contener;
- g) Dar aviso oportuno a la Autoridad competente cuando por cualquier causa justificada no utilice parcial, total, transitoria o permanentemente los usos de aguas otorgados, excepto cuando se trate de alumbramiento de aguas subterráneas no comunes; y
- h) Cumplir con los reglamentos del Distrito de riego al cual pertenece, así como con las demás disposiciones de las Autoridades competentes.

(\*\*\*) En cuanto a la conservación del recurso hídrico la central se proveerá de dicho recurso sin perjudicar otros usos, en la cual recae el no tomar mayor cantidad que la otorgada, análisis que debería hacerse en función a la obtención de los caudales ecológicos; cabe mencionar también que Edegel deberá contribuir al mantenimiento del cauce del río.

### TITULO III

#### De los Usos de Las Aguas (\*\*\*\*)

#### CAPITULO I

#### Disposiciones Generales

**Artículo 26°:** Los usos de las aguas son aleatorios y se encuentran condicionados a las disponibilidades del recurso y a las necesidades reales del objeto al que se destinen y deberán ejercerse en función del interés social y el desarrollo del país.

**Artículo 27°:** El orden de preferencia en el uso de las aguas es la siguiente:

- a) Para las necesidades primarias y abastecimientos de poblaciones;
- b) Para cría y explotación de animales;
- c) Para agricultura;

- d) Para usos energéticos, industriales y mineros; y
- e) Para otros usos.

El Poder Ejecutivo podrá variar el orden preferencial de los incisos c), d) y e) en atención a los siguientes criterios básicos: características de las cuencas o sistemas, disponibilidad de aguas, política hidráulica, planes de Reforma Agraria, usos de mayor interés social y público y usos de mayor interés económico.

**Artículo 38°:** La Autoridad de Aguas podrá suspender los suministros de agua por el tiempo necesario para la ejecución de los programas destinados a la conservación, mejoramiento o construcción de obras e instalaciones públicas, procurando ocasionar los menos perjuicios.

(\*\*\*\*) Para los usos del agua deberá regirse a un orden establecido en esta ley, en la cual se ha demostrado que no existe cría y explotación de animales en dicho tramo de río, por lo cual es factible la implementación de la central CHIMAY y la utilización de dicho recurso.

### CAPITULO III

#### De los Usos, Energéticos (\*\*\*\*\*)

**Artículo 51°:** Podrán otorgarse usos de agua para la generación de energía y para actividades industriales y minerales, preferentemente para las comprendidas en los planes estatales de promoción y desarrollo.

**Artículo 52°:** Todas las caídas de aguas naturales pertenecen al Estado.

**Artículo 53°:** Las Aguas destinadas a la generación de energía deberán ser devueltas en el lugar que se señale en la licencia, debiendo el usuario informar a la Autoridad de Aguas en forma detallada la programación de las captaciones y fluctuación de los desagües.

(\*\*\*\*\*) Específicamente en cuanto a los usos energéticos, la central deberá retornar las aguas a cauce del río lo mas pronto, luego de la salida del cuarto de maquinas.

## TITULO VII

### De los Usos Estudios y Obras (\*\*\*\*\*)

#### CAPITULO I

##### Disposiciones Generales

**Artículo 85°:** Quedan sujetas a las disposiciones específicas del presente Titulo y a las demás de esta Ley que les sean aplicables, la realización de estudios y la ejecución modificación de obras destinadas a los siguientes fines:

- a) Usos del Agua.
- b) Evacuación de Desagües y descarga de los afluentes, relaves y materiales sólidos provenientes de la minería, industria y de otros usos.
- c) Defensa contra la acción erosiva de las aguas.
- d) Encauzamiento de cursos naturales.
- e) Avenamiento de suelos; y
- f) Los demás estudios y obras de carácter hidráulico en general.

**Artículo 85°:** Las obras se sujetaran ciñéndose estrictamente a las características, especificaciones y condiciones de los estudios y proyectos aprobados.

**Artículo 86°:** La Autoridad competente podrá disponer el retiro, demolición, modificación o reubicación de obras autorizadas en los casos siguientes:

- a) Si no se ajustan a los estudios y proyectos aprobados.
- b) Si, por haber variado naturalmente las causas que determinaron su construcción, resultan perjudiciales; y

- c) Si ello es indispensable por razones de orden técnico para una mejor o más racional utilización de las aguas, en cuyo caso la indemnización o el costo de los que fuese necesario hacer para que el dueño de la obra no se perjudique será cubierto por los beneficiarios.

(\*\*\*\*\*) Para el caso que nos confiere Edegel deberá realizar todos los estudios que de alguna u otra manera ayuden a la conservación del ambiente, y se minimice el impacto generado por el establecimiento de la Central Hidroeléctrica.

## TITULO IX

### **De la Extinción de los Usos, y de los Delitos, Faltas y Sanciones**

**Artículo 119°:** Toda persona que contravenga cualquiera de las disposiciones de esta Ley o de sus reglamentos será sancionada administrativamente con una multa no menor de trescientos soles, ni mayor de cincuenta mil soles, según la gravedad de la falta, y con la suspensión del suministro hasta que se ejecuten las obras o se pague lo adeudado, según sea el caso.

**Artículo 120°:** Será sancionado administrativamente con multa no menor de quinientos soles ni mayor de cien mil soles:

- a) Al que sacare agua de lagos, lagunas, represas, estanques u otros depósitos naturales y otras fuentes superficiales o subterráneas sin autorización; o las sacare o tomare en mayor cantidad de la otorgada.
- b) El que ilícitamente represare, desviare o detuviere las aguas de los ríos, arroyos, canales, acueductos, manantiales y otras fuentes o cursos naturales o artificiales, o usurpare con uso cualquiera referente a ellos.
- c) El que impidiere o estorbare a otro el uso legítimo de las aguas.

- d) El que dañare u obstruyera las defensas naturales o artificiales de las márgenes; o los terrenos forestados; y
- e) El que obstruyera o impidiera el ingreso de la Autoridad de Aguas o de quienes esta haya autorizado a cualquier lugar de propiedad pública o privada.

### **3.4.- LEY MARCO DEL SISTEMA NACIONAL DE GESTION AMBIENTAL (\*\*\*\*\*)**

#### **TITULO I**

##### **Disposiciones Generales**

**Artículo 2°: Finalidad** .- El SNGA tiene por finalidad orientar, integrar, coordinar, supervisar, evaluar y garantizar la aplicación de las políticas, planes, programas y acciones destinados a la protección del ambiente y contribuir la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

**Artículo 3°: De la Política Nacional del Ambiente** .- La Política Nacional Ambiental constituye el conjunto de lineamientos, objetivos, estrategias, metas, programas e instrumentos de aplicación de carácter publico; que tiene como propósito definir y orientar el accionar de las entidades del gobierno nacional, el gobierno regional y del gobierno local; del sector privado y la sociedad civil, en materia de protección del ambiente y conservación de los recursos naturales, contribuyendo a la descentralización y gobernabilidad del país.

El CONAM conduce el proceso de formulación de la Política Nacional Ambiental en coordinación con las entidades con competencias ambientales de los niveles nacional, regional y local del gobierno, así como del sector privado y de la sociedad civil. También conduce el proceso de la elaboración del Plan Nacional de Acción Ambiental y la Agenda Ambiental Nacional. La Política Nacional Ambiental es de cumplimiento obligatorio por todas las entidades

públicas, debiendo ser considerado en el proceso de formulación del presupuesto de las entidades señaladas.

**Artículo 4°: Objetivo de la Política Nacional del Ambiente .-** El objetivo de La Política Nacional Ambiental es el mejoramiento continuo de la calidad de vida de las personas, mediante la protección y recuperación del ambiente y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, garantizando la existencia de ecosistemas viables y funcionales en el largo plazo.

**Artículo 5°: Objetivo Vinculación de la Política Nacional Ambiental con otras Políticas Públicas.-** Las Políticas del Estado deben integrar las políticas ambientales con las demás políticas públicas estableciendo sinergias y complementariedad entre ellas. Las políticas públicas, en todos sus niveles, deben considerar los objetivos y estrategias de la Política Nacional Ambiental en sus principios, diseño y aplicación.

**Artículo 6°: Diseño y aplicación de Políticas Ambientales.-** El diseño, formulación y aplicación de las políticas ambientales de nivel nacional deben asegurar la efectiva aplicación de los siguientes mandatos:

1. El respeto de la dignidad humana y el mejoramiento continuo de la calidad de vida de la población.
2. La protección de la salud de las personas, previniendo riesgos y daños ambientales.
3. La protección, rehabilitación y recuperación del ambiente, incluyendo los componentes que lo integran.
4. La protección y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, en condiciones compatibles con la capacidad de depuración o recuperación del ambiente y la regeneración de los recursos naturales renovables.
5. La prevención y control de la contaminación ambiental, principalmente en las fuentes emisoras. Los costos de la prevención, vigilancia, recuperación y compensación del deterioro ambiental corren a cargo del causante del perjuicio.

6. La protección y los usos sostenibles de diversidad biológica, los procesos ecológicos que la mantienen, así como los bienes y servicios ambientales que proporcionan. Ninguna consideración o circunstancia puede legitimar o excusar acciones que pudieran amenazar o generar riesgo de extinción a cualquier especie, sub-especie o variedad de flora y fauna; generar erosión de los recursos genéticos, así como a la fragmentación y reducción de ecosistemas.
7. La promoción del desarrollo y uso de tecnologías, métodos, procesos y prácticas de producción y comercialización más limpias, incentivando el uso de las mejores tecnologías disponibles desde el punto de vista ambiental.
8. El desarrollo sostenible de las zonas urbanas y rurales, incluyendo la preservación de las áreas agrícolas, los agros ecosistemas, y la prestación ambientalmente sostenible de los servicios públicos.
9. La promoción efectiva de la educación ambiental, de la participación ciudadana de una ciudadanía ambientalmente responsable.
10. El carácter transversal de la gestión ambiental, por lo cual las gestiones y problemas ambientales deben ser considerados y asumidos integral e inter sectorialmente y al más alto nivel, no pudiendo ninguna otra autoridad eximir de tomar en consideración o de prestar su concurso a la protección del ambiente y la conservación de los recursos naturales.
11. Los planes de lucha contra la pobreza, la política comercial y las políticas de competitividad del país deben estar integrados en la promoción del desarrollo sostenible.
12. El aprovechamiento de las sinergias en la implementación de los acuerdos multilaterales ambientales a fin de reducir esfuerzos, mejorar la inversión en su implementación y evitando superposiciones para obtener resultados integradores eficaces.
13. El régimen tributario debe incentivar el desarrollo y el uso de tecnologías apropiadas y el consumo de bienes y servicios, ambientalmente responsable, garantizando una efectiva

conservación de los recursos naturales, su recuperación y la promoción del desarrollo sostenible.

**Artículo 7°: De la Gestión Ambiental.-** La gestión ambiental es un proceso permanente y continuo, orientado a administrar los intereses, expectativas y recursos relacionados con los objetivos de la Política Nacional Ambiental y alcanzar así, una mejor calidad de vida para la población, el desarrollo de las actividades económicas, el mejoramiento del ambiente urbano y rural, así como la conservación del patrimonio natural del país, entre otros objetivos.

Las funciones y atribuciones ambientales a cargo de las entidades señaladas en el primer párrafo del artículo 1° del presente Reglamento, se ejercen en forma coordinada, descentralizada y desconcentrada, con sujeción a la Política Nacional Ambiental, el Plan, la Agenda Ambiental Nacional y a las Normas, instrumentos y mandatos de carácter transectorial, que son de observancia obligatoria en los distintos ámbitos y niveles de gobierno.

El carácter transectorial de la gestión ambiental implica que la actuación de las autoridades públicas con competencias y responsabilidades ambientales requiere ser orientada, integrada, estructurada, coordinada y supervisada bajo las directrices que emita la Autoridad Ambiental Nacional, con el objeto de dirigir las políticas, planes, programas y acciones públicas hacia el desarrollo sostenible del país.

(\*\*\*\*\*) La presente Ley establece los compromisos de gestión ambiental que deberán ejercerse de manera adecuada y eficiente, en la cual las actividades relacionadas directa e indirectamente a la Central Hidroeléctrica estarán vigiladas bajo las políticas ambientales aplicadas por las instituciones competentes.

#### **4.- MARCO INSTITUCIONAL**

- a) Consejo Nacional del Ambiente - CONAM
- b) Instituto Nacional de Recursos Naturales - INRENA.
- c) Ministerios Competentes.
- d) Gobiernos Descentralizados de nivel regional
- e) Gobiernos Locales.
- f) Las universidades públicas y privadas.
- g) Las Organizaciones no Gubernamentales con trabajos de significativa importancia y trascendencia en Áreas Naturales Protegidas.
- h) Organizaciones empresariales privadas.

#### **5.- REFERENCIAS NORMATIVAS AMBIENTALES NACIONALES**

1. Constitución Política del Perú 1993
2. Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)
3. Ley General de Aguas , D.L. N° 17752 (24 jul 69)
4. Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales D.Leg. N° 613 (08 set.90)
5. Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada D. Leg. N° 757 (13nov.91)
6. Ley del Consejo Nacional del Ambiente - Ley N° 26410 (22 dic.94)
7. Código Penal - Delitos contra la Ecología, Título XIII: Artículos 304 al 314.
8. Formalización de denuncia por infracción de la Legislación Ambiental, Ley N° 26631 (21 jun.96)
9. Ley de Política Nacional de Población, Decreto Legislativo N° 346 (6 jul.85)
10. Ley que autoriza el otorgamiento en concesión tierras eriazas del Estado, Ley N° 26681 (7-11-96).
11. Ley que amplía alcances de la Ley N° 26258 (14-12-96)
12. Ley que proroga el IGV en la selva - Ley N° 26727. (30-12-96)
13. Ley de creación del organismo Superior de la Inversión en Energía - Ley N° 26734, (20-12-96).

14. Ley sobre manejo integrado para el control de plagas (11-01-97).
15. Ley de evaluación de impacto ambiental para obras y actividades (01-05-97)
16. Ley de creación del Fondo Nacional del Ambiente (02-05-97)
17. Resolución Legislativa N° 26798 - aprueba la convención sobre seguridad nuclear (16.05.97).
18. Ley Orgánica para el aprovechamiento de los recursos naturales - Ley N° 26821- (10-06-97).
19. Ley que posibilita la creación del Centro Nacional de Ecoguardas - Ley N° 26822 (25-06-97).
20. Ley que penaliza el internamiento de desechos peligrosos o tóxicos - Ley N° 26828 (17-06-97).
21. Ley de Áreas Naturales Protegidas - Ley N° 26834 (17-06-97)
22. Ley de Conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica - Ley N° 26839 (16-07-97).
23. Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos - Ley N° 26848 (Pub. 29-07-97)

### **5.1.- NORMAS AMBIENTALES DE LOS GOBIERNOS REGIONALES**

1. Reglamento de organización y funciones de los Consejos Transitorios de Administración Regional R.M. N° 032-93-PRES (6 marzo 93).

### **5.2.- NORMAS AMBIENTALES DE LOS GOBIERNOS LOCALES**

1. Ley Orgánica de Municipalidades, Ley N° 23853 (09 junio 1984)
2. Reglamento de Acondicionamiento Territorial, Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, D.S. N° 007-85-VC (20 febrero 85).

### **5.3.- NORMAS AMBIENTALES DEL SECTOR ENERGÍA Y MINAS**

#### **A. SUB SECTOR ELECTRICIDAD**

1. Reglamento de protección ambiental en las actividades eléctricas, D.S. N° 29-94-EM.

2. Reglamento de participación de ciudadana mediante el procedimiento de audiencias públicas en el trámite de aprobación de estudios de impacto ambiental, R.M. N° 335-96-EM/SG (28 julio 1996).
3. Exoneran del procedimiento de audiencias públicas a los estudios de impacto ambiental requeridos para el desarrollo de actividades de distribución eléctrica, R.M. N° 391-96-EM/SG (01 octubre 96)

#### **5.4.- NORMAS AMBIENTALES DEL SECTOR AGRARIO**

1. Ley de Comunidades Nativas y de Desarrollo Agrario de las Regiones de Selva y Ceja de Selva Decreto Ley N° 22175 (9 mayo 1978).
2. Reglamento de Conservación de flora y fauna silvestre D.S. N° 158-77-AG, (21 marzo 77)

#### **6.- REFERENCIAS NORMATIVAS AMBIENTALES INTERNACIONALES**

1. Convención para la Protección de la flora , de la fauna y de las bellezas escénicas naturales de los países de América (12 octubre 40)
2. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (3 marzo 73)
3. Convenio para la conservación y manejo de la vicuña (20 diciembre 79)
4. OIT CONVENIO N° 169, Sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes (Ginebra 1989)
5. Protocolo para la protección del Pacífico Sudeste contra la contaminación provenientes de fuentes terrestres (22 julio 89).
6. Protocolo relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono R.Leg. N° 26178 (26 marzo. 93).
7. Convenio sobre la diversidad Biológica, ratificado por R. Leg. N° 26181 (3 jun. 93).
8. Convención sobre el Cambio Climático (10 febrero 95)

9. Convenio Internacional de las Maderas Tropicales de 1994 (10 octubre 95)
10. Convención de Lucha Contra la Desertificación en los Países afectados por Sequía Grave o Desertificación, en particular en Africa R. Leg. N° 26536 (11 enero 96)

## **7.- PROYECTO DE LEY**

### **7.1.- LEY REGULA DE CAUDALES ECOLÓGICOS**

#### **FUNDAMENTOS**

La problemática relativa al caudal ecológico se presenta en diversas fuentes de agua de nuestro país como consecuencia de los usos por parte de los Proyectos y al no existir una normatividad específica al respecto, los concesionarios del agua no tienen en cuenta este aspecto que es de vital importancia para la preservación del ecosistema y por ende del desarrollo sostenible.

Amanera de referencia citaremos algunos casos en los cuales se atenta contra el caudal ecológico en el Perú:

- a) Cuando se construyen presas en las descargas de las lagunas para ser utilizadas como embalses. En estos casos al limitarse las descargas por algunos meses al año, se cambia el régimen hidrológico y muchas veces se secan completamente grandes tramos de los ríos hacia aguas abajo. Como ejemplo tenemos la gran cantidad de represamientos en lagunas destacando las lagunas de los ríos: Mantaro, Rimac, Santa, Majes, Vilcanota, Jequetepeque, Chancay, Huaura, Ica, Pampas, Tambo, etc.
- b) Cuando se construyen presas para almacenar agua en los cursos de los ríos. Este efecto barrera también produce el cambio del régimen de caudales hacia aguas abajo, con consecuencias similares a las descritas anteriormente.

Como ejemplo tenemos: El Embalse de Poechos (Río Chira), el embalse San Lorenzo (Río Piura), el embalse de Tinajones (Río Chancay), el embalse Gallito Ciego (Río Jequetepeque), el embalse Condoroma (Río Majes), el embalse Porto Grande (Río Moquegua), etc.

- c) Cuando se construyen obras de derivación de lagos, lagunas o ríos, para usos consuntivos (riego) o no consuntivos (electricidad). En estos casos generalmente se construyen bocatomas de captación mediante los cuales se toman las aguas que fluyen por los cauces, desviándolos hacia canales o túneles para fines energéticos, agrícolas o de saneamiento.

**CAPITULO III**

**“CENTRAL HIDROELÉCTRICA - CHIMAY”**

## **8.- ANTECEDENTES:**

La construcción de la Central Hidroeléctrica de Chimay, estuvo a cargo del Consorcio formado por Kvaerner Turbin AB, Mecánica de la Peña S.A., Elin Energieversor GMBH, y Cartellone del Perú S.A.

Cabe destacar que Edegel, luego de ser privatizada en 1995, realiza una activa gestión empresarial, invirtiendo más de US\$ 350 millones en proyectos de generación eléctrica, todo ello con la finalidad de incrementar la capacidad instalada de la compañía.

De este modo, mediante la inversión privada, se extiende la frontera eléctrica desde la región central, interconectando a todo el país a través del SICN en beneficio de la industria minera en particular y nacional en general.

## **9.- UBICACIÓN GEOGRAFICA: (ver anexo I)**

Se ubica en la jurisdicción del distrito de Monobamba, Provincia de Jauja, Departamento de Junín a 320 kilómetros al noroeste de Lima.

Las principales obras de infraestructura se ubican entre las altitudes 1,100 y 1,328 m.s.n.m.

El proyecto esta enmarcado entre las siguientes coordenadas geográficas:

- Latitud. 11° 18' 10" y 11° 22' 40"

- Longitud. 75° 15' 30" y 75° 18' 30"

## **10.- ACCESIBILIDAD: (ver anexo II)**

Para acceder a la zona del proyecto, desde Lima se viaja por la carretera Central hasta la Oroya y luego San Ramón, para luego a través de un camino de trocha hasta el pueblo de Chacaybamba, empleando un tiempo de 1:15 hrs. (Camioneta) desde San Ramón.

**11.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS: (ver anexo III)**

Esta central utilizará los recursos del río Tulumayo con:

- Caudal máximo de 82 m<sup>3</sup> / s
- Caída bruta de 220 m.  
Dos Unidades.  
Potencia Máxima 153 MW.

**11.1.- TOMA TULUMAYO:****PRESA**

COTA DE EMBALSE MÁXIMO (Descarga) 1329.00 msnm  
(2'500,000 m<sup>3</sup>)

COTA DE EMBALSE MINIMO 1323.00 msnm (650,000 m<sup>3</sup>)

VOLUMEN UTIL 1'500,000 M3

COMPUERTAS RADIALES DE FONDO 3 ( 8 x 4.5 m )

**CANAL DE ENLACE:**

SECCION MEDIA DEL CANAL DE ENLACE 6.5 x 5.2 m.

LONGITUD DEL CANAL DE ENLACE 240.955 m.

**NAVES DESARENADORA:**

DIMENSIONES DE NAVES DESARENADORAS 4 x 75 M DE  
LONGITUD.

DIMENSIONES DE ATAGUIA EN DESARENADORES 2.5 x 4.7  
m.

NIVEL DE REBOSE DE NAVES DESARENADORAS 13211.14  
msnm.

SECCION DE SALIDA DE ATAGUIA PARA CANAL DE PURGA  
1.60 x 1.90 m.

NIVEL DE SOLERA DEL CANAL DE PURGA DE  
DESARENADOR 1310.70 msnm.

NIVEL DEL VERTEDERO HACIA CAMARA DE CARGA 1321.14 msnm.

#### **CAMARA DE CARGA:**

NIVEL VERTEDERO SOBREELEVACION CAMARA DE CARGA 1321.00 msnm.

CAPACIDAD UTIL EN CAMARA DE CARGA 15,000 m<sup>3</sup>.

NIVEL MAXIMO EXTRAORDINARIO EN CAMARA DE CARGA 1321.10 m.

NIVEL MAXIMO EN CAMARA DE CARGA 1321.00 m.

NIVEL DE OPERACION NORMAL CAMARA DE CARGA 1320.70 +/- 0.2 msnm.

NIVEL MINIMO EN CAMARA DE CARGA 1319.50 msnm (Alarma bajo nivel).

#### **TUNEL DE ADUCCION:**

COTA DE NIVEL DEM INGRESO 1305.51 msnm.

TIPO BOVEDA CIRCULAR DE RADIO 3.5 m.

ANCHO 7 m.

ALTURA MÁXIMA APROXIMADA 6.15 m.

LONGITUD 9.1 km.

#### **CHIMENEA DE EQUILIBRIO:**

DIÁMETRO INTERIOR 8.5 m.

DIÁMETRO DE ENTRADA CON TUNEL DE BAJA PRESION 4 m.

COTA 1250.00 msnm.

#### **TUBERÍA FORZADA:**

Es de tipo forzada con 2 tramos (un tramo con un codo de conexión en donde se realiza un pique vertical y el tramo horizontal blindado).

**SALTOS NETOS:**

SALTO BRUTO MINIMO 215.50 m.

SALTO NETO MÁXIMO DE OPERACIÓN 220.00 m.

SALTO NETO MINIMO DE OPERACIÓN 184.00 m.

**11.2.- CASA DE MAQUINAS:****VÁLVULA PRINCIPAL:**

COTA 1,092.30 msnm.

TIPO DE VALVULA Mariposa

DIAMETRO 2,5 m.

PRESION NOMINAL DE DISEÑO 30 Bar.

**TURBINA**

TIPO DE TURBINA Francís eje vertical.

SALTO NETO NOMINAL 192.00 mca.

SALTO NETO MAXIMO 220.00 mca.

VELOCIDAD NOMINAL 400 R.P. M.

VELOCIDAD DE EMBALAMIENTO 725 R.P. M.

POTENCIA NOMINAL 75 MW

CAPACIDAD PARA TURBINAR ENTRE 12 a 45 m3/s

**ALTERNADOR**

POTENCIA APARENTE NOMINAL 84 MVA.

POTENCIA APARENTE MAXIMA 90 MVA

AISLAMIENTO Clase F.

TIPO Síncrono trifásico, polos salientes.

TENSION NOMINAL 13800 V.

FACTOR DE POTENCIA 0.85 inductivo.

VELOCIDAD NOMINAL 400 RPM.

- VELOCIDAD DE EMBALAMIENTO 725 RPM.

FRECUENCIA 60 Hz.

EXCITACIÓN Estática.

POLOS 18

BOBINADO ESTATOR TIPO ROEBEL

Cada alternador tiene un cojinete empuje-guía superior y un cojinete guía inferior.

### **TRANSFORMADOR DE POTENCIA**

NUMERO DE UNIDADES 3 + 1 RESERVA

AISLAMIENTO Aceite.

REFRIGERACION ONAN/ONAF

GRUPO DE CONEXIÓN YNd5d5

POTENCIA APARENTE MAXIMA DEL BANCO EN ONAF 168 MVA.

FRECUENCIA 60 Hz.

TENSION NOMINAL B.T (Primario) 13,8 KV.

TENSION NOMINAL A.T (Secundario) 220 +/- 2 x 2,5 % Kv.

CALENTAMIENTO MEDIO EN EL COBRE 65 °C.

PESO DE ACEITE.

### **TRANSFORMADORES DE EXCITACION**

POTENCIA NOMINAL 450 KVA

RELACION DE TENSIONES 13800/230 V.

GRUPOS DE CONEXIÓN YNd5.

AISLAMIENTO Encapsulado.

REFRIGERACION AN

### **TRANSFORMADORES DE SERVICIOS AUXILIARES**

POTENCIA NOMINAL 630 KVA.

RELACION DE TENSIONES 3800/230 V.

GRUPOS DE CONEXIÓN Dyn5.

AISLAMIENTO Encapsulado.

REFRIGERACION AN

**SUBESTACION 220 KV**

TENSION DE RED 220kV

ELEMENTOS DE MANIOBRA DE 220 KV

INTERRUPTORES

SECCIONADORES

LÍNEA DE TRANSMISIÓN 1-257.

**SISTEMAS AUXILIARES**

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN, REGULADOR DE VELOCIDAD,

REGULADOR DE TENSIÓN,

DRENAJE, AGUA DE SERVICIOS, GRUPO DE EMERGENCIA Y

OTROS SISTEMAS MENORES.

**CAPITULO IV**

**“DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL  
RIO TULUMAYO”**

## 12.- DIAGNOSTICO AMBIENTAL

### 12.1.- ORIGEN DEL RIO: (ver anexo IV)

El río Tulumayo nace en la unión de los ríos Comas y Marancocha en la provincia de Jauja (Ceja de Selva).

### 12.2.- DIAGNOSTICO DEL MEDIO FISICO:

#### 12.2.1.- CLIMATOLOGÍA: (ver anexo V)

Para un diagnóstico detallado de las condiciones imperantes en la zona de estudio, así como para analizar su comportamiento con las variaciones geográficas y geológicas, es necesario contar con la información registrada por las estaciones de medición de estos parámetros climatológicos.

Las características climatológicas para la zona de estudio han sido determinadas, teniendo en cuenta estaciones de medición cercanas.

El clima en la región es típico de las zonas de vida denominadas "Bosque Húmedo Premontano Tropical", (debajo de los 2000 msnm) y el "Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Tropical" (entre 1,900 y 3,000 msnm), corresponden a la selva alta del Perú.

#### **Información Climatológica**

La información climatológica utilizada en el presente estudio corresponde a la información registrada en las siguientes estaciones:

**Cuadro I. Estaciones ubicadas en la zona de estudio**

Estación	Altitud (msnm)	Periodo de Registro	Coordenadas	
			Latitud	Longitud
San Ramón	800	1939-1980	11° 08' 0"	75° 20' 0"
Comas	3300	1964-1979	11° 43' 0"	75° 05' 0"
San Eloy de Shingayacu*	1500	1964-1983	11° 15' 0"	75° 17' 0"
Runatullo	3150	1967-1994	11° 37' 0"	75° 01' 0"

(\*) Estación más cercana al Proyecto

## - Precipitación

### Precipitación total mensual

De acuerdo a la información pluviométrica existente se evidencia que la mayor precipitación del año ocurre en el periodo de Octubre y Abril, meses en los cuales precipita el 80% del promedio total y el periodo de menor precipitación es entre Mayo y Septiembre, precipitando el 20% restante.

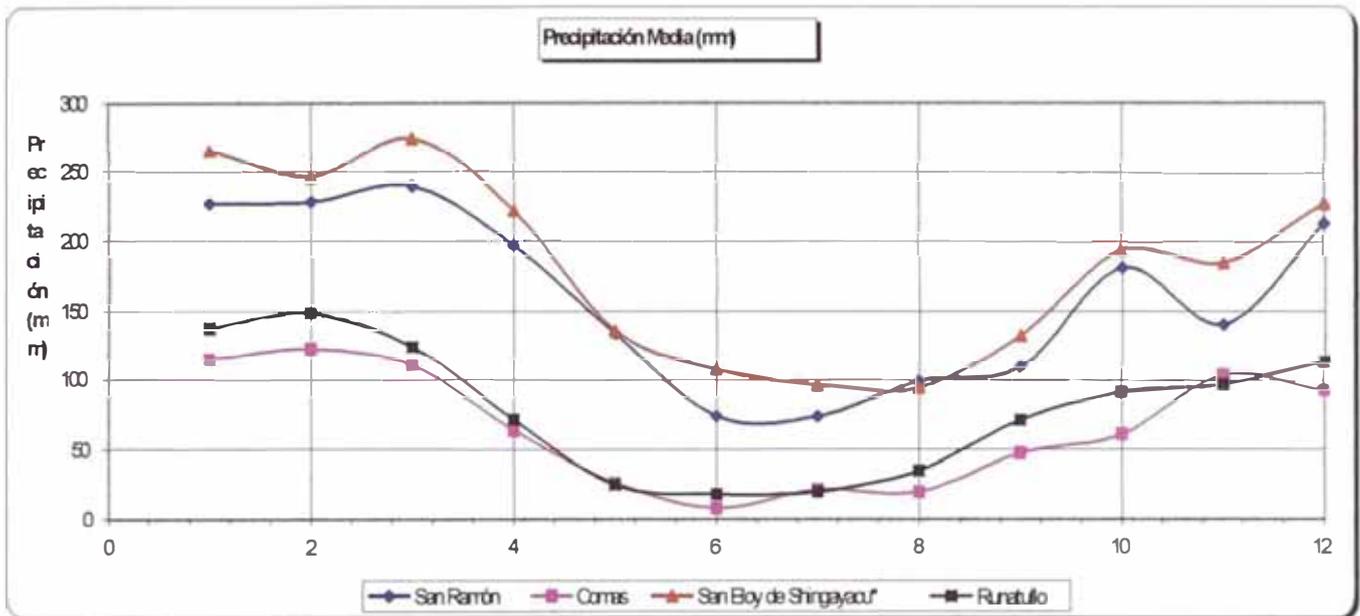
Tal como se observa, existe una menor precipitación en las zonas altas de la cuenca del río Tulumayo tal como se registra en las estaciones de Comas y Runatullo con precipitaciones anuales entre los 700 y 1000 mm, en contraste con la precipitación que se presenta en la parte baja donde las precipitaciones anuales están en el orden de los 2000 mm en promedio. En este caso, en las zonas bajas correspondientes a la ceja de selva, se produce una mayor precipitación debido a la influencia de masas de aire caliente provenientes del Atlántico.

En el **gráfica I** se presenta el histograma de precipitación en las 4 estaciones cercanas a la zona del estudio, pudiendo observarse la estacionalidad de este parámetro, así como la magnitud de las precipitaciones, siendo mayores en las estaciones ubicadas en la zona baja (ceja de selva).

**Cuadro II. Precipitación media mensual en las estaciones ubicadas en la zona de estudio (Fuente SENAMHI)**

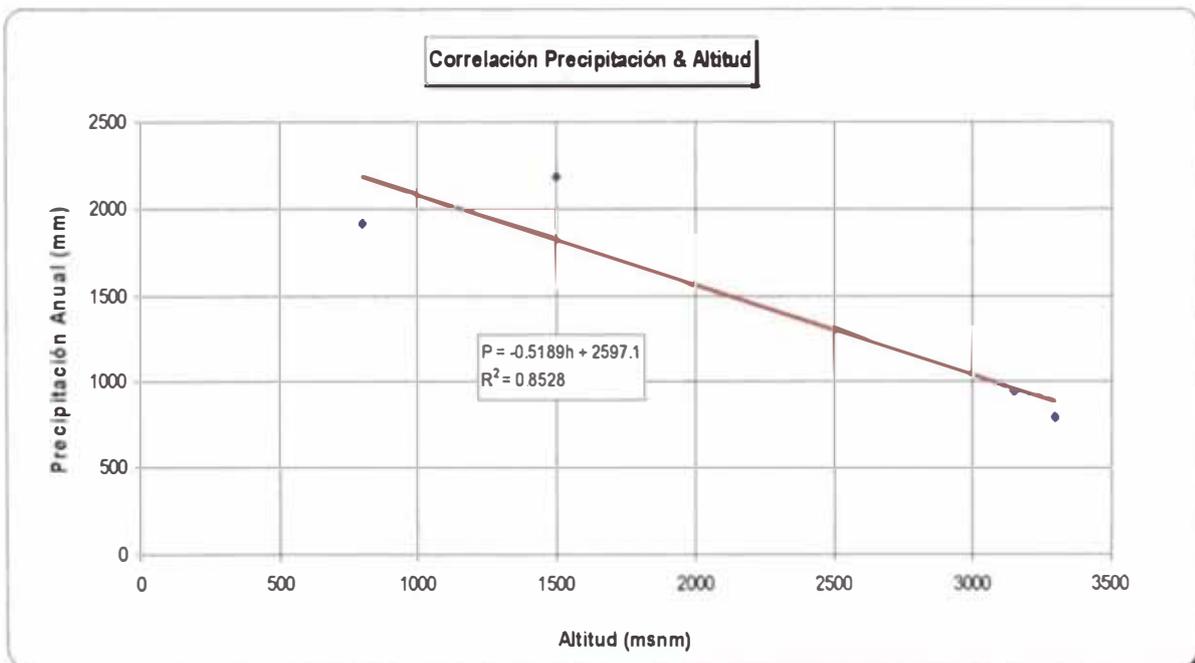
PRECIPITACION MEDIA (mm)													
ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
SAN RAMON	227.9	229.0	240.3	197.1	133.6	73.8	73.5	99.2	109.8	181.1	140.6	213.0	<b>1918.9</b>
COMAS	115.2	123.2	110.7	63.9	26.2	8.4	21.4	19.9	47.4	61.0	103.9	93.1	<b>794.3</b>
SAN ELOY DE SHINGAYACU	266.2	246.7	275.2	222.6	136.1	107.8	96.5	94.8	132.6	194.0	184.9	227.9	<b>2185.3</b>
RUNATULLO	137.4	148.1	124.2	71.2	24.6	17.8	19.6	34.7	70.8	91.2	96.9	113.4	<b>949.9</b>

**Grafica I. Precipitaciones medias mensuales**



Asimismo, con la finalidad de tener un mejor conocimiento sobre el comportamiento de la precipitación en la región, se ha efectuado la correlación con la altitud, tal como se puede observar en la grafica siguiente:

**Grafica II. Correlación Precipitación vs. Altitud**



### Precipitación máxima en 24 horas

Un análisis de frecuencia de la precipitación máxima en 24 horas en las estaciones de la cuenca del río Tulumayo dio el resultado mostrado en el siguiente cuadro.

#### Cuadro III. Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas

Precipitación Máxima en 24 horas (mm)  
Distribución Gumbell

Estación	Periodo de Retorno (años)			
	10	50	100	1000
San Ramón	87.3	107	116	144
Comas	37.4	46	49.7	61.8
San Eloy de Shingayacu *	76.3	91.3	97.7	119
Rumatullo	34.1	41.3	44.4	54.5

(\*) Estación mas cercana al Proyecto

Como se puede apreciar, las precipitaciones en la cuenca baja son mayores a las de la cuenca alta casi en el 100%, comprendiendo la zona del proyecto da una zona húmeda.

#### - Temperatura

La temperatura es otro parámetro importante del ciclo hidrológico, pues interviene en todas sus etapas. Es conocido el gradiente vertical de temperatura con la altitud. Es decir a más altitud la temperatura tiende a disminuir. En los estudios de referencia se señala que este valor es igual a 0.6 °C por cada 100m de ascenso.

Según las estaciones meteorológicas existentes, la temperatura media anual varía entre 22° C y 25° C en la región del río Tulumayo por debajo de los 2,000 msnm.

La temperatura media mensual alcanza sus valores máximos en los meses de diciembre a marzo (30-35 °C) y las mínimas entre junio y agosto (15-18 °C). Durante los monitoreos efectuados para el presente

estudio en julio y agosto, se registraron valores de temperatura del aire entre 26° y 28° C al mediodía.

En la zona por encima de los 2000 msnm (Bosque muy Húmedo Montano Tropical) la temperatura media anual fluctúa alrededor de 15°C.

#### - **Humedad Relativa y Vientos**

Existe carencia de información meteorológica sobre estos parámetros en la región del proyecto; sin embargo, se ha estimado a partir de las estaciones del río Tarma y el Perené, que el promedio anual de humedad relativa varía entre 70 y 80 %. Los valores de humedad relativa son menores durante el invierno (mayo - agosto) y mayores durante el verano (diciembre - marzo), indicando por consiguiente que la humedad ambiental está en relación directa con las precipitaciones.

En cuanto a los vientos, se puede presentar como referencia los valores registrados en la estación del aeropuerto de San Ramón, en donde se reporta como dominante el proveniente del Suroeste, con una velocidad promedio de 15 km/h calificado como brisa débil. Sin embargo, se estima que en la zona del proyecto las velocidades de viento deben ser menores por encontrarse en una zona encañonada.

#### - **Evaporación**

La evaporación en los embalses en la cuenca del Río Tulumayo tiene un promedio de 2,140 mm/año. Suponiendo un coeficiente 0.7, la lamina de evaporación anual desde un embalse viene a ser:  $0.7 \times 2,142 = 1,500\text{mm}$ . Para un espejo de agua de  $1\text{Km}^2$ , el volumen de agua evaporada en 1 año resulta ser  $1.5 \times 10^6\text{m}^3$ , volumen nada despreciable.

#### - **Paisaje**

Rico Valle ubicado en la entrada de la selva central. Zona Cafetalera y frutícola por excelencia. Su benigno clima, bellos paisajes, verde campiña y fácil acceso, lo hacen un punto atractivo de visita. Destino recomendado.

#### - **Calidad de Aire**

La Calidad del Aire encontrada en el área de la Central se caracteriza por la baja presencia de materiales en suspensión y fuentes de contaminación atmosféricas, siendo solo el transporte público el que origina la presencia de material particulado.

#### **12.2.2.- FORMACIONES SEDIMENTARIAS Y SUELOS**

Todas las formaciones geológicas presentan particularidades físicas y químicas y muchas veces existe un gradiente unidireccional en las capas sedimentarias superficiales, particularmente si la tectónica ha provocado una inclinación de las mismas.

Los procesos de formación de suelo (meteorización y lixiviación) son fuertes bajo las condiciones del trópico húmedo, provocando suelos pobres en nutrientes. La complejidad geológica y geomorfológica de la región, los suelos de selva son heterogéneos, sin embargo los detalles de esta diversidad no se ha reconocido en los mapas de suelo publicados hasta la fecha. Generalmente los suelos en terrenos no inundables y terrazas antiguas son ácidos y de baja fertilidad, bien drenados, profundos y con alto contenido de arcilla. También están presentes suelos muy infértiles arenosos cuarzosas, fuertemente lixiviados, llamados arenas blancas. En terrazas recientes los suelos son jóvenes y poco diferenciados, a veces presentando condiciones de mal drenaje.

Las áreas inundadas presentan suelos tanto fértiles y bien drenados como aquellos que son ácidos, mal drenados y pobres en nutrientes. El contenido de nutrientes en estos suelos refleja, a gran parte la mineralogía de los sedimentos transportados por los ríos y entonces las condiciones geológicas en sus áreas de drenaje.

### **12.2.3.- ELEVACIÓN Y GEOMORFOLOGÍA (ver anexo VI)**

En selva alta los gradientes en la elevación son a menudo grandes, con elevaciones que alcanzan hasta cientos de metros sobre el nivel de las áreas circundantes, pueden ocurrir gradientes de elevación que son significativos para la flora y fauna.

La geomorfología presenta diversos tipos de relieve en los diferentes partes de la región, por ejemplo llanura aluvial, terrazas altas, lomas y colinas con pendientes diferentes. Estos ocurren en una manera bien compleja en la región, y así la selva baja se visualiza como un gran mosaico de áreas geomorfológicamente diferentes. Los tipos de suelo y su drenaje responden a la variabilidad del relieve, así contribuyendo a la distribución de las especies vegetales.

### **12.2.4.- HIDROLOGÍA**

#### **- Información básica (Ver Tabla I)**

De estudios anteriores se ha recopilado la información hidrométrica para la generación de caudales en el tramo de interés del río Tulumayo y en las 17 subcuencas en el tramo de estudio.

En la cuenca del río Tulumayo existen dos estaciones hidrométricas: La Libertad Tinco (aguas arriba de la confluencia con el Monobamba) y la Florencia (aguas arriba de la confluencia con la quebrada Aynamayo). Estas estaciones tienen registros cortos (1994 a la fecha), por lo cual fue necesario generar datos en base a un modelo matemático de hidrología estocástica (HEC-4). Se tomó como base para definir este modelo las estaciones de cuencas vecinas, como Yuncán, Tarma, Utcuyacu, Naranjal, Huallamayo que disponen de registros largos.

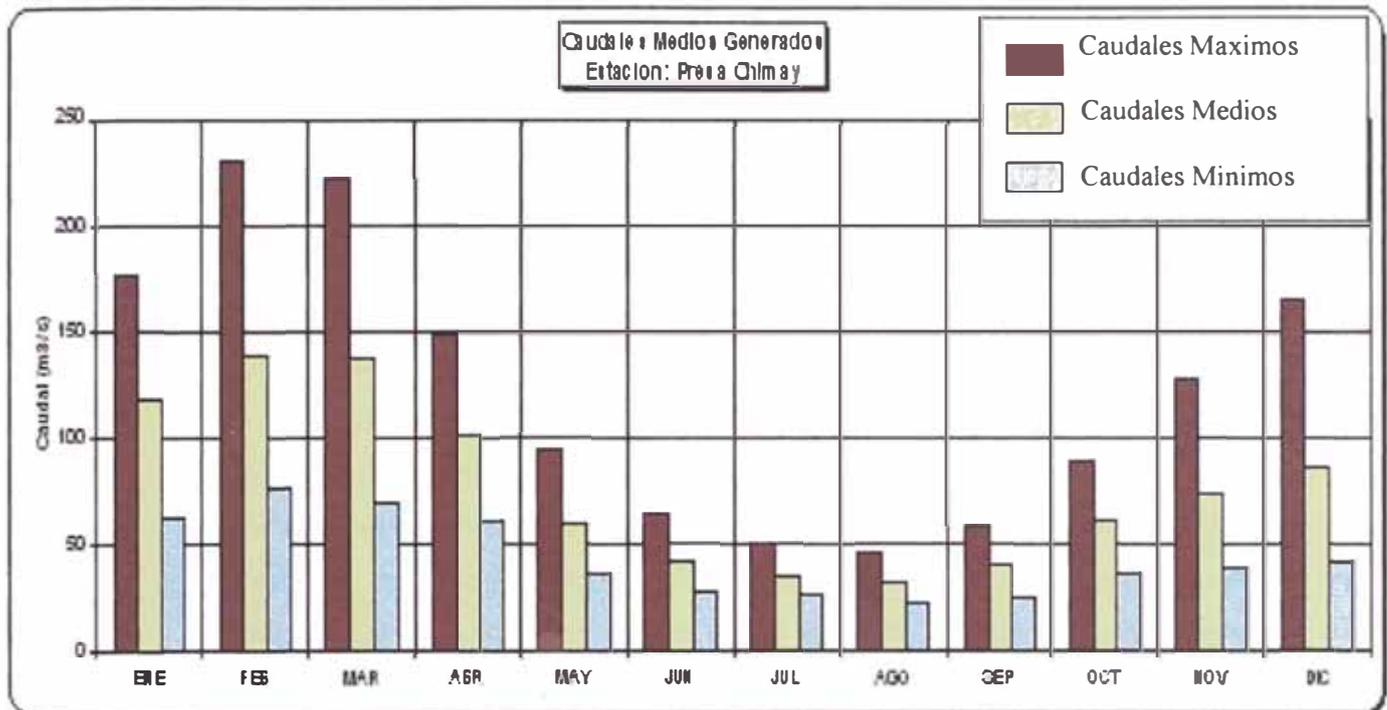
#### **- Generación de caudales en el río Tulumayo**

La presencia de nevados y lagunas en la cuenca del río Comas, le confiere al río Tulumayo una marcada regularidad en sus descargas en

**Tabla I : CAUDALES MEDIOS MENSUALES**  
**Estación : Presa Chimay**  
(Fuente Senamhi)

Nº	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
1	1957	115.12	108.41	106.58	79.83	65.12	46.25	30.61	27.17	49.20	69.50	64.55	69.08	69.29
2	1958	115.55	109.42	115.63	67.83	55.62	37.15	30.84	25.15	26.01	72.26	58.31	55.41	64.10
3	1959	62.48	227.40	189.55	117.81	72.89	43.39	32.66	28.97	31.06	81.88	65.06	118.13	89.27
4	1960	128.88	138.39	69.59	94.92	73.30	35.27	28.48	31.27	40.88	56.43	104.62	56.30	71.53
5	1961	154.21	139.30	176.57	146.10	80.79	42.43	30.46	27.45	41.87	42.88	98.12	165.64	95.49
6	1962	164.57	173.02	153.35	97.33	53.04	42.05	29.58	27.87	34.45	39.11	39.81	62.85	76.42
7	1963	131.81	162.37	156.02	109.21	48.00	39.53	31.88	25.39	34.37	64.75	69.28	96.40	80.75
8	1964	79.22	113.66	120.39	96.73	62.44	38.66	33.49	32.62	38.36	72.71	93.16	61.31	70.23
9	1965	83.88	128.83	145.70	92.66	50.85	34.22	31.90	30.33	58.80	61.07	70.75	94.08	73.59
10	1966	118.54	118.89	102.39	62.29	71.21	35.04	27.00	24.98	35.94	69.74	81.94	105.53	71.12
11	1967	116.73	165.25	194.29	111.69	54.33	39.19	32.66	32.06	40.36	87.59	55.40	80.80	84.20
12	1968	119.44	141.83	146.10	84.07	54.83	40.94	33.92	37.26	39.85	75.99	75.44	82.05	77.64
13	1969	74.51	120.53	83.44	78.28	40.84	40.08	32.74	25.54	30.36	49.06	65.56	97.67	61.55
14	1970	128.67	127.18	113.51	108.25	67.26	43.57	39.07	31.48	49.77	41.87	64.38	97.35	76.03
15	1971	144.63	134.76	153.29	148.23	63.85	43.94	36.75	31.31	27.55	51.00	40.64	84.04	80.00
16	1972	115.67	94.37	155.86	117.36	63.51	39.43	33.57	27.74	42.61	63.55	60.40	96.13	75.85
17	1973	155.29	181.65	162.48	121.43	61.74	48.81	43.81	45.65	58.27	88.73	77.07	141.15	98.84
18	1974	168.41	175.70	142.12	134.59	61.72	39.63	50.66	38.90	41.24	70.30	53.44	84.30	88.42
19	1975	129.49	142.55	167.44	78.17	73.93	46.08	32.74	29.47	54.26	62.43	76.44	97.97	82.58
20	1976	152.41	143.26	119.69	89.88	52.31	40.16	30.63	34.33	58.44	35.92	51.50	63.38	72.66
21	1977	110.93	111.74	142.49	91.41	63.42	38.68	30.31	32.02	45.39	48.44	122.57	79.01	76.37
22	1978	128.05	116.87	134.40	93.87	63.75	40.58	31.69	22.89	47.88	47.22	76.85	76.23	73.36
23	1979	76.92	140.46	185.46	125.96	53.48	35.90	31.77	31.44	29.64	50.35	66.89	66.55	74.57
24	1980	79.24	116.77	133.03	75.76	41.75	27.83	32.57	31.38	30.46	79.10	67.06	78.96	66.16
25	1981	97.14	171.20	136.81	95.87	50.69	34.88	29.08	39.10	36.41	83.20	97.42	125.07	83.07
26	1982	140.57	150.28	121.62	95.06	56.85	49.53	41.72	41.50	50.16	82.47	112.14	97.38	86.61
27	1983	110.80	108.44	120.15	111.13	53.90	46.16	36.34	34.57	49.02	55.11	57.75	90.11	72.79
28	1984	116.47	229.84	172.24	140.04	62.35	48.11	41.24	44.77	39.33	48.70	87.46	95.47	93.84
29	1985	85.58	137.38	134.85	123.36	94.44	47.55	38.38	34.90	48.94	56.77	76.89	96.76	81.32
30	1986	142.62	181.09	187.56	121.61	85.79	44.81	43.55	43.89	46.93	51.52	64.75	67.33	90.12
31	1987	163.68	129.98	91.44	75.91	51.06	45.08	47.44	36.59	38.00	52.09	70.25	68.45	72.50
32	1988	175.50	146.12	102.36	103.84	60.05	39.99	34.40	24.72	35.51	44.34	58.40	73.27	74.88
33	1989	99.72	100.55	119.58	118.53	58.55	46.84	38.06	37.70	43.75	70.41	70.03	64.93	72.39
34	1990	92.02	91.17	74.04	69.68	53.16	64.63	37.34	31.96	42.90	78.82	128.18	107.73	72.64
35	1991	94.25	131.94	123.03	101.62	66.66	50.75	35.71	30.52	34.86	47.38	76.49	62.15	71.28
36	1992	81.52	77.16	102.54	61.77	36.95	32.81	26.99	28.00	30.10	65.10	55.60	41.70	53.35
37	1993	92.65	116.90	131.41	103.52	63.45	38.42	34.80	36.46	52.45	65.55	95.99	133.72	80.44
38	1994	132.58	195.50	137.14	104.37	60.62	36.75	29.59	27.68	31.54	63.59	67.25	72.27	79.91
39	1995	139.34	97.70	221.54	97.58	48.22	33.89	30.00	28.49	27.47	41.98	60.74	54.02	73.41
MAXIMA		175.50	229.84	221.54	148.23	94.44	64.63	50.66	45.65	58.80	88.73	128.18	165.64	98.84
MEDIA		118.44	138.40	137.07	100.96	60.33	41.51	34.47	32.14	40.88	61.25	73.81	86.15	77.12
MINIMA		62.48	77.16	69.59	61.77	36.95	27.83	26.99	22.89	26.01	35.92	39.81	41.70	53.35
DESV. EST.		29.52	34.74	34.25	22.20	11.74	6.43	5.46	5.77	9.13	14.61	20.25	25.90	9.26

**Grafica III. Caudales Medios Mensuales**



época de estiaje. Por otro lado, la espesa cobertura vegetal que posee, actúa como un agente de retención y regulación de las intensas precipitaciones, amortiguando así el hidrograma de avenidas.

#### **12.2.5.- FUNDAMENTO DE LA OBTENCIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO**

Como se puede observar en la gráfica de caudales medios, el caudal mínimo histórico (1957-1995) del río tulumayo bordea los 22.0 m<sup>3</sup>/s, y el valor de derivación mínima hacia la central hidroeléctrica es de 12.0 m<sup>3</sup>/s (ver anexo III) según las características técnicas de la central; la diferenciación de ambos nos resulta un flujo de aproximadamente 10 m<sup>3</sup>/s la cual será el caudal de recorrido del tramo en análisis, para ser considerado este como un caudal suficiente para conservar los ecosistemas aguas debajo de la presa Chimay, deberá estar sujeto a un análisis lo cual se detallara mas adelante. Cabe mencionar que en las observaciones encontradas durante el monitoreo, se puede ver que se esta derivando en su totalidad el flujo del río tulumayo, caso que no debería ocurrir, ya que la misma central cuenta con un plan de contingencia exento del régimen hidráulico del río.

### **12.3.- DIAGNOSTICO DEL MEDIO BIOLOGICO:**

La zona se encuentra caracterizada por poseer especies de selva alta y baja. Las terrazas mas inmediatas a los ríos se denominan monte ribereño, donde las especies mas típicas son los arbustos como el “Pájaro Bobo” (*Tessaria Integrofolia*), el “Chilco” (*Baccharis spp.*) y la “Caña Brava” (*Gynerioium Sgitattum*); a continuación de estos ecosistemas se tienen los bosques de galería, en lo que las especies dominantes son árboles y no arbustos.

Los impactos directos generados por la construcción de la Central serán ocasionados a la flora y fauna del Río Tulumayo, afectando directamente a estos recursos en un tramo de 10 Km, donde las aguas retornan a su cauce original, así como las áreas ubicadas en las zonas del embalse, afectando las terrazas que el propio río formo en su desarrollo y que han poseído elementos característicos, las terrazas ubicadas en la margen del río debido a la disposición de los materiales excedentes de las excavaciones y las instalaciones de la infraestructura: desarenador y casa de maquinas.

#### **12.3.1.- VEGETACIÓN**

Durante los estudios realizados en el EIA se evaluaron las zonas denominadas Montes Ribereños y Bosque de Galería, donde se identificaron áreas de cultivo (plátano y yuca). Dentro del Bosque de galería se identifico la dominancia de los plátanos epilitos (bramelios) que se desarrollan sobre los árboles de monte de galería.

#### **Cuadro IV: Identificación Taxonómica – Árboles y Arbustos**

<b>Familia</b>	<b>Especies</b>
Flacourtiaceae	Lacitema aggregatum (Bergius) Bamara mollis (Poepp & Endl)
Myrsimaceae	Myrsine sp.
Lauraceae	Eritrina sp. Inga sp.
Euphorbiaceae	Acalypha sp.
Myrtaceae	Psidium sp.

### 12.3.2.- PECES

Durante los estudios iniciales se pudieron encontrar especies de peces como *Oncorhynchus mykiss* "Trucha arco Iris" que pertenece a la Salmonidae y *Trichomycterus* sp. el "Bagre" pertenece a la familia

Trichomycteridae. Sin embargo, los pobladores indican que en la zona intervenida (Bocatoma y la casa de Maquinas) estos han disminuido.

Estos peces se desarrollan a temperaturas favorables entre 13 – 20 °C. Además se encuentran en casi todos los ríos de aguas puras y cristalinas, son especiales en aguas rápidas y batidas, en alturas superiores a 700 msnm, ríos q suelen ser de lecho arenoso y pedregoso.



---

“ TRUCHA ARCOIRIS



“ BAGRE ”

#### **12.4.- DIAGNOSTICO SOCIO-ECONOMICO DEL MEDIO:**

El área de influencia del proyecto CHIMAY se encuentra ubicada en los distritos de Monobamba, Masma y Mariscal Castilla, correspondientes a las provincias de Jauja y Concepción en el departamento de Junín.

Las nuevas áreas a inundar involucran al anexo de Uchubamba, perteneciente al distrito de Masma y el anexo de Marancocha perteneciente al distrito de Mariscal Castilla de la provincia de Concepción.

Estos centros poblados son materias de la presente evaluación.

##### **12.4.1.- DEMOGRAFIA**

La siguiente tabla presenta la población total involucrada y el número de viviendas particulares en cada uno de los centros poblados:

**Cuadro V: N° de pobladores y viviendas por Centros Poblados**

<b>Centro Poblado</b>	<b>Población</b>	<b>N° de Viviendas Particulares</b>
Anexo Uchubamba	500	92
Anexo Marancocha	78	13
<b>Total</b>	<b>578</b>	<b>105</b>

En Marancocha el patrón de asentamiento ha sido construir las viviendas lo más cercano a sus chacras por lo que las viviendas están dispersas a lo largo de toda la extensión de la comunidad, ubicada en las aguas arriba del embalse en la margen derecha del río Comas.

Su asentamiento esta distribuido en dos barrios:

En el primer barrio se ubica la plaza del pueblo, escuela y 25 viviendas; y en segundo denominado la Unión existen 43 viviendas.

En Uchubamba, el patrón de asentamiento es un pequeño poblado situado en el Torno, un área comunal en el cual se ubica la plaza, la escuela, la posta medica, la capilla y/o el local Municipal o Comunal.

El resto de la población esta dispersa a lo largo del territorio del anexo o caserío.

#### **12.4.2.- FACTORES SOCIO-CULTURALES**

##### **- SALUD**

Marancocha carece de un puesto de salud, el puesto más cercano se encuentra a dos horas de camino en el primer barrio, por lo que sus habitantes prefieren dirigirse a Vitoc o San Ramón.

En Uchubamba, dado los escasos recursos de la posta medica y la basta área a su cargo, la frecuencia de visitas de los técnicos de salud a los centros poblados es solo dos veces al mes. Por este motivo, los pobladores de la zona optan aunque sea mas caro por trasladarse al

centro medico de Vitoc, en su efecto se dirigen directamente al hospital de San Ramón. Este hospital cuenta con todo tipo de servicios, sea cual fuere la necesidad, a diferencia de lo ofrecido por la posta o por el centro medico. Es por esta razón que la inversión de viajar hasta San Ramón es asumida como valida.

Según los datos de la posta medica de Chacaybamba y el centro medico de Vitoc las enfermedades mas frecuentes en la zona varían según la edad y el sexo. En los casos de niños/niñas las más importantes son las infecciones respiratorias agudas (IRA) en el periodo de lluvias mas frecuentes, por no contar letrinas y/o capacitación en el tratamiento del agua para consumo humano.

En general las enfermedades se ven agravadas por la falta de atención rápida y un control permanente de las mismas. Las distancias de los centros de atención médica, la escasez de transporte y la falta de recursos pueden convertir una sencilla enfermedad en otra crítica.

También en el caso de los niños como de los adultos las enfermedades a la piel tipo epidermis son frecuentes.

Casos de paludismo son tratados en San Ramón y La Merced. Por otro lado, casos de TBC registrados si bien pocos han afectados a niños en su mayoría.

El factor que hace potencial zona de riesgo de enfermedades al área de influencia del proyecto, especialmente gastrointestinales, es la falta de cultura sanitaria de los pobladores y la implementación de letrinas en la zona, la cual conlleva a que no haya lugares específicos por este fin. Esta práctica hace que los focos infecciosos aumenten, siendo los niños los que se encuentren en situación más vulnerables

## **- EDUCACION**

Marancocha cuenta con escuela primaria, se caracteriza por ser uní docente y tienen en promedio 30 alumnos por aula. La primaria es

terminada por la mayoría de los niños, la secundaria se cursa en colegios ubicados en San Ramón, lo cual implica un gran esfuerzo económico para las familias por mantener en la ciudad, sea en casas de parientes o cuartos arrendados. Dicho esfuerzo es aceptado con el fin de ofrecer una mejor educación para los hijos.

De los jóvenes que estudian la secundaria y la terminan son pocos los que regresan a su centro poblado, quedándose muchos de ellos en San Ramón en busca de mejores oportunidades laborales.

Los profesores de los centros poblados viven en San Ramón y se trasladan a las localidades durante la semana. El inconveniente es que utilizan los días laborables para el traslado, reduciendo así los días y/o horas de dictado de clases. La existencia de escuelas primarias en la zona, sumada a la voluntad de los padres para que sus hijos estudien, ha permitido disminuir el nivel de analfabetismo en jóvenes y niños considerablemente, manteniéndose aun en adultos mayores principalmente en las mujeres.

En Uchubamba y particularmente en la comunidad campesina de San José de Villano cuentan con una escuela uní docente conformada por tres aulas. En cada aula comparten clases un promedio de 40 niños de dos niveles primarios consecutivos.

## **- TRANSPORTE**

El medio de transporte de los comuneros de Marancocha era a través de acémilas, por una trocha, puente colgante y un camino carrozable hasta el río Tulumayo y de allí cruzaban el río mediante un Huaro.

En la actualidad el proyecto ha construido un camino de acceso aproximadamente 10 Km desde la presa Chimay hasta la confluencia del río Marancocha con el Río Comas.

El transporte a Uchubamba es a través de la carretera a San Ramón al embalse Chimay (50Km) y desde allí a través de trocha carrozable de aproximadamente 50Km donde el proyecto los viene brindando apoyo en el mantenimiento.

## **- ORGANIZACION**

Los centros poblados sean caseríos o anexos cuentan con u Agente Municipal, el mismo que representa al Alcalde del Distrito en su localidad.

Este Agente es el encargado de gestionar y canalizar las soluciones de los moradores de su zona ante las Autoridades de los Organismos del Gobierno.

El mecanismo de consulta y decisión al interior de los pobladores se da a través de las asambleas, reuniones en las cuales participan todos los miembros de la comunidad. Si embargo los únicos con derecho a voto son los empadronados en su calidad de propietarios del terreno; vale decir, se limita este derecho a los varones de la comunidad. La frecuencia con la que se dan estas asambleas es de 3 a 4 veces al mes. Esto depende del tipo de gestión que se estén realizando a favor de la comunidad o de algún aspecto importante que necesite consulta. Las reuniones por lo general utilizan los días domingos, que resulta mas fácil ubicar a todos los moradores y en horas de la tarde.

Por otro lado existe la asociación de padres de familia, en la cual esta encargada de velar por el normal funcionamiento de la escuela, coordinar directamente con el profesor.

Las mujeres por su parte se han organizado en clubes de madre, o comités del vaso de leche, a través de estas agrupaciones ellas realizan actividades de servicio de la comunidad tales como la limpieza de las calles u otras actividades que significan una fuente de ingreso, como el manejo y control de huertos.

En Moroncocha, la comunidad campesina fue reconocido en 1985 y cuentan con título de propiedad correspondiente a 14,290 ha de extensión y políticamente es un anexo del Distrito de Mariscal Castilla y están conformadas por 68 comuneros.

En Uchubamba la comunidad campesina San Juan de Uchubamba la conforman 120 comuneros. En la actualidad, sus pobladores vienen realizando todas las gestiones para convertirse n distrito y así poder desarrollar su potencial turístico.

#### **- RELIGION**

La mayoría de la población profesa la religión Católica, encontrándose en segundo lugar la Evangélica. Sin embargo, vale la pena resaltar que los Israelitas del Nuevo Pacto Universal que habitaban en Moroncocha hasta Noviembre de 1997 han emigrado de lugar.

#### **- ACTIVIDADES SEGÚN GENERO/EDAD**

La agricultura es la actividad principal, siendo el café el producto básico, los hombres y mujeres adultos se dedican, en pareja, a los labores de la chacra, siendo acompañados por los hijos cuando estos son pequeños o se encuentran de vacaciones en la escuela. Durante los meses de marzo, abril, mayo y junio, época de cosecha de café, todos los miembros de la familia se abocan a las labores que demanda la cosecha.

El resto de meses la carga de trabajo agrícola es menor; la época puede hacerse cargo de todas las actividades y el esposo solo supervisa. Este arreglo le permite al varón ofrecer su mano de obra a otra parcela o cualquiera que lo necesite. Así, se genera un ingreso adicional.

En general el trabajo de las mujeres se encuentra relacionado a las labores domesticas, es decir, al cuidado de los hijos, cocina, limpieza, animales menores y huerto familiar; en estos casos es apoyada por los hijos varones en el cuidado de los animales y de las mujeres en el cuidado y alimentación de los hermanos menores. Además comparten

con sus esposos las labores de las cosechas ya sean en las actividades propiamente dichas de la agricultura como en la alimentación del esposo y cuadrilla que trabaja.

Los hijos menores a los 5 o 6 años, están a cargo de la madre o en su defecto de alguna hermana mayor.

Los escolares por su parte, mientras estudian en la primaria en su caserío apoyan a sus padres después de sus clases.

Los que estudian la secundaria, sea en San Ramón o La Merced, solo Apoyan a sus padres los fines de semana y en sus vacaciones.

#### **12.4.3.- ASPECTO ECONÓMICO**

La actividad económica de la zona es la agricultura, teniendo como producto principal el café, seguida por las frutas. Todas las tierras se cultivan en secano. La extensión de las propiedades varían entre 5 y 70 Ha , la mayoría lo conforman los pequeños agricultores. La distribución de los terrenos según tipo de cultivos es en promedio: 40% café, 10% frutas, 10% hortalizas, 30% pastos y 10% otros cultivos.

Las condiciones climáticas y geográficas favorecen la producción del café con un mejor grano, sabor y aroma, que el cosechado en las zonas bajas.

La dificultad existente para obtener rendimiento de alta productividad esta relacionada al indebido manejo de los suelos, el poco conocimiento de fertilizantes y la falta de control.

Los principales problemas encontrados en el área son los siguientes:

- La falta del tramo de la Carretera a Marancocha, comprende entre la margen derecha del Río Marancocha y su primer barrio (4km aprox.).

- La falta de asesoría técnica y recursos para garantizar la viabilidad de la carretera de la margen derecha del embalse.
- Falta de servicios de Saneamiento como Agua Potable y Alcantarillado.
- Falta de servicios de Salud cercanos.
- Falta de un manejo adecuado de los Residuos Sólidos.

#### **12.4.4.- USOS DE TERRITORIO**

El Ministerio de Agricultura, a través del Proyecto Especial de Titulación de Tierras (PETT) ha iniciado la campaña de titulación en la zona.

El proyecto viene realizando visitas a las comunidades para informar la naturaleza del mismo y así invocar a las autoridades locales, pero ejecutar los empadronamientos y gestionen directamente la titulación de sus terrenos en la Agencia Agraria de san Ramón; es decir, se viene delegando responsabilidad a las autoridades locales para que hagan responsables de las gestiones.

El área que será afectada por el embalse, comprende terrenos de propiedad de las comunidades campesinas: San Juan de Uchubamba, San José de Villano y San Cristóbal de Marancocha (16.37ha) y dos propiedades individuales de (7ha).

CAPITULO V

**“MODELOS Y METODOS MATEMÁTICOS PARA LA  
DETERMINACIÓN DE CAUDALES ECOLÓGICOS”**

### 13.- MODELOS Y METODOS

Para determinar los caudales ecológicos en los ríos existen metodologías desarrolladas en las dos últimas décadas, clasificadas básicamente en:

- a) **Métodos Hidrológicos.**- Basados en el análisis de los registros históricos de caudales.
- b) **Métodos de Simulación Hidráulica.**- Consideran la conservación del funcionamiento o dinámica del ecosistema fluvial a lo largo de la distribución longitudinal del río.

#### 13.1.- METODOS HIDROLÓGICOS

##### 13.1.1.- METODO DE TENNANT

Considera Cualitativamente el hábitat Psícola. En función de la hidrología de la cuenca.

Los caudales mínimos corresponden a diferentes porcentajes del caudal medio anual según la época del año.

Las variaciones de anchura, profundidad y velocidad media de la sección mojada en función de los caudales que transitan y las necesidades de los peces.

##### 13.1.2.- METODO DE HOPPE

Esta basado en curvas de duración de caudales y los requerimientos biológicos, expresados en las necesidades de las poblaciones de truchas de ríos en el estado de Colorado, EUA.

<b>Tipos de Caudales Circulantes</b>	<b>Caudales excedidos durante el número de días al año</b>
Caudales de Arrastre	<b>Q - 162</b>
Caudales de Freza	<b>Q - 147</b>
Caudales de Producción y Refugio.	<b>Q - 294</b>

## **13.2.- METODOS DE SIMULACIÓN HIDRAULICA**

### **13.2.1.- METODO DE LOS TRANSECTOS (Ej. White 1976)**

En distintas secciones de un tramo establece la relación algebraica existente entre el perímetro mojado y el caudal circulante. A partir de esta relación, los caudales se establecen teniendo en cuenta las condiciones de freza, cría y migración de ciertas especies de peces.

### **13.2.2. - METODO IFIM (Instream Flow Incremental Methodology – Stalnaker 1979 y Bovee 1982)**

El objetivo principal de un análisis IFIM es determinar la Anchura Ponderada Util (APU) del hábitat en estudio para diferentes caudales y para las especies y estadios de vida de interés. La unidad básica de muestreo es la sección transversal que se divide en celdas de anchura prefijadas (por ejemplo:  $A_i=1$  metro) en donde se miden una serie de variables correspondientes al micro hábitat que influyen notablemente en el comportamiento de los peces; por ejemplo. La velocidad del agua, su profundidad y el tipo de sustrato. La temperatura se considera constante al variar el caudal, lo que difiere de las estimaciones resultantes de la aplicación de la ecuación fundamental del transporte de masas en ríos, donde la tasa de incremento de calor por unidad de volumen de agua depende del caudal y de la profundidad hidráulica (área mojada/anchura mojada del cauce).

El IFIM se aplica con algunas especies de peces, en ningún caso se ha mostrado una aplicación con invertebrados del bentos fluvial, plantas acuáticas anfibios u otros grupos taxonómicos.

Los coeficientes de ponderación se determinan a partir de curvas de preferencia del hábitat de las especies de peces analizadas con respecto a los cinco parámetros indicados. Estas curvas resultan de ajustar polinomios de grado entero 3 o 4 a los histogramas de frecuencia de ocurrencia acumuladas de la especie para el parámetro considerado. La primera derivada de la curva polinómica ajustada, normalizada a la unidad, determina la curva de preferencia

para ese parámetro. Normalmente IFIM se aplica estableciendo una ecuación de regresión lineal simple (potencial, exponencial o línea recta) entre la biomasa de la especie piscícola y la APU.

### **13.2.3.- MODELO RECE (Régimen Estacional de Caudales Ecológicos – Docampo 1997)**

La ecuación de la velocidad media de corriente de Manning en régimen uniforme es ampliamente utilizada como simulación hidráulica en los modelos de determinación de caudales ecológicos. En este modelo se ensaya dicha ecuación en tramos del río en estudio, comparándola con la fórmula de Chezy ajustada esta última mediante el diagrama de Moody (Formulación basada en el coeficiente de fricción del canal y en el número de Reynolds). Según experiencias se ha determinado que la ecuación de Manning da lugar a importantes errores (del 20% al 61%) en la estima de los caudales circulantes por el río y en el cálculo de caudales ecológicos, cuando la rugosidad relativa del canal  $0.05 > \epsilon/D_h > 0.001$ , para evitar dichos errores se propone que la modelización hidráulica de caudales ecológicos se base en la ecuación de Chezy ajustada con dicho diagrama.

**CAPITULO VI**

**“MODELO R.E.C.E.”**

**REGIMEN ESTACIONAL DE CAUDALES  
ECOLOGICOS**

## **14.- PROCEDIMIENTO** (ver anexo VII)

**1°- Determinación del periodo mínimo** para el cual deben estimarse los caudales ecológicos (cada mes, época del año, etc.) y ajuste de la función de distribución estadística de la serie de caudales aforados o simulados del periodo considerado.

**2°- Calculo del caudal de cambio** mediante el primer punto de inflexión no nulo de la curva que ajusta la función de distribución de caudales. Este caudal de cambio esta destinado a ser el caudal ecológico de cada periodo, si cumple una serie de criterios biológicos (conservacionistas) y fisicoquímicos.

**3°- Comprobación de Caudales aforados y estimados** con las formulas de Manning y Chézy.

**4°- Modelización Hidráulica** que permite establecer la relación entre la hidrología (caudal de cambio) y las características fisicoquímicas y biológicas del ecosistema fluvial.

**5°- Comprobación del cumplimiento de criterios abióticos y biológicos**, entre los que destacan:

Vulnerabilidad Hidráulica de los cauces a la continuidad del flujo, derivada de la detracción de aguas.

Irrigación de la vegetación de riberas (conservación del bosque de galería.)

Conservación de la biodiversidad fluvial, estimada como riqueza de especies de invertebrados del bentos, peces y batracios.

Índice de Calidad del Hábitat (ICH) de especies biológicas catalogadas o emblemáticas, si las hubiese. El ICH es la frecuencia o probabilidad de ocurrencia de una especie (o conjunto de especies) frente a un valor de una variable fisicoquímica.

Casi todos los métodos y modelos de determinación de Caudales Ecológicos anteriormente citados utilizan como una de sus partes

fundamentales la simulación hidráulica, para relacionar los aspectos físicos y/o químicos de los cauces con sus características biológicas (Índice de Calidad del Hábitat de especies catalogadas, biomasa piscícola, biodiversidad, etc).

En todos ellos esta simulación se basa en la ecuación de la velocidad media de corriente de Manning para el régimen Uniforme:

$$V_m = \left(\frac{1}{n}\right) \times S^{1/2} \times R_h^{2/3}$$

, Donde:

$V_m$ : Velocidad media del agua ( m/s ).

$n$  : Coef. Rugosidad del canal.

$S$  : Pendiente de la Línea de Energía.

$R_h$ : Radio Hidráulico ( m ).

Sin embargo, la aplicación de la ecuación de Manning no siempre es lo más adecuado a los cursos fluviales o cauces naturales, a lo que a su determinismo se refiere.

El objetivo de este trabajo de investigación es demostrar, mediante una de las principales aplicaciones de la ecuación de Manning en ríos, la modelización hidráulica de Caudales ecológicos ( $Q_E$ ), que existen muchos casos en los que las estimas de las velocidades de corriente y del caudal circulante realizadas con dicha ecuación, difieren sustancialmente de los valores reales.

Para llevar a cabo este objetivo se propone la aplicación del modelo hidráulico I.H.R.A. (Ingeniería Hidráulica de Ríos y Acequias) al río Tulumayo, tal y como se describe en el sgte. Ítem.

## 15.- MATERIAL Y METODO: (FUNDAMENTO TEORICO)

El modelo I.H.R.A. (Do Campo, 1998) plantea una modelización hidráulica generalista, tanto para el flujo uniforme como para el lentamente variable en canales abiertos, con o sin transporte de sólidos suspendidos, donde la ecuación de Manning es un caso particular de dicha modelización.}

La aplicación de la ecuación de Manning solamente es viable cuando la rugosidad relativa del canal abierto adquiere valores comprendidos en un rango intermedio:

$$0.001 < e/D_h < 0.05 \quad , \text{ Donde: } e : \text{ Altura de la Rugosidad}$$

$$D_h : \text{ Diámetro Hidráulico} = 4 R_h$$

Fuera de este rango, es decir, para rugosidades bajas del canal ( $e/D_h < 0.001$ ) o altas ( $e/D_h > 0.05$ ), la ecuación de velocidad de corriente de Manning siempre predice caudales muy distintos de los que circulan por el canal, observándose errores (supravaloraciones de caudal) que superan el 20%, que en algunos casos prácticos han llegado a ser de hasta 60%.

La ecuación de velocidad de corriente de Manning es un caso particular de la ecuación de velocidad de Chezy, y esta es a su vez un caso particular de la formulación del coeficiente de fricción del canal desarrollada a partir del diagrama de Moody (1944), y el diagrama de Moody es la base de toda mecánica experimental de fluidos, sean estos líquidos o gases, sean estos transportados por tuberías cerradas o canales abiertos, si bien con las pertinentes correcciones en cada caso (en White, 1988).

Normalmente las ecuaciones de Manning y Chezy son iguales entre sí, estableciéndose una equivalencia entre el coeficiente de resistencia del canal "C" de Chezy y la "n" de Manning:

$$C = \left( \frac{1}{n} \right) \times R_h^{1/6}$$

, Tal proceder solamente es correcto en el mencionado rango de rugosidades relativas del canal.

La innovación que introduce el modelo I.H.R.A., es una modelización general desarrollada a partir del coeficiente del canal, de tal manera que se puedan discriminar aquellas situaciones o canales en los que la fórmula de Manning es viable por su gran indeterminismo.

Cuando la aplicación de la ecuación de Manning es óptima, I.H.R.A. aporta la posibilidad de poder continuar la modelización hidráulica basada en esta ecuación, o bien continuar con la posibilidad general de una modelización desarrollada a partir del diagrama de Moody (Formulación basada en el coeficiente de fricción del canal y el N° de Reynolds).

La formulación del coeficiente de fricción es válida para todos los casos, sean canales artificiales o naturales, sean canales muy rugosos, poco rugosos o de rugosidades intermedias.

El modelo I.H.R.A. consta de los siguientes componentes que se utilizan en la modelización hidráulica de  $Q_E$ , donde se especifican ecuaciones que se utilizan en el presente trabajo.

### 15.1.- CLASIFICACION DEL REGIMEN HIDRODINAMICO DEL RIO:

Este componente utiliza los Números de Froude ( $F_r$ ) y Reynolds ( $R_e$ ) para determinar los tipos de flujo que involucra dicho río en estudio, y también el coeficiente de Coriolis.

#### - N° De Reynolds:

$$R_e = \frac{V_m \times R_h}{\gamma}$$

, Donde:  $R_H$  : Radio Hidráulico ( *m* )  
 $V_m$  : Velocidad media ( *m/s* )  
 $\gamma$  : Viscosidad Cinemática ( *centistokes* )

NUMERO DE REYNOLDS	TIPO DE FLUJO	CARACTERÍSTICAS FISICAS
$Re < 580$	LAMINAR	Fuerzas Viscosas > Fuerzas Inercia
$Re \in [ 580 - 750 ]$	TRANSICIÓN	Fuerzas Viscosas y Fuerzas Inercia en equilibrio
$Re > 750$	TURBULENTO	Fuerzas Viscosas < Fuerzas Inercia

**- N° De Froude:**

$$F_r = \frac{V_m}{\left( \frac{g \cdot y}{\alpha} \right)^{0.5}}, \text{ Donde:}$$

$V_m$  : Velocidad media ( m )

$g$  : Cte. Gravedad (  $m/s^2$  )

$y$  : Profundidad o tirante medio ( m )

$\alpha$  : Coeficiente de Coriolis

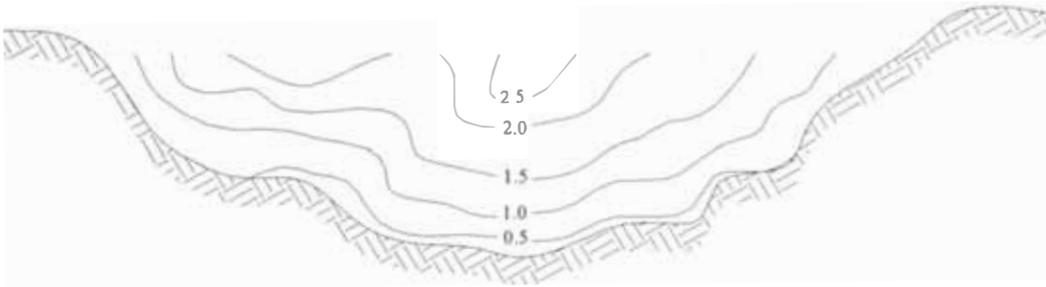
NUMERO DE FROUDE	TIPO DE FLUJO	CARACTERÍSTICAS FISICAS
$F_r < 1.00$	SUBCRITICO	Fuerzas Gravedad > Fuerzas Inercia
$F_r = 1.00$	CRITICO	Fuerzas Gravedad y Fuerzas Inercia en equilibrio
$F_r > 1.00$	SUPERCRITICO	Fuerzas Gravedad < Fuerzas Inercia

**- Coeficiente de Coriolis:**

El coeficiente de Coriolis ( $\alpha$ ) se determina empíricamente a partir del levantamiento hidráulico de velocidades de corriente en cada sección transversal, siendo:

$$\alpha = \frac{\int V_h^3 dA}{V_m A}$$

Para ilustrar la distribución de velocidades en la sección transversal, se indica en el esquema siguiente la sección de un canal natural en el que se han dibujado las curvas que unen los puntos de igual velocidad. Esta velocidad se ha relacionado con la velocidad



CANAL NATURAL

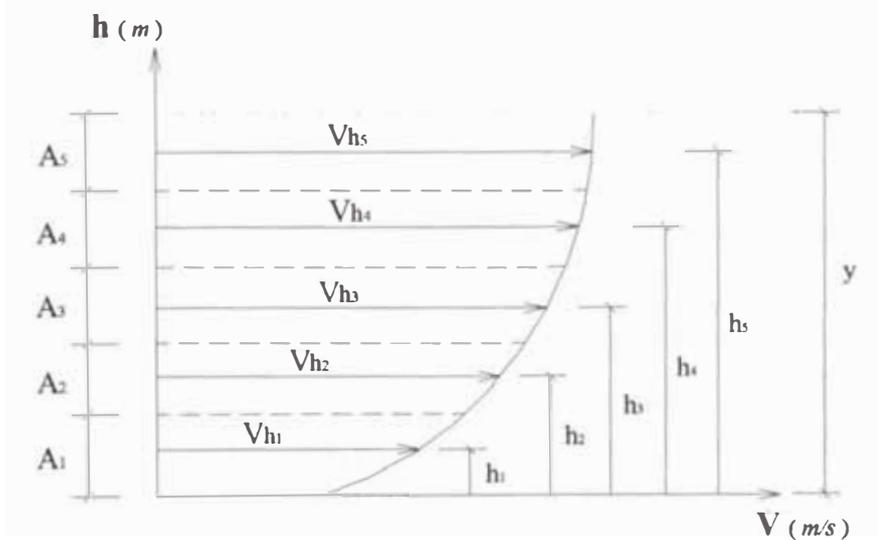
\* Figura que representa la distribución de velocidades para la sección de un canal natural.

Para el cálculo del coeficiente de Coriolis de un canal natural se debe realizar los siguientes pasos:

1° Se mide a través de un monitoreo la distribución vertical de velocidades en el canal.

$h$ ( m )	$V_h$ ( m/s )
$h_1$	$V_{h1}$
$h_2$	$V_{h2}$
$h_3$	$V_{h3}$
$h_4$	$V_{h4}$
$h_5$	$V_{h5}$

2° Dibujar la curva de distribución de Velocidades:



- El gasto se obtiene aplicando la siguiente expresión:

$$q = \sum_{h=0}^{h=y} V_h dh \quad (m^3/s/m)$$

- La velocidad media será:

$$V_m = \frac{q}{A} = \frac{q}{Y} \quad (m/s)$$

- La altura en la cual se produce la  $V_m$ , se obtiene ubicando el valor de la  $V_m$  en la curva y el  $h$  que intercepta en la curva será la altura correspondiente.

3° Para determinar el valor de coeficiente de Coriolis hacemos el siguiente cálculo:

Vh	Vh <sup>3</sup>	A	Vh <sup>3</sup> .A
Vh1	Vh1 <sup>3</sup>	A1	Vh1 <sup>3</sup> . A1
Vh2	Vh2 <sup>3</sup>	A2	Vh2 <sup>3</sup> . A2
Vh3	Vh3 <sup>3</sup>	A3	Vh3 <sup>3</sup> . A3
Vh4	Vh4 <sup>3</sup>	A4	Vh4 <sup>3</sup> . A4
Vh5	Vh5 <sup>3</sup>	A5	Vh5 <sup>3</sup> . A5

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^5 Vh_i \times A_i^3}{V_m^3 \times y}$$

$$\sum_{i=1}^5 Vh_i^3 \times A_i$$

### 15.2.- DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL COEFICIENTE DE RESISTENCIA DE CANAL (LA C DE CHEZY):

El coeficiente del canal de Chezy (C) en un río no se adopta a partir de los valores contenidos en las tablas (lo mismo que en el caso de Manning), si no que se determina empíricamente a partir de la Ley universal de distribución (Logarítmica) de velocidad de Pradt-Von

Karman (1930), siguiendo el método de medidas de velocidades en dos puntos de cada vertical de la sección húmeda, descrito en Chow (1990).

I.H.R.A. incorpora sendas formulas empíricas para controlar la variación de la "C" de Chezy y la "n" de Manning en la función de profundidad del agua.

- **Aplicación de la ecuación de Moody:** (Clasificación de la Rugosidad del canal)

La ecuación general de la velocidad media del régimen uniforme en canal abierto es:

$$V = C \times R_h^x \times S^y \quad \text{Donde "x" e "y" son exponentes empíricos.}$$

La ecuación de Manning es un caso particular de la misma, siendo  $C=1/n$ , "x"=2/3, "y"=1/2.

La ecuación de Chezy es otro caso particular pero un tanto mas generalista, ya que responde a una deducción física o dimensional (balance de fuerzas), teniendo en cuenta la fuerza de resistencia de las paredes del canal y la turbulencia derivada de las fuerzas viscosas.

Por el contrario, la ecuación de Manning es adimensional, no responde a una interpretación física coherente, "n" se considera adimensional pero tiene las desconcertantes unidades de  $m^{1/3} S^{-1}$ , como consecuencia que su deducción es puramente empírica, y en consecuencia su validez se limita al rango de datos con los que fue establecida, que no abarca todas las situaciones posibles existentes, especialmente en ríos naturales.

La ecuación de velocidad de corriente de Chezy se expresa explícitamente como sigue:

$$V = \left( \frac{8g}{f} \right)^{0.5} (R_h S)^{0.5}$$

Donde todos los factores son conocidos, excepto "f", que es el coeficiente de fricción del canal, que puede calcularse mediante la "C" de Chezy estimada mediante el procedimiento descrito en el anterior componente:

$$f = \frac{8g}{C^2}$$

A partir de la estima del coeficiente de fricción "f" se determina la altura de la rugosidad del canal ( $\varepsilon$ ) mediante la ecuación de Colebrook (1939), dibujada posteriormente por Moody (1944) y cuyo diagrama constituye la base de la mecánica experimental de fluidos.

$$f^{-0.5} = -2 \log \left[ \left( \frac{\varepsilon}{3.7 D_h} \right) + \left( \frac{2.51 f^{-0.5}}{R_e} \right) \right]$$

Todos los términos de esta ecuación son conocidos, debiendo resolverse iterativa mente, exceptuando los casos en los que los N° de Reynolds es muy alto, en los que la ecuación puede expresarse de forma explícita.

La relación entre la altura de la rugosidad y el diámetro hidráulico ( $\varepsilon / D_h$ ) permite analizar la validez de la modelización hidráulica realizada con la ecuación de Manning frente a la basada en la fórmula de Chezy.

### **15.3.- MODELIZACIÓN HIDRAULICA**

Para establecer una Modelización Hidráulica se analiza, en algunas donde es factible analizar mediante las dos ecuaciones y otras donde es factible analizar solo con la ecuación de Chézy, ya que su rugosidad relativa se encuentra fuera del rango, en el cual la fórmula de Manning daría valores imprecisos.

Para llevar a cabo la Modelización Hidráulica, hay que tener en cuenta que en las secciones transversales de los dos tramos, el Radio Hidráulico (  $R_h$  ) se relaciona con el área de la sección mojada (  $A$  ) y la profundidad de la lamina de agua o máximo calado (  $H$  ) mediante sendas ecuaciones potenciales, cuyo ajuste estadístico se realiza con el método de regresión lineal. Este ajuste potencial, implica que las secciones se aproximan a la formula trapezoidal.

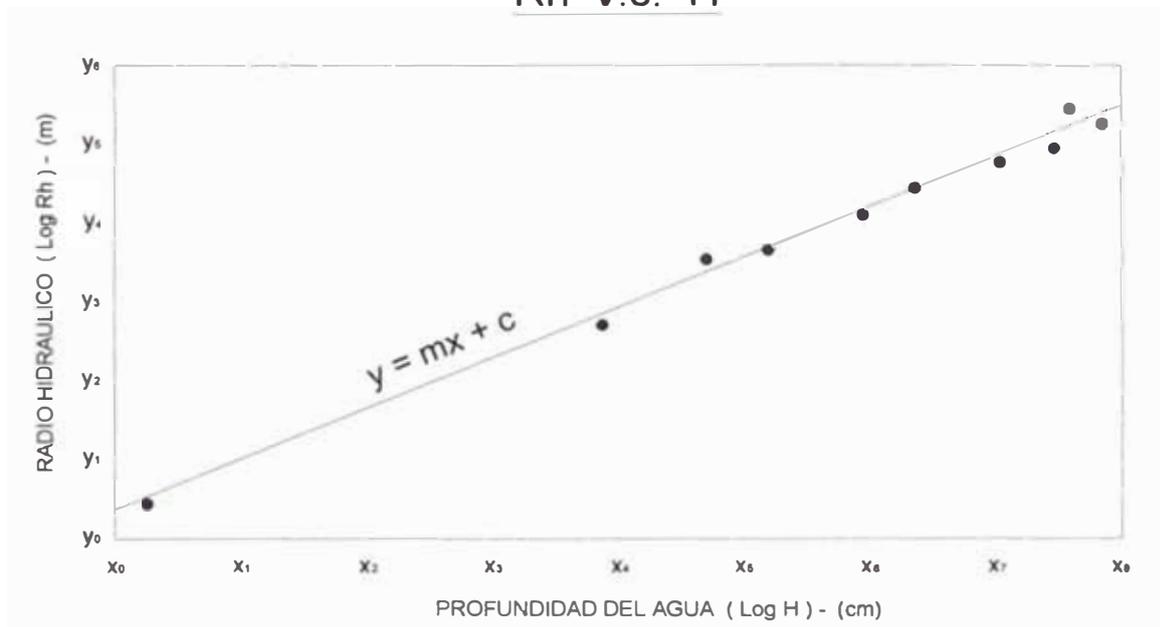
En Modelización Hidráulica hay que establecer una relación entre el caudal circulante (  $Q$  ) y la profundidad del agua (  $H$  ), partiendo del hecho de que aquel es el producto del área por la velocidad media :  $Q = V.A$

Siguiendo con la secuencia aplicaremos el método de Linealización para determinar las variables morfométricas (  $a, b, d, K$  ) :

$$R_h = d \cdot H^K$$

$$\text{Log } R_h = K \text{ Log } H + \text{Log } d$$

### Rh v.s. H



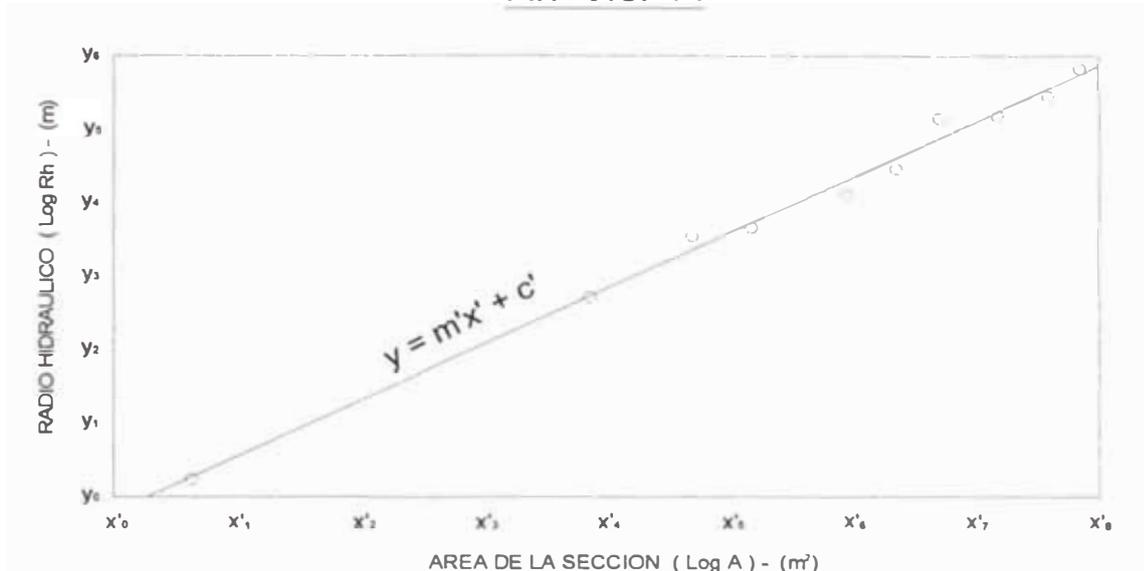
Mediante esta curva anterior se puede determinar los valores de  $d$  y  $K$ :

$$K = m \quad \wedge \quad d = 10^c$$

Luego se procederá a realizar otra curva de forma similar, pero con otros valores de ejes, tal como se indica en el siguiente grafico:

$$A = a \cdot Rh^b \quad \text{Log Rh} = (1/b) \text{Log A} - (1/b) \text{Log a}$$

Rh v.s. A



Mediante esta curva se puede determinar los valores de  $d$  y  $K$

$$b = (1/m') \quad a = 10^{bc}$$

De esta forma, se obtienen dos expresiones algebraicas para el caudal versus calado [  $Q = f(H)$  ], una sustituyendo  $V$  por la ecuación de Manning, y la otra, sustituyéndola por la expresión de Chézy.

Primero establecemos la siguiente relación entre el Radio Hidráulico y el máximo calado  $Rh = d \cdot H^K$ , luego de forma similar  $A = a Rh^b$ , por lo tanto, la Modelización hidráulica en el caso que nos ocupa se resume en las siguientes expresiones:

$$\text{Ecuación de Chezy: } Q = C a S^{0.5} d^{b+0.5} H^{K(b+0.5)}$$

Ecuación de Manning:

$$Q = (a/n) S^{0.5} d^{b+2/3} H^{K(b+2/3)}$$

$$Q = a d^b H^{Kb} \cdot V$$

En los cuales  $a$ ,  $b$ ,  $d$ , y  $k$ , son coeficientes morfométricos de la sección transversal del cauce, utilizados para el ajuste de las ecuaciones de caudal circulante, correspondiente a los tramos seleccionados para su Modelización hidráulica, Dichos coeficientes empíricos se obtienen mediante regresión Lineal, “ $a$ ” y “ $b$ ” se obtienen de relacionar el área de la sección mojada ( $A$ ) con el radio hidráulico ( $R_h$ ); “ $k$ ” y “ $d$ ” son también coeficientes empíricos obtenidos a partir de la relación existente entre el radio hidráulico ( $R_h$ ) y la profundidad de agua ( $H$ ).

Este procedimiento se efectúa en todo el tramo, para establecer una relación  $Q = f(H)$ , representativa para cada uno de los tramos.

#### **15.4.- COMPROBACION DE CRITERIOS ABIOTICOS Y BIOLOGICOS**

##### **15.4.1- Conservación del Paisaje Hidráulico**

La Vulnerabilidad Hidráulica (VH) es un parámetro de gran utilidad ambiental; representa la facilidad con que el cauce hidráulicamente ancho se transforma en estrecho, y viceversa, ante la extracción o adición de caudales. Este componente determina que cauces pueden aproximarse de forma trapezoidal o de forma rectangular y cuales son muy irregulares. Asimismo, la VH interviene en el cálculo de la estabilidad del flujo de gran importancia en la previsión de catástrofes de índole fluvial.

La Vulnerabilidad Hidráulica (VH) se estima mediante las siguientes formulas:

$$VH = 1 - k$$

$$k = 1 - Rh (dP/dA)$$

$k$  es el coeficiente mórfico del número de Vedernikov.  $R_h$ , radio hidráulico y  $(dP/dA)$  es la primera derivada de la relación existente entre el perímetro mojado y el área mojada de la sección transversal del cauce.

La VH constituye un parámetro utilizado en el cálculo de caudales ecológicos para el criterio de conservación del paisaje fluvial.

En los cauces hidráulicamente sensibles a la formación de pozas, donde  $VH > 0.2$ , el caudal ecológico nunca debe generar un número de Reynolds (Re) inferior a 12.5, con el cual se asegura la continuidad del flujo. Utilizando la ecuación de Chézy, la velocidad media del flujo puede expresarse en función de Re mediante la siguiente fórmula, donde todos los términos son conocidos:

$$V = ( Re \cdot v \cdot C^2 \cdot S )^{1/3}$$

#### **15.4.2- Conservación de la Biodiversidad Fluvial**

En el cauce, se encuentran habitados cuanto menos por invertebrados del bentos y peces, y el caudal ecológico debe generar un perímetro mojado que por lo menos sea capaz de mantener 25 especies entre invertebrados y peces (  $H = 0.60 \text{ m}$  ).

#### **15.4.3- Conservación de la vegetación de Riberas.**

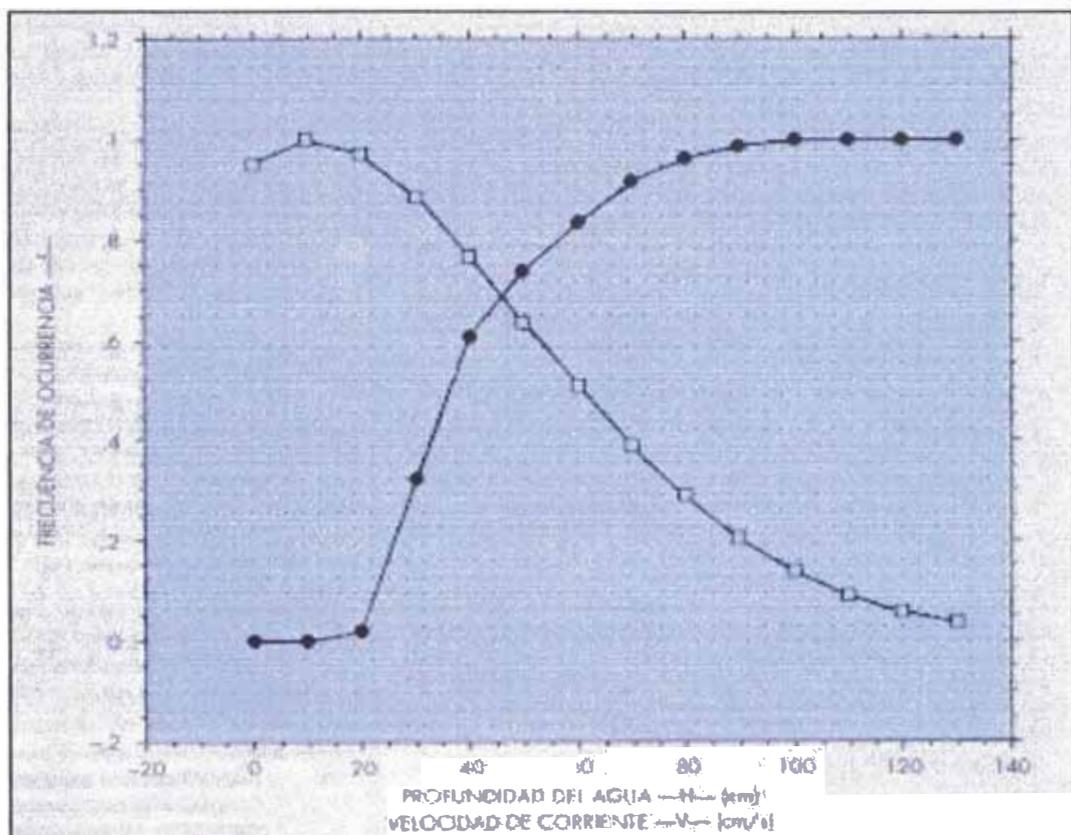
En el periodo de mayor caudal medio circulante, durante una semana debe mantenerse un caudal ecológico que alcance los rizomas o el sistema radicular de la vegetación de riberas, con ello se contribuye a la exportación de nutrientes desde las riberas hasta el medio acuático y a la conservación del bosque de galería.

#### **15.4.4- Protección de la Fauna Piscícola.**

Tomando como base las curvas de calidad del hábitat con respecto al calado (H) y a la velocidad media de corriente (V) para una comunidad amplia de especies icticas, representadas en la gráfica siguiente:

**Gráfica IV:** Frecuencia de ocurrencia de las comunidades de peces respecto a la velocidad media de corriente (curva de cuadrados vacíos) y con respecto a la profundidad máxima de la lamina de agua (curva de círculos negros), estas

curvas se han obtenido de forma estadística (aplicando la familia de transformaciones de Box-Cox, 1962, a los histogramas de frecuencias) a partir de una matriz de mas de 2000 datos de medidas de velocidad y profundidades de lamina de agua de tramos fluviales habitados por truchas. A partir de del punto de intersección de ambas curvas se define un criterio general para la determinación de caudales ecológicos:  $H = 60$  cm. y  $V_m = 60$  cm/s.



Por lo tanto se establece en función a la grafica anterior que:

En el periodo de estiaje con bajos caudales, el caudal ecológico debe generar un calado mínimo de 60 cm.

El caudal ecológico no debe dar lugar a una velocidad de corriente superior a los 60 cm/s, a partir del cual el índice de calidad de hábitat de los peces desciende por debajo del 50%.

**16.- RESPONSABILIDAD INSTITUCIONAL**

El Ministerio de Energía y Minas, a través de la dirección de Energía estarán a cargo de la gestión y se harán responsables de la validación de los resultados, previo análisis del mismo, mediante su departamento correspondiente.

**CAPITULO VII**

**“APLICACIÓN DEL MODELO R.E.C.E. EN EL RIO  
TULUMAYO”**

## **17.- MONITOREO**

El monitoreo y recopilación de datos fue realizado por la empresa **CESEL Ingenieros**, contratada por la empresa Edegel consecionaria de la central Hidroeléctrica para realizar el monitoreo del régimen hidrológico del río Tulumayo.

El trabajo realizado consiste en las mediciones de los caudales presentes en el momento del aforo, el mismo que fue llevado a cabo en forma diferenciada de acuerdo con las características de la zona. Así mismo se ha evaluado las quebradas que participan en el drenaje de sus recursos al río Tulumayo, la evaluación ha consistido en la ubicación de una zona adecuada para la implementación de una estación de medición o aforo, la cual en su mayoría consistirá en vertedero del tipo triangular.

Las ubicaciones de las quebradas han sido numeradas tomando como inicio las obras de cabecera de la Presa Chimay, hasta la ubicación de la cámara de carga de la referida central. Es así como se han contabilizado ocho quebradas en cada margen del río Tulumayo.

La longitud del tramo del río Tulumayo a ser estudiado tiene una longitud aproximada de 10 km. En referido tramo se han ubicado en gabinete secciones transversales, ubicadas convenientemente aguas abajo de las quebradas, el instrumento utilizado para el aforo es el correntómetro del tipo hélice, con fijación de varilla, N° de revoluciones por contador: 5. La ecuación básica es:  $V=0.6687N+0.009$  m/s,  $N = N^{\circ}$  de rev / tiempo (s).

### **17.1.- METODOS DE MEDICION DE CAUDALES (ver anexo IX)**

La medición de caudales corresponde al proceso mediante el cual con un procedimiento directo, se estima el volumen de agua que transita a través de una sección dada en un tiempo determinado.

El método empleado, es determinado de acuerdo a las características del lugar y volúmenes de caudal. Para el caso del río Tulumayo se ha procedido a determinar el mismo mediante el uso de un correntómetro.

Dentro de los métodos utilizados para medir los caudales de escorrentía en los canales, los arroyos y los ríos se tiene: Métodos volumétricos, Método velocidad/superficie, Uso del correntómetro, Método de la dilución. Los tres primeros han sido usados para el monitoreo.

#### **- Métodos Volumétricos.**

Este método consiste en la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. La corriente se desvía hacia un canal o cañería que descarga que descarga a un recipiente adecuado y el tiempo que demora su llenado se mide por medio de un cronómetro. La variación entre diversas mediciones efectuadas sucesivamente dará una indicación de la precisión de los resultados.

En nuestro caso se ha utilizado un depósito con un volumen igual a 18 lts. Las quebrada a las cuales fueron aplicadas este método fueron la quebrada Q4i, Q7i, Q1d-1, Q2d y Q3d debido a que existía una tubería o una estructura emplazada en la quebrada la cual encauzaba todo el caudal. El proceso de medición se realizó tres veces, con el objetivo de aminorar el error de lectura.

#### **- Método de velocidad/superficie**

Este método depende de la medición de la velocidad media de la corriente y del área de la sección transversal del canal. Una forma sencilla de calcular la velocidad consiste en medir el tiempo que tarda un objeto flotante en recorrer, corriente abajo, una distancia conocida. La velocidad en este caso no es exacta. Para corregir el error se ha efectuado varias mediciones continuas.

En nuestro caso se ha seleccionado un tramo lo suficientemente largo con ancho estable, con observación de flujo uniforme y permanente, es decir, este libre de influencias tanto desde aguas abajo como desde aguas arriba. Se ha procedido a medir la longitud del tramo elegido y el ancho respectivo. Se ha escogido un objeto flotante y se ha medido el tiempo que el mismo recorra la longitud medida. Este proceso se ha repetido tres veces, con el objetivo de aminorar el error de lectura.

Este método fue aplicado a las quebradas: Q2i, Q3i, Q5i, Q6i, Q8i, Q1d, Q5d.

### **Método de Vadeo**

Una determinación más exacta de la velocidad se puede obtener utilizando un molinete. El utilizado en esta campaña corresponde el de tipo taza cónica el cual gira sobre un eje vertical. En este caso la velocidad de rotación es proporcional a la velocidad de la corriente; se cuenta el número de revoluciones en un tiempo dado, ya sea con un contador digital o como golpes oídos en los auriculares que lleva el operador, similar al utilizado en este monitoreo. (ver figura N° 03)

El molinete mide la velocidad en un único punto y para medir la corriente total hacen falta varias mediciones. El procedimiento consiste en medir y en trazar sobre el papel cuadriculado la sección transversal de la corriente e imaginar que se divide en franjas de igual ancho. La velocidad media correspondiente a cada franja se calcula a partir de la velocidad media a 0.2 y 0.8 de la profundidad en esa franja. Esta velocidad multiplicada por la superficie de la franja da el caudal de la franja y el caudal total es la suma de las franjas. Para aguas poco profundas se efectúa una única lectura a 0.6 de la profundidad.

El uso del correntómetro (ver anexo XI) ha sido aplicado en esencia a las secciones transversales en el río Tulumayo denominadas: S-8, S-8A, S-7, S-6, S-5, S-4, S3A, S-2, y particularmente a la quebrada Q4d.

La zona de aforo ha sido seleccionando un tramo recto, con fondo estable, en el cual no se observe turbulencias por efecto de rocas salientes u otras singularidades. Se ha seleccionado un tramo con flujo uniforme y permanente.

Primeramente se ha ubicado la sección a ser aforada de acuerdo a las consideraciones descritas arriba. Para ello se ha utilizado un plano referencial, en la cual las secciones transversales han sido trazadas preliminarmente en gabinete.

El cauce del río se encuentra atravesado por un caudal pequeño, lo cual indica que el cauce en la cual se realizara el monitoreo corresponde al cauce principal del río. Según los lugareños y a lo observado en las huellas dejadas por el río en las márgenes, se puede inferir que el cauce a río lleno esta hasta entre dos y tres metros del tirante actual.

Se ha medido con wincha el ancho de la sección, tomando una margen como el inicio de medición. A partir de este punto se ha tomado medida de la profundidad del agua. Por tratarse de profundidades pequeñas, el aforo se ha hecho a 0.6 de la profundidad del agua (0.6h).

## **17.2.- IMPLEMENTACION DE ESTACIONES DE MEDICION EN QUEBRADAS (ver anexo IX)**

Uno de los objetivos trazados en esta primera campaña, es la de hacer un reconocimiento de las quebradas en las cuales sea factible establecer una estación de monitoreo. En principio, la idea fue la de colocar vertederos de cresta delgada, sin embargo, en la inspección de campo se ha notado que existen quebradas que se encuentran encauzadas por estructuras tales como tuberías de acero, las cuales fueron abandonadas en la etapa de construcción de la Presa Chimay.

Se resalta la posibilidad de aprovechar estas estructuras, las cuales se pueden aforar con el método del "balde". El inconveniente presentado se halla en que estas estructuras se encuentran colmatadas, las cuales pueden ser rehabilitada con un proceso de mantenimiento.

Las quebradas en las cuales se han encontrado estas instalaciones son Q2i, Q5i y Q7i.

Se ha procedido a la inspección in situ de los lugares más favorables para la instalación de los vertederos. Una de las principales características que deben tener es: primero, una buena cimentación en los estribos y base de tal manera de contrapesar el empuje del agua, segundo, una capacidad de almacenamiento, que sea lo más amplio posible de tal manera de evitar los efectos de turbulencia aguas arriba del vertedero, de tal manera que la lectura leída sea correcta.

Las quebradas que hacen posible la instalación de un vertedero son las siguientes:

Q6i, Q8i, Q1d, Q1d-1, Q2d, Q3d, Q5d, Q6d, Q8d

En las quebradas Q4d y Q7d, por tener una gran amplitud (26m) y una zona muy accidentada, respectivamente, no es posible la instalación de vertederos.

#### - **Vertederos de pared delgada**

La medición del caudal de las corrientes naturales nunca puede ser exacta debido a que el canal suele ser irregular y por lo tanto es irregular la relación entre el nivel y el caudal. Los canales de corrientes naturales están también sometidos a cambios debidos a erosión y depósitos. Se pueden obtener cálculos más confiables cuando el caudal pasa a través de una sección donde esos problemas se han limitado.

Los vertederos son estructuras que se utilizan para medir los caudales de un río o quebrada, los cuales cuentan con una poza amortiguadora para calmar cualquier turbulencia y lograr que el agua se acerque al vertedero lenta y suavemente. El vertedero debe tener el extremo agudo aguas arriba para que la corriente fluya libremente. A esto

se denomina contracción final, necesaria para aplicar la calibración normalizada.

Para determinar la profundidad de la corriente a través del vertedero, se instala un medidor en la poza de amortiguación en un lugar en la que se pueda leer fácilmente. El cero se fija en el punto mas bajo de la escotadura. El medidor debe instalarse bastante detrás de la escotadura para que no se vea afectado por la curva de descenso del agua a medida que el agua se acerca a la mira.

Los vertederos con escotadura en V son más sensibles para caudales reducidos. El más utilizado es con escotadura en 90°, tal como se muestra en la figura abajo.

Cuadro para caudales por encima de un vertedero de escotadura en V de 90° (de USDI 1975)

**Tabla II : Caudales en Vertedero Triangular**

<b>Carga (mm)</b>	<b>Caudal (l/s)</b>	<b>Carga (mm)</b>	<b>Caudal (l/s)</b>	<b>Carga (mm)</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
40	0.441	110	5.54	180	18.9
50	0.731	120	6.91	190	21.7
60	1.21	130	8.41	200	24.7
70	1.79	140	10.20	230	35.1
80	2.49	150	12.0	250	43.1
90	3.34	160	14.1	300	68.0
100	4.36	170	16.4	350	100.0

### **17.3.- UBICACIÓN DE QUEBRADAS Y SECCIONES (ver anexo XIII)**

Con el objetivo de ubicar en forma aproximada la localización de las quebradas y/o secciones en el río, materia en estudio, se ha procedido a tomar lecturas con ayuda de un GPS. Se resalta que en algunas de las quebradas por causa de la abundante vegetación, el GPS no alcanzaba

una cobertura idónea para la localización de la quebrada. Los puntos fueron tomados en las coordenadas UTM.

Para una mayor información de las quebradas se indica además, el nombre con la que usualmente se conoce en la zona y su localización en referencia a casas y/o propietarios de hueros.

### Cuadro VII. UBICACIÓN DE QUEBRADAS Y SECCIONES

(Fuente: Emp. CESEL Ingenieros)

QUEB. / SECC.	NOMBRE	UTM		COTA msnm	REFERENCIA
		Norte	Este		
Q8i		8748426	467369	1210	
Q7i		8747700	467571	1209	
Q6i		8747504	467749	1232	
Q5i		8746209	468310	1240	
Q4i		8745924	468428	1250	
Q3i		8745513	468300	1249	
Q2i	Qda. Yanango	8744024	470346	1351	
Q1d	Qda. Loretonque	8743747	470892	1154	
Q1d-1		8743837	470837	1154	Derivacion de Qda Q1d / Prop. Sr. Samuel Caja
Q2d	Qda. Ashcayacu				A 30 m de la quebrada Q1d
Q3d					Se accede a traves de Huaro, prop. Sr. Angel Caja
Q4d	Qda. Yanayacu	8745966	468564	1231	Se accede a traves de Huaro, prop. Sr. Victorino Rosales
Q5d	Qda. Vilcapaccha Alta	8747054	468053	1240	Frente al pueblo anexo Los Angeles / se accede a traves de Huaro
Q6d	Qda. Vilca Baja	8747657	467844	1170	Se accede a traves de Huaro, prop. Sr. Victor Astulla
Q7d	Qda. Panama	8748123	467844	1178	Se accede a traves de Huaro, prop. Sr. Felix Quispe
Q8d		8750374	466935	1127	
S1					Agua debajo de la presa Chimay
S2					Pueblo de Pacaybamba / Puente Pacaybamba
S3-A		8745383	469428	1280	A poca distancia del huaro del Sr. Caja
S4		8745808	468516	1250	
S5					Prop. Familia Jovanni Quincho
S6		8747680	467761	1202	
S7					Sin observacion
S8					A 50m de la casa de maquina
S8-A					A 200m de la casa de maquina

#### 17.4.- TOMA DE DATOS EN LAS QUEBRADAS DE AFORO

Tal como se ha indicado, se ha procedido a monitorear los caudales de cada quebrada. En el cuadro único anterior de caudales de quebradas se indican que han sido aforadas, así como el método empleado en el aforo. De mismo modo, se indican los valores geométricos medidos y el tiempo.

### **17.5.- TOMA DE DATOS EN LAS SECCIONES DE AFORO**

En los cauces de mayor longitud como en el Río Tulumayo y la quebrada Q4d, por tener grandes caudales se sea preferido usar el correntómetro. En los cuadros de caudales aforados en cada estación del río Tulumayo anteriormente descritos, se indican las secciones que han sido aforados, el tirante de agua, la profundidad de medición y el tiempo de aforo.

### **17.6.- DATOS DE AFORO**

A continuación mediante las siguientes tablas se presenta los datos de aforo en las quebradas (afluentes al río tulumayo) y en las secciones del mismo río en estudio.

**Tabla III : MEDICION DE CAUDALES Y METODOS EMPLEADOS EN LAS QUEBRADAS AFLUENTES AL RIO TULUMAYO**  
(Fuente: Emp. CESEL Ingenieros)

QUEBRADA		METODO	VOLUMEN ( Lt )	GOMETRIA			TIEMPO					VELOC. ( m/s )	CAUDAL ( lps )
COD.	NOMBRE			Longitud (m)	Ancho (m)	Tirante (m)	T1 (s)	T2 (s)	T3 (s)	TProm. (s)			
Q1i		Vel / Sup	-	3.0	6.0	0.05	3.00	3.00	-	3.00	1.00	300.00	
Q2i	Qda Yanango	Vel / Sup	-	1.6	0.4	0.05	1.76	1.90	-	1.83	0.87	17.49	
Q3i		Vel / Sup	-	3.0	1.2	0.06	2.70	2.26	2.70	2.55	1.17	84.60	
Q4i		Volumetrico	3.85	-	-	-	1.53	1.38	1.10	1.34	-	2.89	
Q5i		Vel / Sup	-	1.8	0.8	0.06	2.71	2.30	2.55	2.52	0.71	34.29	
Q6i		Vel / Sup	-	2.1	1.7	0.06	3.70	3.93	3.36	3.66	0.57	58.47	
Q7i		Volumetrico	3.85	-	-	-	1.57	1.64	1.42	1.54	-	2.50	
Q8i		Vel / Sup	-	2.1	0.3	0.04	3.34	3.39	-	3.37	0.62	7.49	
Q1d	Qda Loretonge	Vel / Sup	-	1.9	0.8	0.07	3.54	3.75	3.00	3.43	0.55	31.02	
Q1d -1		Volumetrico	18	-	-	-	4.34	4.32	-	4.33	-	4.16	
Q2d	Qda. Ashcayacu	Volumetrico	18	-	-	-	3.13	3.07	3.17	3.12	-	5.77	
Q3d		Volumetrico	18	-	-	-	4.04	4.32	4.95	4.44	-	4.06	
Q4d	Qda. Yanayacu	Vadeo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,270.00	
Q5d	Qda. Vilcapacha Alta	Vel / Sup	-	1.5	1.1	0.13	2.65	2.84	3.07	2.85	0.53	75.18	
Q6d	Qda Vilca Baja	Volumetrico	18	-	-	-	4.34	4.32	-	4.33	-	4.16	
Q7d	Qda Panama	Volumetrico	252	-	-	-	2.00	2.00	-	2.00	-	126.00	
Q8d		Vel / Sup	-	4.0	1.0	0.1	4.91	4.09	4.14	4.38	0.91	91.32	

### Tablas IV : MEDICION DE CAUDALES EN EL RIO TULUMAYO

(Fuente: Emp. CESEL Ingenieros)

Seccion - 2  
 Correntometro Aortic  
 Helice  
 N° rev 5  
 Ancho del rio 19 m  
 N° pulso 3  
 N° revol 10  
 Temperatura 15.22 °C

Seccion	Ancho (m)	Tirante (Y) (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Prof. (60% Y) (m)	Tiempo (seg)			N (rev/s)	Velocidad (V) (m/s)	Caudal (Q) (m <sup>3</sup> /s)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>			
Y-0	0.0	0.00	0.00	0.00						
Y-1	1.0	0.24	0.12	0.14	0.0	0.0	0.0	0.00	0.01	0.00
Y-4	3.0	0.57	1.22	0.34	127.0	154.0	173.0	0.07	0.05	0.06
Y-7	3.0	0.61	1.77	0.37	55.0	58.0		0.18	0.13	0.23
Y-10	3.0	0.26	1.31	0.16	39.0	36.0	40.0	0.26	0.18	0.24
Y-13	3.0	0.45	1.07	0.27	16.0	15.0	16.0	0.64	0.44	0.47
Y-16	3.0	0.32	1.16	0.19	37.0	35.0	36.0	0.28	0.19	0.23
Y-18	2.0	0.22	0.54	0.13	72.0	71.0		0.14	0.10	0.06
Y-19	1.0	0.00	0.11	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.01	0.00
<b>Total :</b>										<b>1.28</b>

Seccion - 3  
 Correntometro Aortic  
 Helice  
 N° rev 5  
 Ancho del rio 14 m  
 N° pulso 3  
 N° revol 15  
 Temperatura 15.46 °C

Seccion	Ancho (m)	Tirante (Y) (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Prof. (60% Y) (m)	Tiempo (seg)			N (rev/s)	Velocidad (V) (m/s)	Caudal (Q) (m <sup>3</sup> /s)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>			
Y-0	0.0	0.00	0.00	0.00						
Y-1	1.0	0.42	0.22	0.25	0.0	0.0	0.0	0.00	0.01	0.00
Y-4	3.0	0.39	1.22	0.23	31.0	31.0	35.0	0.46	0.32	0.39
Y-7	3.0	0.41	1.20	0.25	49.0	57.0	46.0	0.30	0.21	0.25
Y-10	3.0	0.41	1.23	0.25	67.0	66.0	64.0	0.23	0.16	0.20
Y-13	3.0	0.54	1.43	0.32	29.0	29.0	26.0	0.54	0.37	0.53
Y-14	1.0	0.00	0.27	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.01	0.00
<b>Total :</b>										<b>1.36</b>

**Seccion** : Seccion - 4  
**Método** : Correntometro Aortic  
**Tipo** : Helice  
**Nº rev** : 5  
**Ancho del río** : 15 m  
**Nº pulso** : 2  
**Nº revol** : 10  
**Temperatura** : 16.08 °C

Seccion	Ancho (m)	Tirante (Y) (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Prof. (60% Y) (m)	Tiempo (seg)			N (rev/s)	Velocidad (V) (m/s)	Caudal (Q) (m <sup>3</sup> /s)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>			
Y-0	0.0	0.00	0.00	0.00						
Y-1	1.0	0.60	0.31	0.36	61.0	56.0	63.0	0.17	0.12	0.04
Y-4	3.0	0.56	1.74	0.34	33.0	32.0	32.0	0.31	0.22	0.38
Y-7	3.0	0.53	1.64	0.32	29.0	27.0	28.0	0.36	0.25	0.41
Y-10	3.0	0.41	1.41	0.25	16.0	16.0	16.0	0.63	0.43	0.60
Y-13	3.0	0.40	1.22	0.24	20.0	20.0	20.0	0.50	0.34	0.42
Y-14	1.0	0.41	0.41	0.25	37.0	32.0	41.0	0.27	0.19	0.08
Y-15	1.0	0.00	0.21	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.01	0.00
<b>Total :</b>										<b>1.92</b>

**Seccion** : Seccion - 5  
**Método** : Correntometro Aortic  
**Tipo** : Helice  
**Nº rev** : 5  
**Ancho del río** : 16 m  
**Nº pulso** : 3  
**Nº revol** : 15  
**Temperatura** : 16.12 °C

Seccion	Ancho (m)	Tirante (Y) (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Prof. (60% Y) (m)	Tiempo (seg)			N (rev/s)	Velocidad (V) (m/s)	Caudal (Q) (m <sup>3</sup> /s)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>			
Y-0	0.0	0.00	0.00	0.00						
Y-1	1.0	0.43	0.22	0.26	44.0	41.0	40.0	0.36	0.25	0.05
Y-4	3.0	0.69	1.68	0.41	33.0	32.0	35.0	0.45	0.31	0.52
Y-7	3.0	0.62	1.97	0.37	15.0	16.0	16.0	0.96	0.65	1.28
Y-10	3.0	0.59	1.82	0.35	82.0	71.0	77.0	0.20	0.14	0.25
Y-13	3.0	0.45	1.56	0.27	41.0	37.0	39.0	0.38	0.27	0.42
Y-15	2.0	0.27	0.72	0.16	58.0	55.0	58.0	0.26	0.18	0.13
Y-16	1.0	0.00	0.14	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.01	0.00
<b>Total :</b>										<b>2.66</b>

**Seccion - 6**  
**Seccion** : Correntómetro Aortic  
**Método** : Helice  
**Tipo** :  
**Nº rev** : 5  
**Ancho del río** : 14 m  
**Nº pulso** : 3  
**Nº revol** : 15  
**Temperatura** : 16.15 °C

Seccion	Ancho (m)	Tirante (Y) (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Prof. (60% Y) (m)	Tiempo (seg)			N (rev/s)	Velocidad (V) (m/s)	Caudal (Q) (m <sup>3</sup> /s)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>			
Y-0	0.0	0.00	0.00	0.00						
Y-1	1.0	0.22	0.11	0.13	30.0	32.0	33.0	31.7	0.33	0.04
Y-4	3.0	0.37	0.89	0.22	18.0	16.0	16.0	16.7	0.61	0.54
Y-7	3.0	0.68	1.58	0.41	17.0	16.0	17.0	16.7	0.61	0.97
Y-10	3.0	0.53	1.82	0.32	10.0	7.0	10.0	9.0	1.12	2.04
Y-13	3.0	0.30	1.25	0.18	32.0	37.0	37.0	35.3	0.29	0.37
Y-14	1.0	0.00	0.15	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.00
<b>Total :</b>										<b>3.96</b>

**Seccion - 7**  
**Seccion** : Correntómetro Aortic  
**Método** : Helice  
**Tipo** :  
**Nº rev** : 5  
**Ancho del río** : 17 m  
**Nº pulso** : 2  
**Nº revol** : 10  
**Temperatura** : 16.56 °C

Seccion	Ancho (m)	Tirante (Y) (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Prof. (60% Y) (m)	Tiempo (seg)			N (rev/s)	Velocidad (V) (m/s)	Caudal (Q) (m <sup>3</sup> /s)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>			
Y-0	0.0	0.00	0.00	0.00						
Y-1	1.0	0.46	0.24	0.28	42.0	40.0	37.0	39.7	0.18	0.04
Y-4	3.0	0.32	1.17	0.19	26.0	33.0	34.0	31.0	0.22	0.26
Y-7	3.0	0.60	1.38	0.36	9.0	8.0	8.0	8.3	0.81	1.12
Y-10	3.0	0.38	1.47	0.23	9.0	8.0	9.0	8.7	0.78	1.15
Y-13	3.0	0.70	1.62	0.42	8.0	9.0	7.0	8.0	0.84	1.37
Y-16	3.0	0.45	1.73	0.27	29.0	34.0	29.0	30.7	0.23	0.39
Y-17	1.0	0.00	0.23	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.00
<b>Total :</b>										<b>4.34</b>

**Seccion** : Seccion - 8A  
**Método** : Correntómetro Aortic  
**Tipo** : Helice  
**Nº rev** : 5  
**Ancho del río** : 19.7 m  
**Nº pulso** : 3  
**Nº revol** : 15  
**Temperatura** : 16.58 °C

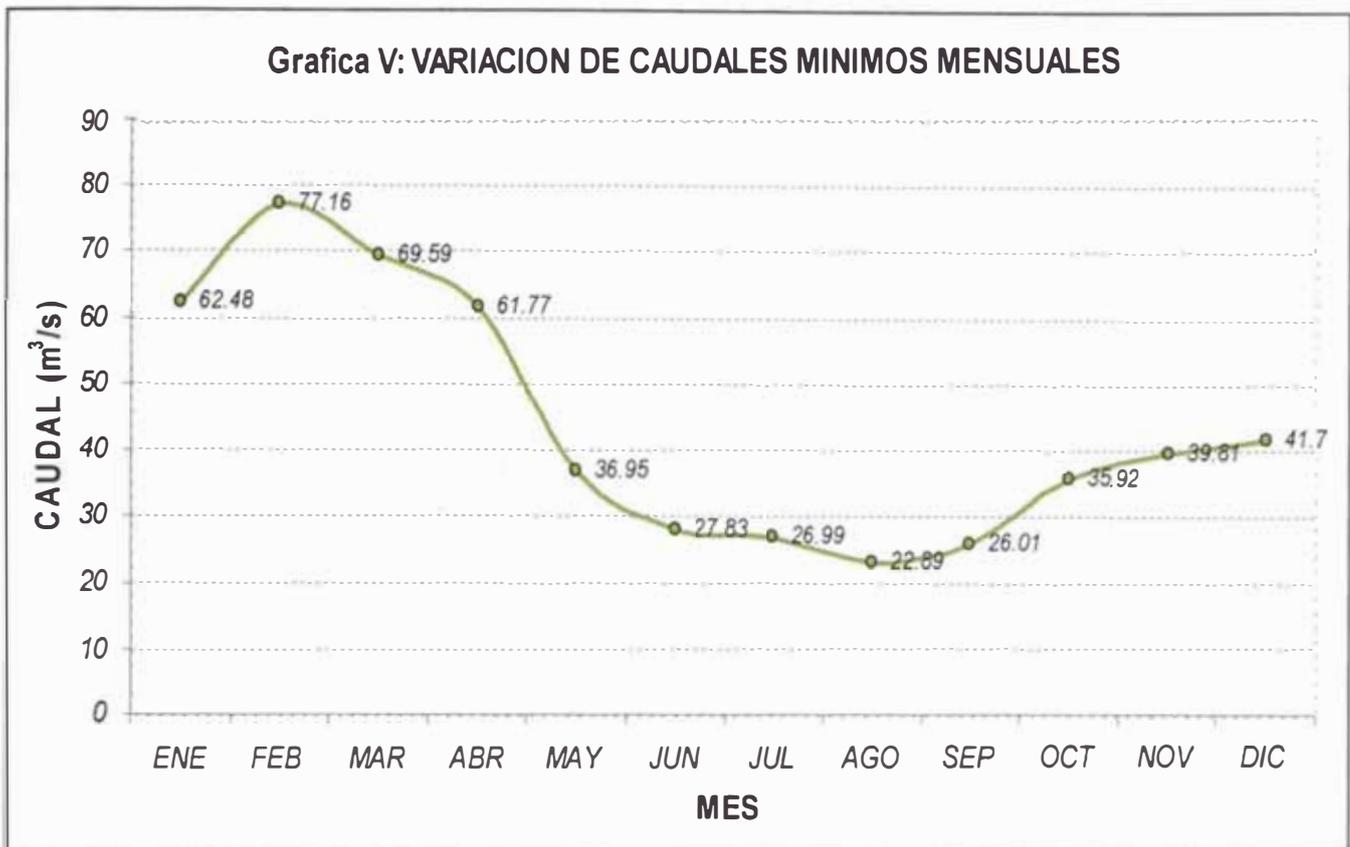
Seccion	Ancho (m)	Tirante (Y) (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Prof. (60% Y) (m)	Tiempo (seg)			N (rev/s)	Velocidad (V) (m/s)	Caudal (Q) (m <sup>3</sup> /s)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>			
Y-0	0.0	0.00	0.00	0.00						
Y-1	1.0	1.04	0.54	0.62	22.0	24.0		0.65	0.45	0.24
Y-4	3.0	1.00	3.06	0.60	16.0	16.0		0.94	0.64	1.95
Y-7	3.0	0.74	2.61	0.44	20.0	16.0		0.83	0.57	1.48
Y-10	3.0	0.47	1.82	0.28	33.0	28.0		0.49	0.34	0.61
Y-13	3.0	0.40	1.31	0.24	48.0	55.0	53.0	0.29	0.20	0.26
Y-15	2.0	0.36	0.76	0.22	44.0	38.0		0.37	0.25	0.19
Y-18	3.0	0.17	0.80	0.10	0.0	0.0		0.00	0.01	0.01
Y-19.7	1.7	0.00	0.14	0.00	0.0	0.0		0.00	0.01	0.00
<b>Total :</b>										<b>4.74</b>

**Seccion** : Seccion - 8  
**Método** : Correntómetro Aortic  
**Tipo** : Helice  
**Nº rev** : 5  
**Ancho del río** : 18.4 m  
**Nº pulso** : 3  
**Nº revol** : 15  
**Temperatura** : 16.58 °C

Seccion	Ancho (m)	Tirante (Y) (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Prof. (60% Y) (m)	Tiempo (seg)			N (rev/s)	Velocidad (V) (m/s)	Caudal (Q) (m <sup>3</sup> /s)
					T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>			
Y-0	0.0	0.00	0.00	0.00						
Y-1	1.0	0.37	0.19	0.22	156.0			0.10	0.07	0.01
Y-4	3.0	0.66	1.55	0.40	16.0	15.0		0.97	0.66	1.02
Y-7	3.0	0.67	2.00	0.40	13.0	14.0		1.11	0.75	1.50
Y-10	3.0	1.07	2.61	0.64	23.0	20.0		0.70	0.48	1.24
Y-13	3.0	0.83	2.85	0.50	84.0	87.0		0.18	0.13	0.36
Y-16	3.0	0.52	2.03	0.31	16.0	15.0		0.97	0.66	1.33
Y-17.3	1.3	0.44	0.62	0.26	24.0	25.0		0.61	0.42	0.26
Y-18.4	1.1	0.00	0.24	0.00	0.0	0.0		0.00	0.01	0.00
<b>Total :</b>										<b>5.73</b>

## 18.- RESULTADOS:

En función a la **Tabla I** (pag36), se puede establecer la siguiente grafica de caudales mínimos, con la finalidad de establecer el periodo mínimo de estudio y el posible caudal ecológico:



Respecto a los datos y la **Grafica V** se puede establecer el periodo en el cual se procederá a realizar la Modelización hidráulica, para establecer el caudal ecológico en el tramo afectado por la implementación de dicha Central como también se puede deducir que el aporte promedio de la cuenca intermedia, correspondiente al tramo entre la bocatoma y la descarga de la C.H. Chimay ( $72.93 \text{ km}^2$ ) es de  $0.86 \text{ m}^3/\text{s}$ . Para el mes más seco (Agosto) este aporte se reduce a  $0.74 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 18.1.- DETERMINACION DEL PERIODO MÍNIMO

Según la **Grafica V**, el periodo en el cual se va a realizar el estudio del caudal ecológico oscila entre los meses de Junio – Septiembre.

## **18.2.- CALCULO DEL CAUDAL DE CAMBIO**

Respecto a la **Grafica V**, ya establecido nuestro periodo mínimo podemos estimar que posiblemente podría ser el caudal mínimo correspondiente al mes de agosto el caudal ecológico, siempre y cuando cumpla con una serie de criterios biológicos (conservacionistas) y fisicoquímicos.

## **18.3.- COMPARACION DE CAUDALES AFORADOS Y ESTIMADOS – MANNING y CHEZY:**

Las siguientes tablas se desarrollan en función a los resultados obtenidos del monitoreo en las secciones (S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S8-A) establecidas en el río tulumayo.

### **18.3.1- Tabla V: “Características Hidrodinámicas de los Tramos en el Río Tulumayo”**

En la presente tabla se indican las principales características hidrodinámicas de los tramos analizados, en los cuales se puede apreciar lo siguiente:

- Todos los regimenes son Laminares y Subcríticos.
- Señalamos que todas las estaciones de aforo son constituidas por canales naturales.
- En todos los tramos se han obtenido valores de números de Reynolds (Re) inferiores a 200, por lo tanto el cálculo de la Altura de la Rugosidad ( $\epsilon/Dh$ ) deberá realizarse iterando la formula de Moody.
- El valor del coeficiente de Coriolis ah sido el mismo ( $\alpha =1.31$ ) para todos los tramos, debido a que se a empleado el método de la semisección (60% Y), y por que en algunos caso el tirante de agua no lo permitía.

**Tabla V: " CARACTERISTICAS HIDRODINAMICAS DE LOS TRAMOS ANALIZADOS "**

$$\alpha \text{ (Coef. Coriolis)} = 1.31$$

$$g \text{ (Acel. Gravedad)} = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Estacion	Temp. ( °C )	$\gamma$ ( Centistokes )	$Y_m$ ( m )	$P_m$ ( m )	$A_m$ ( m <sup>2</sup> )	$V_m$ ( m/s )	$R_H$ ( m )	Numero de Reynolds		Numero de Froude	
								$Re$	Flujo	$Fr$	Flujo
<b>S1</b>	<b>15.6</b>	<b>1.1200</b>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>S2</b>	<b>16.1</b>	<b>1.1068</b>	<b>0.416</b>	<b>39.60</b>	<b>7.30</b>	<b>0.412</b>	<b>0.184</b>	<b>68.599</b>	Laminar	<b>0.233</b>	Subcritico
<b>S3A</b>	<b>16.7</b>	<b>1.0910</b>	<b>0.438</b>	<b>28.99</b>	<b>5.57</b>	<b>0.264</b>	<b>0.192</b>	<b>46.456</b>	Laminar	<b>0.146</b>	Subcritico
<b>S4</b>	<b>17.2</b>	<b>1.0778</b>	<b>0.479</b>	<b>31.10</b>	<b>6.94</b>	<b>0.287</b>	<b>0.223</b>	<b>59.355</b>	Laminar	<b>0.151</b>	Subcritico
<b>S5</b>	<b>17.8</b>	<b>1.0620</b>	<b>0.535</b>	<b>32.85</b>	<b>8.11</b>	<b>0.314</b>	<b>0.247</b>	<b>73.076</b>	Laminar	<b>0.157</b>	Subcritico
<b>S6</b>	<b>18.2</b>	<b>1.0515</b>	<b>0.451</b>	<b>28.65</b>	<b>5.80</b>	<b>0.634</b>	<b>0.202</b>	<b>122.037</b>	Laminar	<b>0.345</b>	Subcritico
<b>S7</b>	<b>18.9</b>	<b>1.0330</b>	<b>0.488</b>	<b>35.12</b>	<b>7.84</b>	<b>0.553</b>	<b>0.223</b>	<b>119.445</b>	Laminar	<b>0.289</b>	Subcritico
<b>S8A</b>	<b>19.4</b>	<b>1.0198</b>	<b>0.639</b>	<b>40.72</b>	<b>11.04</b>	<b>0.412</b>	<b>0.271</b>	<b>109.498</b>	Laminar	<b>0.188</b>	Subcritico
<b>S8</b>	<b>19.5</b>	<b>1.0172</b>	<b>0.705</b>	<b>37.85</b>	<b>12.09</b>	<b>0.498</b>	<b>0.319</b>	<b>156.386</b>	Laminar	<b>0.217</b>	Subcritico

### 18.3.2- Tabla VI: “Características Hidráulicas de los Tramos en el Río Tulumayo”

En la presente tabla se indican las principales características hidrodinámicas de los tramos analizados, en los cuales se puede apreciar lo siguiente:

- Para el cálculo de la  $n$  de Manning se realizó un levantamiento hidráulico, en el cual se relaciona la profundidad en función al tipo de cauce (H vs.  $n$ ).
- Los valores de  $n$  son casi similares en todos los tramos debido a la similitud de los cauces a lo largo del tramo en estudio.
- Para efectos de Manning, se puede decir que la Modelización hidráulica se realizó con las características hidráulicas de las estaciones S3A, S4 y S7 debido a que los valores obtenidos de altura de rugosidad ( $\epsilon/Dh$ ) se encuentran dentro del rango donde la ecuación de Manning, predecirá caudales muy próximos a los circulantes, esto se podrá afirmar en la tabla Tabla N° 3.
- Para efectos de Chézy se tendrá que corroborar el porcentaje de error con respecto al caudal circulante para poder determinar la sección a escoger para su modelización.

### 18.3.3- Tabla VII: “Contraste de Caudales Estimados y Aforados”

En la presente tabla se presentan los caudales aforados, los caudales estimados en función a Manning y Chézy:

- Mediante la tabla de Contraste de Caudales, ya se pueden realizar la selección de la estación o estaciones, para emplear las características determinadas del cauce referida a dicha estación para los efectos de Modelización hidráulica; los cuales son los siguientes:
  - Para efectuar una Modelización Hidráulica con Manning y Chézy, se escogerá la estación S7, debido a que para

Tabla VI: " CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DE LOS TRAMOS ANALIZADOS "

$g = 9.81$

Estacion	$R_H$ ( m )	$S$ ( m/m )	$V_m$ ( m/s )	$f$ ( adimens. )	$\epsilon / D_H$ ( adimens. )	$n$ - Manning	C - Chézy
<b>S1</b>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>S2</b>	0.184	0.000900	0.412	0.076753	0.432	0.046	10.883
<b>S3A</b>	0.192	0.001250	0.264	0.270862	0.021	0.043	17.022
<b>S4</b>	0.223	0.001150	0.287	0.245045	0.046	0.040	17.896
<b>S5</b>	0.247	0.001397	0.314	0.273916	0.168	0.041	16.927
<b>S6</b>	0.202	0.000835	0.634	0.033021	0.413	0.042	48.751
<b>S7</b>	0.223	0.000910	0.553	0.052185	0.317	0.043	38.780
<b>S8A</b>	0.271	0.001854	0.412	0.232538	0.164	0.042	18.371
<b>S8</b>	0.319	0.002530	0.498	0.255721	0.263	0.045	17.518

**Tabla VII : " CONTRASTE DE CAUDALES AFORADOS Y ESTIMADOS "**

<b>Estacion</b>	<b>Q - Aforado ( lps )</b>	<b>Q - Manning ( lps )</b>	<b>Q - Chézy ( lps )</b>	<b>Error I ( % )</b>	<b>Error II ( % )</b>	<b>Error III ( % )</b>
<b>S1</b>	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>S2</b>	1,279.22	1,642.47	1,089.93	-28.40	14.80	43.19
<b>S3A</b>	1,361.91	1,524.92	1,469.33	-11.97	-7.89	4.08
<b>S4</b>	1,918.62	2,164.62	1,989.60	-12.82	-3.70	9.12
<b>S5</b>	2,657.55	2,909.55	2,549.37	-9.48	4.07	13.55
<b>S6</b>	3,956.81	1,375.81	3,676.25	65.23	7.09	58.14
<b>S7</b>	4,336.34	3,321.02	4,333.34	23.41	0.07	23.34
<b>S8A</b>	4,743.52	4,438.68	4,547.13	6.43	4.14	2.29
<b>S8</b>	5,727.43	6,314.63	6,020.93	-10.25	-5.12	5.13

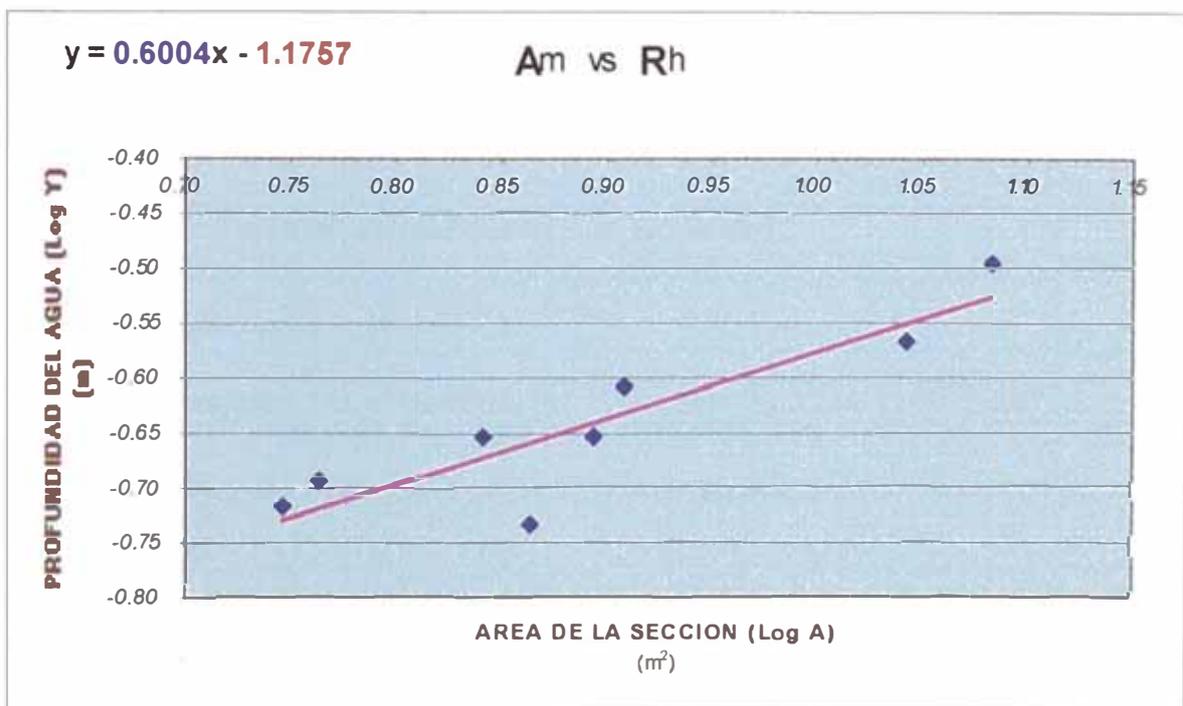
efectos de manning se obtendrán valores con mayor precisión y cercanos a los circulantes y para efectos de Chézy la misma estación predice valores muy precisos con los circulantes, obteniéndose porcentajes de error mínimos.

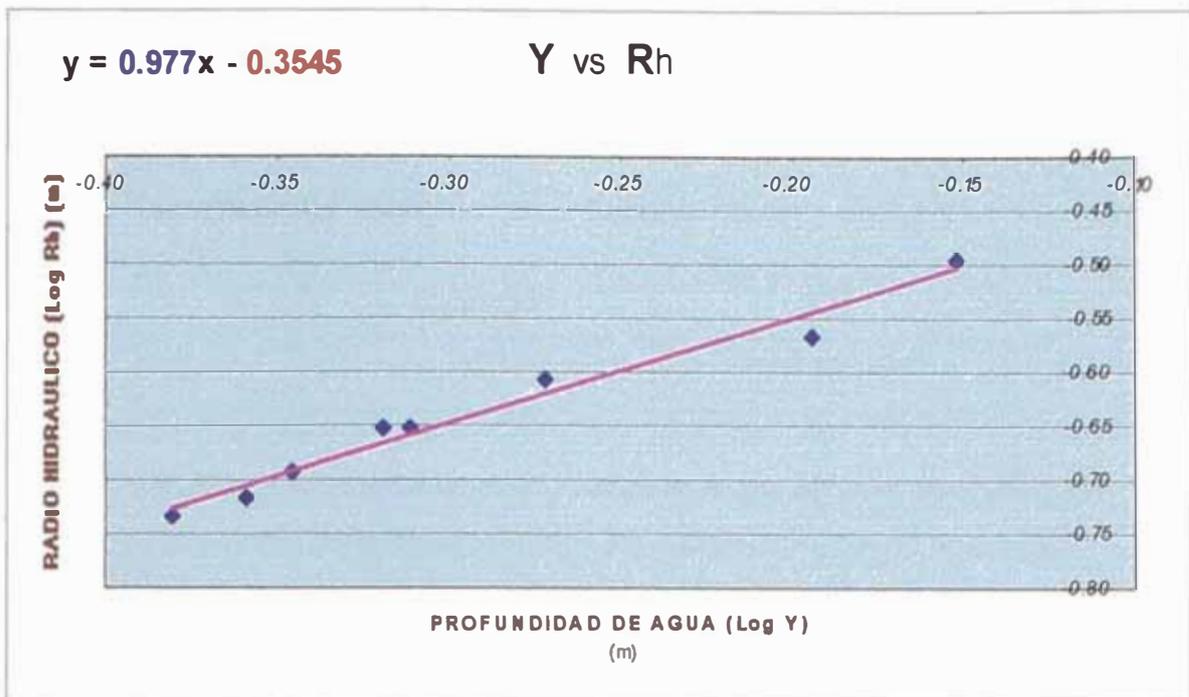
#### 18.4.- MODELIZACION HIDRAULICA DE CAUDALES ECOLOGICOS:

Tabla VIII

stación	Log A <sub>m</sub> ( m <sup>2</sup> )	Log Y <sub>m</sub> ( m )	Log R <sub>H</sub> ( m )
S1	-----	-----	-----
S2	0.863	-0.381	-0.734
S3A	0.746	-0.359	-0.716
S4	0.841	-0.319	-0.651
S5	0.909	-0.272	-0.608
S6	0.763	-0.346	-0.694
S7	0.894	-0.311	-0.651
S8A	1.043	-0.194	-0.567
S8	1.082	-0.152	-0.496

Mediante la siguiente tabla, se pueden determinar los coeficientes morfométricos y mediante el cual se puede establecer la ecuación de Caudal (Q) en función de la altura de agua (H).





Luego de realizar los cálculos respectivos, se determinaron los coeficientes morfométricos los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla IX

Coeficientes Morfométrico	
<b>a</b>	<b>90.8227</b>
<b>b</b>	<b>1.6656</b>
<b>d</b>	<b>0.4421</b>
<b>k</b>	<b>0.9770</b>

Por lo Tanto las ecuaciones son las siguientes:

Ecuación de Chézy:  $Q = 18.1407 H^{2.1158}$

Ecuación de Manning:  $Q = 15.5801 H^{2.2786}$  ,  $Q = 23.3224 H^{0.4319} \cdot V$

## 18.5.- COMPROBACION DE CRITERIOS ABIOTICOS Y BIOLÓGICOS

### 18.5.1- Conservación del Paisaje Hidráulico

Reemplazando datos: **Tabla X**

Estación	VH
S7	0.00105102

Mediante esta tabla se puede determinar que el no es sensible a los estancamientos de agua, siendo este hidráulicamente no muy ancho.

### 18.5.2- Conservación de la Biodiversidad Fluvial

El menor de los caudales ecológicos cumple con este criterio:

**Tabla XI**

	Manning	Chézy
Caudal ( m <sup>3</sup> /s )	4.865	6.155

### 18.5.3- Conservación de la vegetación de Riberas.

En el periodo de mayor caudal medio circulante, que en el caso que nos compete ocurre en los meses de **Febrero** y **Marzo**, durante una semana debe mantenerse un caudal ecológico que alcance los rizomas o el sistema radicular de la vegetación de riberas.

### 18.5.4- Protección de la Fauna Piscícola.

Corroborando los valores de caudales tanto en Chézy como Manning con los valores de calado y velocidad según este criterio de Protección de la Fauna Piscícola, cumple en los requisitos expuestos, por lo que se da como valores resultantes ecológicos a dichos caudales:  $Q_{\text{manning}} = 4.87 \text{ m}^3/\text{s}$  ,  $Q_{\text{Chezy}} = 6.155 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**CAPITULO VIII**

**“OBSERVACIONES – RECOMENDACIONES Y  
CONCLUSIONES”**

## 19.- OBSERVACIONES

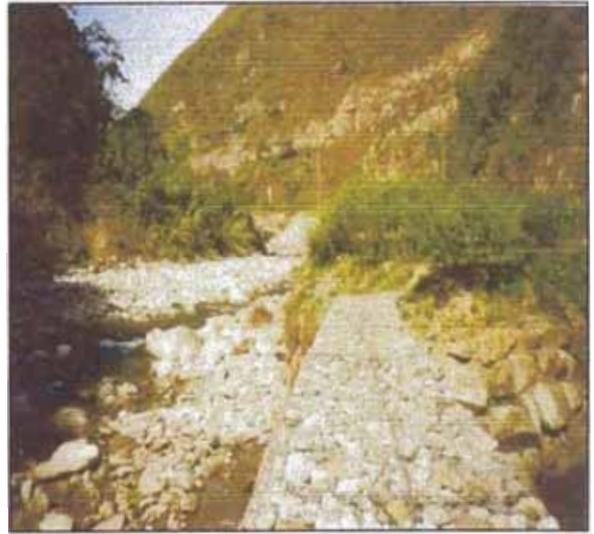
a).- A la salida de la casa de maquinas se encuentra un espigón hecho de gaviones la cual ha comenzado a sufrir un proceso de erosión. La zona afectada es la que esta al lado del río Tulumayo. Tal como se muestra en la foto abajo, cuando el río carga logra modificar el lecho rocoso movilizándolo en las cuales el gavión se cimienta. Se puede recuperar esa zona cubriendo la base y el cauce en este tramo, colocando rocas de mayor tamaño, de tal suerte que la fuerza del río no sea lo suficientemente grande como para arrastrarlas.

A lo largo del cauce del río Tulumayo, en el tramo en estudio, se ha observado un proceso de erosión, la cual se evidencia en una ausencia de material fino. Es recomendable que el lecho este conformado por el mismo, de lo contrario se estaría dañando la morfología fluvial del río e incrementando la capacidad erosiva del mismo.

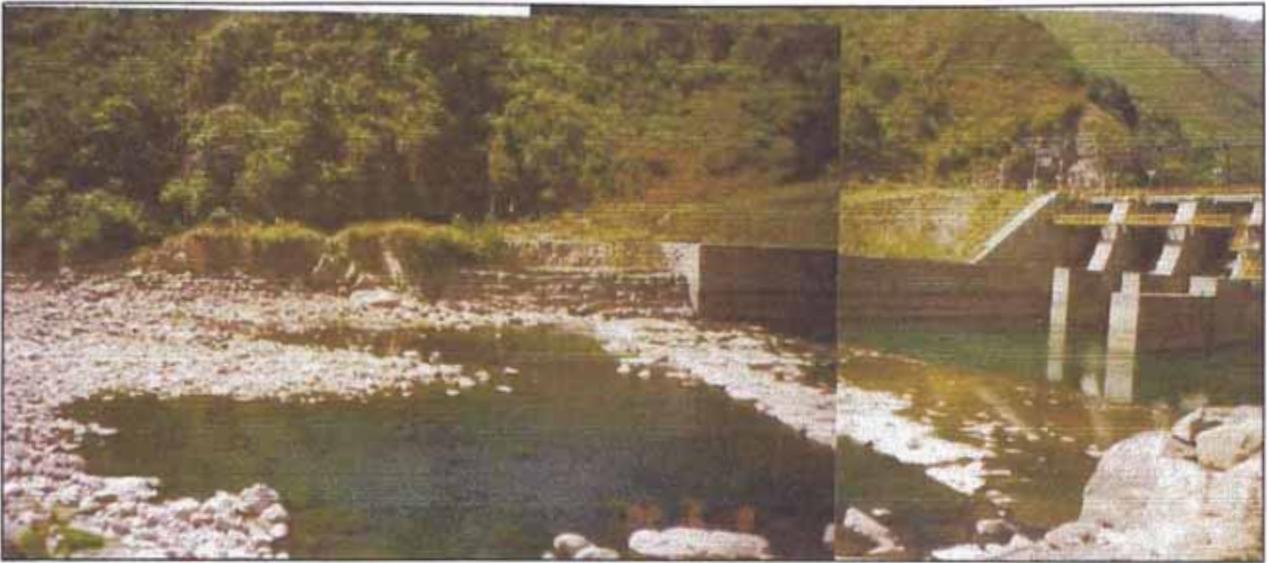
Es recomendable soltar en los meses de avenida los caudales con transporte de material tanto de fondo como de suspensión.



Socavamiento a pie del espigón. Se observa la remoción de las piedras que servían de protección.



Vista aguas arriba del espigón. Se observa una curva cerrada motivo por el cual existe una socavación local.



Socavamiento aguas debajo de la presa Chimay. Se observa un largo tramo de lecho lavado con gran cantidad de material compuesto de piedras de diferente tamaño. No se observa la presencia de finos.

- b).- Por otro lado luego de haber simulado el Modelo RECE y teniendo como referencia los análisis de otro método como el IFIM se pueden observar ciertas diferencias entre ambos métodos, con la finalidad de fijar las alternativas de análisis para un mismo fin, las cuales se detallan a continuación:

Los resultados de caudales del Modelo RECE superan aproximadamente en 100% los valores obtenidos en el Método IFIM, esto se debe a los mayores criterios de comprobación de Criterios tanto abióticos como biológicos (Conservación del Paisaje Hidráulico y Índice de Calidad de Hábitat).

- El ICH (Índice de Calidad de Hábitat) que se aplica en el Modelo RECE no solamente se establece para las variables físicas del cauce (Temperatura, calado, velocidad, coberturas,...) como lo hace el Modelo IFIM, sino también para parámetros químicos ( $O_2$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_3$ ,...) etc.

- Las curvas de ICH en el modelo RECE no se obtienen mediante regresión polinómica como en el método IFIM, sino aplicando el método estadístico de la máxima verosimilitud a la familia de transformaciones de Box-Cox (1962), que normaliza la función de distribución de frecuencias acumuladas. De esta forma se evita que las ecuaciones del ICH o de la preferencia del hábitat de las Especies, den lugar a resultados paradójicos (Frecuencia de ocurrencia de las especies con valores negativos, infinitos o números imaginarios), como sucede en algunas aplicaciones informáticas del modelo IFIM.
  - En el modelo RECE las ecuaciones resultantes para determinar los caudales ecológicos como tal, se expresan en función del calado (H), en cambio en el modelo IFIM y White las citadas ecuaciones se expresan en función al perímetro o anchura mojada no ponderada o ponderada (APU).
  - El modelo IFIM desarrolla su simulación hidráulica con el valor promedio de temperatura en todo el tramo de estudio, mientras el modelo RECE desarrolla su aplicabilidad con valores diferentes de temperatura para cada estación de aforo.
- c).- Luego de haber analizado las diferencias entre ambos métodos, se observa que el método RECE, es más representativo ya que considera mayores criterios de comprobación y es más sensible a las variaciones climáticas de la zona y por ende a las características propias del cuerpo de agua. Por otro lado el caudal ecológico resultante mediante el modelo IFIM, no mantiene un tirante de agua suficiente para que exista un desarrollo normal de la biodiversidad fluvial, ya que como se puede apreciar luego del monitoreo, el ancho del río promedio oscila entre los 14-24m, y para tal caso no se consigue el tirante mínimo.

## **20.- RECOMENDACIONES.**

Las recomendaciones que a continuación se detallan son de gran importancia para realizar una adecuada Modelización y por consecuencia obtener valores que se ajustan a la realidad del río.

Se recomienda realizar el monitoreo hidráulico antes de que se establezca la estructura de concreto, con la finalidad de obtener valores de aforo mas precisos.

Como se puede apreciar en las fotos la irregularidad del río, es importante saber ubicar la estación de aforo con fines de precisión.

Antes de realizar los aforos se recomienda verificar la correcta ubicación de los materiales, y tener calibrado el correntómetro para las secciones que lo amerite.

Para las Quebradas donde se a empleado otro tipo de método para la obtención del caudal, se despejara de cualquier material que perjudique el flujo normal de la corriente, unos 20 m aproximadamente aguas arriba

Se recomienda tomar la mayor cantidad de datos posibles de la zona en estudio, ya que la alteración de los valores pueden ser sustentados haciendo referencia a las características tomadas.

El proceso de Modelización se recomienda realizarse con sumo cuidado debido a que se trabaja con valores mínimos y precisos, y que pueden tener como consecuencia al momento de obtener el caudal ecológico, sobrevalorándolo o disminuyéndolo; ya que para efectos de utilización del fluido para otras actividades es muy importante.

Se recomienda determinar caudales ecológicos mediante Simulaciones Hidráulicas, debido a que como resultados se obtienen valores más precisos y se ajustan a la realidad del río.

Para efecto determinísticos es recomendable aplicar el modelo RECE con respecto a otros métodos, debido a que los valores obtenidos cubren los lineamientos de comprobación criterios para ser considerado como caudales ecológicos.

## **21.- CONCLUSIONES**

### **21.1.- ESPECÍFICOS**

- El proceso de Modelización Hidráulica da como resultado para el tramo analizado caudales ecológicos de 6.155 m<sup>3</sup>/s según Chézy y 4.865 m<sup>3</sup>/s según Manning, para tal estudio se elegirá como caudal ecológico para el tramo analizado el de mayor valor.
- Los caudales obtenidos tanto por Manning como Chezy, se encuentran por debajo del valor del caudal resultante de la diferencia entre el caudal mínimo histórico del río tulumayo y el caudal mínimo de derivación a la central.
- A efectos prácticos, la ecuación de Manning es buen estimador de la velocidad media del flujo cuando  $0.0002 > e/Dh > 0.1$ , fuera de este intervalo sus errores son significativos y transmisibles a la determinación de caudales ecológicos o de las características hidráulicas de los cauces generados por estos.
- La ecuación de Chézy ajustada a través del coeficiente de fricción del canal (Diagrama de Moody) es valida para cualquier valor de rugosidad relativa y tan exacta como la de Manning en el citado intervalo de rugosidades intermedias. En consecuencia, la modelización hidráulica de caudales ecológicos debe basarse en la ecuación de Chézy ajustada de la forma descrita en el modelo IHRA, con el fin de no cometer errores en aquellos casos en los que la ecuación de Manning es inviable o poco precisa.

### **21.2.- GENERALES**

- Un Caudal Ecológico debe reunir las siguientes características para ser considerado como tal:
  - Debe ser Hidrológicamente Coherente.
  - Debe ser variable según la época del año.

- Debe tener la capacidad de regenerar y potenciar la conservación de la fauna, flora acuática y estructura del paisaje de las riberas.
- Las estructuras de ingeniería civil orientadas al aprovechamiento hídrico alteran los ecosistemas fluviales en diversos grados y la magnitud de la alteración esta usualmente en función de la magnitud de la infraestructura.
- Se debe favorecer el desarrollo sostenible, armonizando el crecimiento económico con la protección ambiental.
- Es necesario profundizar el estudio de las funciones y componentes de los ecosistemas fluviales a fin de minimizar el efecto de las estructuras de ingeniería sobre sus actividades.
- Es importante tener presente la no tala de los bosques en las orillas de los ríos y quebradas, por que la falta de cobertura vegetal aumenta la erosión y los sedimentos, y disminuye el régimen de agua por menor infiltración.

## 22.- BIBLIOGRAFIA

- Sumario "MODELIZACION HIDRAULICA DE CAUDALES ECOLOGICOS" ,  
**Luis Docampo Pérez**, 1997.
- Libro "HIDRAULICA DE TUBERIAS Y CANALES", **Arturo Rocha**.
- Libro "HIDRAULICA DE CANALES", **Máximo Villon**.
- Atlas Geográfico de la Republica 2004.
- Leyes y Normas del Congreso de la Republica, [www.congreso.gob.pe](http://www.congreso.gob.pe).
- Consejo Nacional del Ambiente, [www.conam.gob.pe](http://www.conam.gob.pe).
- Libros varios de "Estadística Aplicada"
- Encarta 2005 – Software de aplicación.
- Paginas Webs variados:
  - [www.monografias.com](http://www.monografias.com)
  - [www.emagister.com](http://www.emagister.com)
  - [www.peru.com](http://www.peru.com)
  - [www.wheater.com](http://www.wheater.com)
  - Buscadores varios como, Google, Yahoo, Terra, y webferret.