

## **1.6 HIDROLOGÍA**

### **1.6.1 GENERALIDADES**

Los recursos hídricos son vitales y de suma importancia para el desarrollo de toda actividad humana, ya sea de forma directa o indirecta, por tanto su uso y aprovechamiento debe ser económico, racional y múltiple. La abundancia o escasez de agua de una zona, así como su calidad pueden ocasionar restricciones en su aprovechamiento, así como conflictos en los ecosistemas.

El objetivo de este capítulo, es evaluar y definir las características del escurrimiento hidrológico superficial del área del proyecto de prospección sísmica. Ello implica el estudio de las principales corrientes de agua, caudales y sus variaciones, así como el examen de posibilidades máximas de escurrimiento para determinados períodos de retorno.

La prospección se llevará a cabo en la margen derecha de la cuenca del río Madre de Dios (cuenca media), perteneciente a la Vertiente del Atlántico, la misma que tiene como característica principal la abundancia de lluvias durante todo el año. La mayor importancia del agua en este espacio, está asociada a la abundante vegetación y a la vida acuática que se desarrolla en los ríos y quebradas, siendo éstos últimos fuentes de abastecimiento alimenticio para las comunidades nativas aledañas. Del mismo modo los ríos en estos ecosistemas constituyen medios de transporte fluvial, que permiten el desplazamiento de los lugareños en embarcaciones de diversos calados durante todo el año.

### **1.6.2 LA RED HIDROGRÁFICA**

La caracterización hidrológica comprende la descripción hidrográfica de los principales ríos y quebradas y la cuantificación de sus caudales y comportamiento de estos en forma espacial y temporal.

En este ítem se describe la hidrografía de las principales cuencas y subcuencas que comprometen al área de estudio. Tal como puede observarse en la Figura 1.6-1, la red hidrográfica que compromete al ámbito de estudio, abarca parcialmente solo parte de las subcuencas de los ríos Blanco, Azul y Colorado y pequeños tributarios por la margen derecha del río Alto Madre de Dios, así como también pequeños tributarios por la margen izquierda del río Inambari.

A continuación se describe la hidrografía de los principales ríos:

**Figura 1.6-1 Hidrografía Regional donde se ubica el Área de Estudio**

### 1.6.2.1 Hidrografía de la cuenca del Río Madre de Dios

Según ONERN (1972), el río Madre de Dios, llamado también "Amaru-Mayo" tiene su origen en las nacientes del río Manú, sobre los 2,000 msnm, con una dirección Sur-Este, hasta recibir los aportes por la margen derecha del río Alto Madre de Dios. A partir de esta confluencia, el río se denomina: río Madre de Dios, recibiendo a lo largo de su recorrido por la margen derecha aportes de los ríos Blanco, Azul, Colorado, Inambari y Tambopata; y por la margen izquierda aportes del río De los Amigos y del río De las Piedras. A partir de la confluencia del río Madre de Dios con el río Colorado, su dirección es en sentido Este, y luego de la confluencia con el río Inambari, su dirección predominante es en sentido Nor-Este hasta la confluencia con el río Heath (en el límite Perú-Bolivia). Aguas abajo atraviesa el territorio brasileño con el nombre de río Madereira hasta desembocar en el río Amazonas. En todo su recorrido el río Madre de Dios presenta un lecho meándrico, de cauce variable.

Según el Inventario Nacional de Aguas Superficiales (ONERN, 1980) El área de la cuenca del río Madre de Dios, asciende a 94,807 Km<sup>2</sup>, su longitud total asciende a 870 Km y el caudal medio anual estimado es de 7,412.5 m<sup>3</sup>/s.

La navegabilidad del río Madre de Dios está asociada principalmente a la baja pendiente de su cauce y a la gran cantidad de agua que discurre en ella, así como al tipo de embarcaciones que transitan en él. La cantidad de agua en el río es producto de las precipitaciones que ocurren en toda su cuenca de drenaje, es decir generándose caudales altos en la mayoría de los meses del año, facilitando así mismo el tránsito de embarcaciones grandes en este período, y relativamente menores caudales en los meses de mayo, junio, julio, agosto y setiembre, sin llegar a restringir la navegabilidad.

Los principales ríos tributarios que aportan sus aguas al río Madre de Dios, durante su recorrido desde la naciente hasta el límite Perú-Bolivia, se indican en el Cuadro 1.6-1, mostrando además sus principales características de cada uno de los ríos, según el Inventario Nacional de las Aguas Superficiales del Perú (ONERN, 1980).

**Cuadro 1.6-1. Principales tributarios de la Cuenca del Río Madre de Dios**

Río	Código	Longitud (km)	Altitud (msnm)	Área de Cuenca (Km <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Lugar
Madre de Dios	A-0403	870	2,000 - 250	94,807	7,412.5	Puerto Heath, Frontera con Bolivia.
<b>Afluentes por la margen derecha</b>						
Heath	A-040302	272	---- - 250	1,999	132.9	d.R. Madre de Dios, hasta frontera con

Río	Código	Longitud (km)	Altitud (msnm)	Área de Cuenca (Km <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Lugar
						Bolivia
Palma Real	A-040304	100	----	1,523	46.4	d.R. Madre de Dios
Tambopata	A-040306	382	---- - 256	13,508	1,168.2	d.R. Madre de Dios
<b><i>Inambari</i></b>	<b><i>A-040308</i></b>	<b><i>421</i></b>	<b><i>1,100 - 250</i></b>	<b><i>19,905</i></b>	<b><i>1,709.9</i></b>	<b><i>d.R. Madre de Dios</i></b>
<b><i>Colorado - Arenas</i></b>	<b><i>A-040310</i></b>	<b><i>161</i></b>	<b><i>----- - 270</i></b>	<b><i>3,810</i></b>	<b><i>596.9</i></b>	<b><i>d.R. Madre de Dios</i></b>
<b><i>Azul</i></b>	<b><i>A-040312</i></b>	<b><i>111</i></b>	<b><i>-----</i></b>	<b><i>991</i></b>	<b><i>176.9</i></b>	<b><i>d.R. Madre de Dios</i></b>
<b><i>Blanco</i></b>	<b><i>A-040314</i></b>	<b><i>132</i></b>	<b><i>-----</i></b>	<b><i>516</i></b>	<b><i>40.9</i></b>	<b><i>d.R. Madre de Dios</i></b>
<b><i>Alto Madre de Dios</i></b>	<b><i>A-040316</i></b>	<b><i>198</i></b>	<b><i>4000-365</i></b>	<b><i>7,685</i></b>	<b><i>900.4</i></b>	<b><i>d.R. Madre de Dios</i></b>
Pinquina	A-040318	164	-----	2,026	311.9	d.R. Madre de Dios
Panagua	A-040320	88	-----	974	87.5	d.R. Madre de Dios
Providencia	A-040322	118	-----	1,512	171.2	d.R. Madre de Dios
Umerjali	A-040324	98	-----	896	61.0	d.R. Madre de Dios
Sotilija	A-040326	108	-----	995	107.1	d.R. Madre de Dios

#### Afluentes por la margen izquierda

De Las Piedras	A-040301	653	280--256	19,530	927.9	d.R. Madre de Dios
De Los Amigos	A-040303	329	-----	4,910	227.2	d.R. Madre de Dios

Fuente: Inventario Nacional de Aguas Superficiales (ONERN, 1980).

\* Los ríos que están en cursiva forman parte del área de estudio.

d.R. = Desde el río

Sin dato

### 1.6.2.2 Hidrografía de la Subcuenca del Río Alto Madre de Dios

La naciente del río Alto Madre de Dios, tiene sus orígenes en el nevado de Pucará, alrededor de los 5,000 msnm, al sur-este de la ciudad de Paucartambo (departamento de Cusco). En sus orígenes se llama río Rocco; al principio toma una dirección de sur-este a noroeste y luego de Sur-Oeste a Nor-Este hasta confluir con el río Piñi Piñi, en el límite del departamento Cusco, a partir del cual se llama Alto Madre de Dios. A lo largo de su recorrido recibe el aporte de diversos tributarios, entre los que destacan por la margen izquierda las quebradas sogá, Erika, Olivetti, Mashuitania, Blanco, Teparo Grande, Inchipata, Alicia y Violeta, y el río Paltoa; y por la margen derecha las quebradas Andaraya, Cabo de Hornos, Mansilla, Shintuya y Mamajapas y los ríos Mushimo, Serjali, para finalmente confluir con las aguas del río Manu y tomar el nombre de río Madre de Dios.

El área de cuenca del río Alto Madre de Dios, asciende a 7,685 Km<sup>2</sup>. En la confluencia con el río Madre de Dios, su altitud asciende a 300 msnm, mientras que su nacimiento está sobre los 5,000 msnm y su longitud total asciende a 198 Km, generando una pendiente promedio del río de 2.40 %. Este río desemboca al río Madre de Dios con un caudal medio anual de 900.4 m<sup>3</sup>/s.

### **1.6.2.3 Hidrografía de la Subcuenca del Río Blanco**

El río Blanco es un afluente del río Madre de Dios por la margen derecha, nace alrededor de los 500 msnm, tomando inicialmente una dirección en sentido Nor-Este, hasta desembocar en el río Madre de Dios, su principal afluente por la margen izquierda es la quebrada Negra.

El área de cuenca del río Blanco, asciende a 516 km<sup>2</sup>. En la confluencia con el río Madre de Dios, su altitud asciende a 275 msnm, mientras que en su nacimiento la altitud asciende a 500 msnm; su longitud total de este río es 132 km, generando una pendiente promedio del río de 0.17 %. Este río desemboca al río Madre de Dios con un caudal medio anual de 40.9 m<sup>3</sup>/s.

### **1.6.2.4 Hidrografía de la Subcuenca del Río Azul**

El río Azul es un afluente del río Madre de Dios por la margen derecha, nace alrededor de los 900 msnm, tomando inicialmente una dirección en sentido Norte, para luego dirigirse en sentido Nor-Este hasta desembocar en el río Madre de Dios, este río recibe el aporte de varios tributarios, siendo el principal por la margen izquierda el río Chilive.

El área de cuenca del río Azul, asciende a 991 km<sup>2</sup>. En la confluencia con el río Madre de Dios, su altitud asciende a 275 msnm, mientras que en su nacimiento la altitud es de 900 msnm; su longitud total es 111 km, generando una pendiente promedio del río de 0.56 %. Este río desemboca al río Madre de Dios con un caudal medio anual de 176.9 m<sup>3</sup>/s.

### **1.6.2.5 Hidrografía de la Subcuenca del Río Colorado**

El río Colorado llamado también Arenas es un afluente del río Madre de Dios por la margen derecha, nace alrededor de los 2,250 msnm; inicialmente toma una dirección en sentido Norte, recibiendo en su trayecto, el aporte por la margen izquierda del río Dahuene y la quebrada Pisue, para luego dirigirse en dirección este, donde recibe el aporte por la margen derecha de las quebradas Pinquiri, Erecnoe y Hueyhue, luego recibe el aporte por la margen izquierda del río Cupohue, el cual tiene como principal afluente al río Chisue. Aguas abajo el río Colorado recibe el aporte por la margen derecha al río Huasoroco, quien tiene como principal afluente por la margen derecha al río Coriri; siguiendo su recorrido, el ancho del cauce del río se incrementa formando varios brazos meándricos. Antes de desembocar al río Madre de Dios, el río Colorado recibe el

aporte por la margen derecha del río Puquiri, quien a su vez tiene sus principales tributarios por la margen derecha a las quebradas El Tigre y Madie; y el río Tocabe, y por la margen izquierda a la quebrada Huaypambetue y río Setapo.

En conclusión el río Colorado tiene 3 afluentes importantes: el río Cupohue, el río Huasoroco y el río Puquiri; quienes se encuentran formando parte del área de estudio de exploración.

El área de cuenca del río Colorado, es 3,810 Km<sup>2</sup>. En la confluencia con el río Madre de Dios, su altitud asciende a 250 msnm, mientras que en su nacimiento la altitud asciende a 2,250 msnm; su longitud total es de 161.0 Km, generando una pendiente promedio del río de 1.24 %. Este río desemboca al río Madre de Dios con un caudal medio anual de 596.9 m<sup>3</sup>/s.

#### **1.6.2.6 Hidrografía de la Subcuenca del Río Inambari**

El río Inambari es uno de los principales afluentes del río Madre de Dios por la margen derecha. Nace en las partes superiores de la Sierra de Carabaya, alrededor de los 5,000 msnm y adquiere su mayor desarrollo a partir de la confluencia por la margen izquierda con el río Marcapata o Araza (cerca de Puerto Leguía). A partir de esta confluencia, el tramo del río es recto hasta la localidad de Puerto Carlos, a partir de la cual gira bruscamente a la derecha en dirección Nor-este hasta su desembocadura al río Madre de Dios.

Un tramo del río Araza, está ubicado dentro del área de influencia de la prospección; el cual tiene varios afluentes, entre los que destacan por la margen derecha los ríos: Azulmayo, Camanti, Jujununta y San Lorenzo. Así también se encuentran dentro del área de estudio los ríos Quimiri y Caychihue, que son afluentes pequeños por la margen izquierda del río Inambari.

El área de cuenca del río Inambari es 19,905 km<sup>2</sup>. En la confluencia con el río Madre de Dios, su altitud asciende a 200 msnm, mientras que en su nacimiento la altitud alcanza a 5,000 msnm; su longitud total es 421 km, generando una pendiente promedio de 1.14 %. Este río desemboca al río Madre de Dios con un caudal medio anual de 1,709.9 m<sup>3</sup>/s.

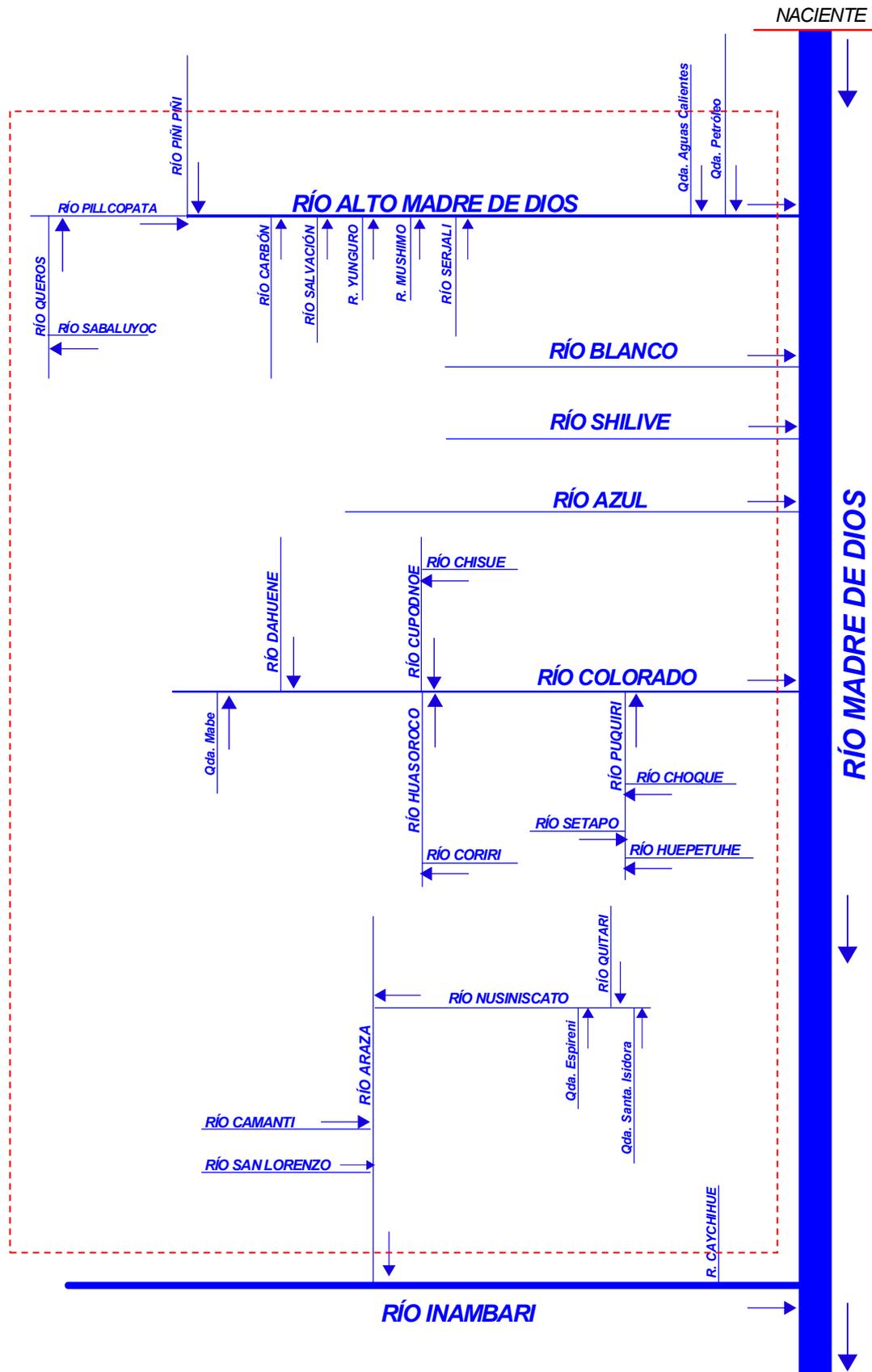
#### **1.6.3 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO EN EL LOTE 76**

El área de influencia del proyecto de prospección se caracteriza por tener un conjunto de ríos y quebradas distribuidos a lo largo y ancho de su área, resaltando principalmente las subcuencas de los ríos Blanco, Azul, Colorado y Puquiri, los mismos que son afluentes del río Madre de Dios (por la margen derecha). También comprende a los ríos Nusiniscato, Araza, Azulmayo, Camanti y San Lorenzo que son afluentes del río Inambari; de igual manera, a los ríos Pilcopata, Huaysamirilla y Carbón, que son afluentes del río Alto Madre de Dios.

En la Figura 1.6-2, se muestra el Diagrama Fluvial de los principales ríos que se encuentran dentro del ámbito de estudio.

Los caudales de los ríos y quebradas están asociados principalmente a la ocurrencia de las precipitaciones que ocurren en sus cuencas de drenaje, así como a las características fisiográficas que facilitan o dificultan los escurrimientos superficiales y subsuperficiales. Desde el punto de vista de las precipitaciones, el área comprende uno de los lugares de mayor precipitación, caracterizándose parte de la zona como bosque pluvial semi-saturado, dando como resultado altos caudales en los ríos cuyas aguas drenan de éstas zonas.

**Figura 1.6-2 Diagrama Fluvial del Ámbito de Estudio**



### 1.6.3.1 Información Hidrométrica Existente

Dentro de la red de drenaje de los ríos que comprende el ámbito de estudio, no se cuenta con estaciones hidrométricas que registren el nivel o caudal de los ríos. Sin embargo, aguas abajo, ya en Territorio Boliviano el río Madre de Dios se encuentra monitoreado en la Estación Hidrométrica Puerto Heath, cuyas características de ubicación se muestra en el Cuadro 1.6-2, donde se indica: nombre, coordenadas geográficas y ubicación política.

Los resultados de la información hidrométrica son utilizados para visualizar el comportamiento temporal del río Madre de Dios (a lo largo de los meses del año). Si se toma en cuenta que el área de estudio correspondiente al Lote 76, es parte de la Cuenca del río Madre de Dios, es previsible que el comportamiento temporal de los caudales de los ríos y las quebradas dentro del Lote sean similares al comportamiento visto en la Figura 1.6-3. En la figura se muestra los diversos niveles de alerta que el Servicio Nacional de Hidrografía Naval (SNHN) de Bolivia ha considerado mediante el análisis en base a las observaciones de niveles de agua y comportamiento hidrológico en las estaciones de su red hidrométrica, estos niveles de alerta son:

- Alerta Roja : Niveles con riesgo alto de inundación
- Alerta Naranja: Niveles con riesgo medio de inundación
- Alerta amarilla: Niveles con riesgo bajo de inundación
- Alerta verde : Niveles sin riesgo de inundación.

**Cuadro 1.6-2. Estación hidrométrica en el río Madre de Dios**

Estación	Coordenadas Geográficas		Altitud	Ubicación Política			Período de Registro
	Longitud	Latitud		Distrito	Provincia	Departamento	
Puerto Heath	68°39'	12°30'	S.D.	-	Manuripi	Pando	S.D.

Fuente: Servicio Nacional de Hidrografía Naval (SNHN), Bolivia  
 Tipo: SOM. Lectura de Regla Limnimétrica (Sistema Óptico).  
 S.D: Sin dato  
 - No identificado

**Figura 1.6-3 Comportamiento del Nivel del Río Madre de Dios**



Fuente: Servicio Nacional de Hidrografía Naval (SNHN), Bolivia

## 1.6.4 DESCARGAS HÍDRICAS

### 1.6.4.1 Aforos de los ríos en las Etapas de Campo

Durante las etapas de campo realizadas en 2 periodos: abril-mayo (estación húmeda) y julio-agosto (estación seca); se ha efectuado el levantamiento de información referida a las características hídricas del ámbito de estudio, principalmente aforos (medición de caudales) en los ríos que conforman la red hidrográfica del ámbito de estudio. Los caudales medidos en los diferentes periodos reflejan, una parte del comportamiento de estos a lo largo del año.

Con el propósito de conocer la cantidad de agua que fluye por los ríos en un determinado momento, se ha efectuado la medición de los caudales de los ríos y quebradas en 22 puntos de control, abarcando la mayor parte de la red hidrográfica del ámbito de estudio.

La distribución y codificación de los puntos de medición, realizados durante los dos periodos de campo, se muestra en el Cuadro 1.6-3. La ubicación espacial de estos puntos se encuentra en la Figura 1.6-4 (Ver Mapa Hidrológico).

**Cuadro 1.6-3. Lista de puntos de Aforo en el área de estudio**

Código	Lugar de Escorrentía	Coordenadas UTM		
		Este	Norte	Altitud
<b>QUEROS</b>	Río Queros	240,192	8 570,152	542
<b>PILLCO</b>	Río Pillcopata	240,131	8 569,918	538
<b>CARB</b>	Río Carbón	244,988	8 573,704	500
<b>SALVA</b>	Río Salvación	247,698	8 579,196	616
<b>SER</b>	Río Serjali	257,352	8 592,292	424
<b>MAD</b>	Río Alto Madre de Dios	255,660	8 597,072	400
<b>BLAN</b>	Río Blanco	265,311	8 593,448	407
<b>SHIL</b>	Río Shilive	269,212	8 589,794	411
<b>AZUL</b>	Río Azul	274,868	8 588,400	387
<b>CUPOD</b>	Río Cupodnoe	284,746	8 577,612	450
<b>ARA-AA</b>	Río Araza AA	308,597	8 535,494	668
<b>ARA-AB</b>	Río Araza AB	313,947	8 538,114	590
<b>NUSI-AB</b>	Río Nusiniscato AB	330,123	8 541,480	401
<b>ESPI</b>	Qbda. Espireni	328,347	8 542,222	435
<b>HUEP</b>	Río Huaypetue	330,345	8 563,376	365
<b>PUQUI</b>	Río Puquiri	323,475	8 566,916	309
<b>HUASO</b>	Río Huasoroco	314,885	8 576,334	293
<b>NUSI</b>	Río Nusiniscato	308,475	8 544,872	567
<b>KIT</b>	Qda. Quitari	308,531	8 544,688	524
<b>ISI</b>	Qda. Santa Isidora	297,022	8 548,580	803
<b>NUSI-AA</b>	Río Nusiniscato AA	299,215	8 547,028	683
<b>MABE</b>	Qda. Mabe	291,722	8 552,116	620

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental, 2008.

**Figura 1.6-4 Mapa Hidrológico**

## **Metodología para realizar medición de caudales**

La metodología desarrollada para cumplir con este propósito de calcular los caudales de los ríos ha sido la siguiente:

**1.** Sobre la cartografía disponible (escala 1: 150 000) se ubicó los puntos de control de los ríos y quebradas a ser aforados durante la etapa de campo. Estos puntos han sido considerados tomando en cuenta la accesibilidad y la representatividad del aforo en dicho punto. Cada punto de control ha sido identificado con un Código que asocia las iniciales del nombre del río y/o quebrada.

Para facilitar el levantamiento de datos de cada punto de control se elaboró una ficha de campo, en la cual se consignó todos los datos medidos, así como los datos observados en cada punto de control, parte de esta información se encuentran en la Figura.1.6-5.

El acceso a los puntos de control se ha realizado por vía fluvial (con una unidad móvil, conocida como "peque peque", bote con motor fuera de borda), vía terrestre y vía aérea. Así mismo, se ha contado con personal de apoyo de las comunidades aledañas, quienes han participado en el proceso de aforo de los ríos y quebradas; y también han cumplido la función de guías durante toda la etapa de campo.

**2.** El aforo de los ríos en los puntos seleccionados se ha realizado utilizando el método del Flotador, el cual toma en cuenta la sección del río y la velocidad superficial en dicha sección. El procedimiento seguido es el siguiente:

- Identificación del punto de Aforo (sección estable y recta, líneas de corriente paralelas, velocidad del flujo medible, etc).
- Cálculo del ancho y profundidad del río (sección); para lo cual se ha utilizado una sonda (cable graduado de 100 m, y un peso de hierro de 10 kg). Se han realizado varias mediciones de las profundidades a lo largo de la sección del río, como también del ancho total del río, lo cual ha permitido determinar el área de la sección del río por el cual fluye el agua (A).
- Cálculo de la velocidad superficial de las aguas del río ( $V_s$ ), en un tramo seleccionado se hizo transitar un flotador, midiendo el tiempo que demora en desplazarse los 25 ó 50 m de recorrido. Entre los instrumentos que se utilizaron para realizar estas mediciones tenemos: flotador (madera seca), cronómetro y wincha de 50 m de longitud.
- Con los datos obtenidos en el campo, se procedió a realizar los cálculos y gráficos respectivos (etapa de gabinete), llegando finalmente a determinar los caudales parciales ( $Q_p$ ) para cada sección del río, multiplicando el área de la sección del río (A) por la velocidad superficial ( $V_s$ ) por un coeficiente que transforma la velocidad superficial en velocidad media (K). Este coeficiente toma el valor de 0.8 en forma general.

- Cálculo del caudal total ( $Q_t$ ), es el resultado de la sumatoria de los caudales parciales ( $Q_p$ ).

**3.** Los caudales de los ríos calculados con los procedimientos descritos en los párrafos anteriores, sólo son válidos para el día en que se efectuó dichas mediciones, ya que este parámetro (caudal) responde en forma directa a las condiciones de precipitación que ocurren en las cuencas (aguas arriba del punto de control respectivo), y tiene una variabilidad muy marcada a lo largo de los días del año, principalmente en la época de verano.

Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 1.6-4 (periodo: abril-mayo) y el Cuadro 1.6-6 (periodo: julio-agosto), donde se indica para cada punto de control, la ubicación exacta (coordenadas), altitud, profundidad promedio del río, ancho, área de la sección del río, velocidad media y finalmente el caudal obtenido. Así mismo, se consigna la fecha en el que se efectuó dicho aforo.

De todos los puntos analizados, los caudales medidos en el periodo abril-mayo varían entre  $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$  (Río Serjali) y  $211.24 \text{ m}^3/\text{s}$  (Río Alto Madre de Dios); y los caudales en el periodo julio-agosto varían entre  $0.81 \text{ m}^3/\text{s}$  (Ríos Salvación y Serjali) y  $155.87 \text{ m}^3/\text{s}$  (Río Alto Madre de Dios).

En conclusión, la mayor parte de los caudales de los ríos y quebradas obtenidos en la estación húmeda tienen un valor más alto comparado con los caudales medidos en la estación seca, presentando un porcentaje de disminución, que varía entre 6 y 88%. No obstante, en el periodo julio-agosto se ha obtenido caudales mayores en 6 puntos de control, los cuales se deberían básicamente a la ocurrencia de precipitaciones que se originan en las partes altas, dado que esta zona se caracteriza por presentar abundantes precipitaciones durante todo el año. En promedio el porcentaje de aumento del caudal en estos 6 puntos aforados alcanza un valor de 70%.

En los Cuadros 1.6-5 y 1.6-7 (estación húmeda y estación seca respectivamente), se consigna además de las características de ubicación para cada punto de control, el color de las aguas, la temperatura del agua y la temperatura del ambiente. El color de las aguas está principalmente ligado a las condiciones de flujos superficiales. La mayoría de los ríos tienen sus aguas transparentes (sensación verdosa), indicando que estas aguas son principalmente producto de un escurrimiento de áreas donde no hay perturbación del suelo, ni de su cauce, los mismos que corresponden al caudal base de los ríos que se presentan entre los meses de julio y agosto. En cambio las aguas de color marrón en los ríos, se dan cuando ocurren precipitaciones en sus respectivas cuencas de drenaje y cuando los cauces son más inestables.

Así mismo la coloración de las aguas en algunos ríos del área de estudio (Puquiri y Huaypetue), está relacionado directamente con la actividad minera artesanal que se desarrolla entorno a los cauces.

**Figura 1.6-5 Ficha de Campo**



**Cuadro 1.6-4. Caudales Medidos en los Puntos de Control – Estación Húmeda (Periodo: Abril-Mayo)**

RIOS Y/O QUEBRADAS	PUNTOS DE CONTROL	COORDENADAS (UTM)		ALTITUD (m.s.n.m)	ANCHO DE RIO (m)	PROFUNDIDAD PROMEDIO (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	VELOCIDAD PROMEDIO (m/s) *	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)	FECHA
		Este (m)	Norte (m)							
Río Pillcopata	PIL	240,131	8 569,918	538	44.0	0.80	35.01	1.35	47.26	22/05/2008
Río Queros	QUE	240,400	8 570,152	542	69.0	1.36	94.14	1.55	145.91	22/04/2008
Río Carbón	CAR	244,988	8 573,704	500	30.0	0.28	8.39	1.03	8.64	22/05/2008
Río Salvación	SAL	247,698	8 579,196	616	20.4	0.22	4.43	0.98	4.34	23/04/2008
Río Alto Madre De Dios	AMD	255,660	8 597,072	400	112.0	1.63	182.10	1.16	211.24	24/04/2008
Río Serjali	SER	257,352	8 592,292	424	9.6	0.38	3.64	0.44	1.60	25/04/2008
Río Blanco	BLA	265,311	8 593,448	407	9.6	0.44	4.23	0.41	1.73	01/05/2008
Río Shilive	SHI	269,212	8 589,794	411	22.9	0.30	6.93	0.81	5.61	04/05/2008
Río Azul	AZU	274,868	8 588,400	387	32.0	0.41	12.96	0.36	4.67	06/05/2008
Río Cupodnoe / Cupohue	CUP	284,746	8 577,612	450	23.8	0.36	8.54	0.94	8.02	11/05/2008
Río Huasoroco	HUA	314,885	8 576,334	293	45.0	0.51	22.75	0.44	10.01	19/05/2008
Río Puquiri	PUQ	323,600	8 566,916	309	75.0	1.20	90.00	1.14	102.60	21/05/2008
Río Huaypetue	HUE	330,345	8 563,376	365	22.0	0.17	3.75	0.94	3.52	21/05/2008
Río Nusiniscato	NUS-1	299,215	8 547,028	683	34.0	0.91	30.86	1.04	32.09	18/04/2008
Quebrada Santa Isidora	SIS	297,022	8 548,580	803	17.3	0.17	2.94	0.76	2.23	17/04/2008

RIOS Y/O QUEBRADAS	PUNTOS DE CONTROL	COORDENADAS (UTM)		ALTITUD (m.s.n.m)	ANCHO DE RIO (m)	PROFUNDIDAD PROMEDIO (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	VELOCIDAD PROMEDIO (m/s) *	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)	FECHA
		Este (m)	Norte (m)							
Río Nusiniscato	NUS-2	308,475	8 544,872	567	46.0	2.82	129.85	0.90	116.86	11/04/2008
Quebrada Quitari	QUI	308,531	8 544,688	524	19.2	0.78	14.95	0.98	14.65	11/04/2008
Río Araza Aguas Arriba	ARA AA	308,597	8 535,494	668	16.5	0.53	8.39	2.24	24.08	12/04/2008
Río Araza Aguas Abajo	ARA AB	313,947	8 538,114	590	25.8	4.72	19.9	1.32	40.81	13/04/2008
Quebrada Espireni	ESP	328,347	8 542,222	435	46.0	1.08	49.77	0.13	6.47	10/04/2008
Río Nusiniscato	NUS-3	330,123	8 541,480	401	64.0	2.07	132.32	1.14	151.03	11/04/2008
Quebrada Mabe	MABE	291,722	8 552,116	620	3.4	0.45	0.62	0.51	0.14	13/04/2008

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental, 2008.  
 \* Velocidad Media = Velocidad Superficial x 0.8.

**Cuadro 1.6-5. Características Físicas en los Puntos de Control de los Ríos - Estación Húmeda (Periodo: Abril-Mayo)**

RIOS Y/O QUEBRADAS	PUNTOS DE CONTROL	COORDENADAS (UTM)		ALTITUD (m.s.n.m)	ANCHO DE RIO (m)	PROFUNDIDAD PROMEDIO (m)	VELOCIDAD PROMEDIO (m/s) *	COLOR DE AGUAS	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	TEMPERATURA DEL AIRE (°C)
		Este (m)	Norte (m)							
Río Pillcopata	PIL	240,131	8 569,918	538	44.0	0.80	1.35	transparente	20.8	26
Río Queros	QUE	240,400	8 570,152	542	69.0	1.36	1.55	transparente	20.7	26
Río Carbón	CAR	244,988	8 573,704	500	30.0	0.28	1.03	transparente	26.6	23
Río Salvación	SAL	247,698	8 579,196	616	20.4	0.22	0.98	transparente	24.0	20
Río Alto Madre De Dios	AMD	255,660	8 597,072	400	112.0	1.63	1.16	transparente	23.0	28
Río Serjali	SER	257,352	8 592,292	424	9.6	0.38	0.44	transparente	28.1	25
Río Blanco	BLA	265,311	8 593,448	407	9.6	0.44	0.41	turbio	20.1	18
Río Shilive	SHI	269,212	8 589,794	411	22.9	0.30	0.81	transparente	21.6	19
Río Azul	AZU	274,868	8 588,400	387	32.0	0.41	0.36	transparente	23.5	26
Río Cupodnoe / Cupohue	CUP	284,746	8 577,612	450	23.8	0.36	0.94	transparente	22.3	18
Río Huasoroco	HUA	314,885	8 576,334	293	45.0	0.51	0.44	transparente	27.1	28
Río Puquiri	PUQ	323,600	8 566,916	309	75.0	1.20	1.14	Marrón**	24.6	30
Río Huaypetue	HUE	330,345	8 563,376	365	22.0	0.17	0.94	Amarillento**	31.2	33
Río Nusiniscato	NUS-1	299,215	8 547,028	683	34.0	0.91	1.04	transparente	20.0	24
Quebrada Santa Isidora	SIS	297,022	8 548,580	803	17.3	0.17	0.76	transparente	20.9	20

RIOS Y/O QUEBRADAS	PUNTOS DE CONTROL	COORDENADAS (UTM)		ALTITUD (m.s.n.m)	ANCHO DE RIO (m)	PROFUNDIDAD PROMEDIO (m)	VELOCIDAD PROMEDIO (m/s) *	COLOR DE AGUAS	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	TEMPERATURA DEL AIRE (°C)
		Este (m)	Norte (m)							
Río Nusiniscato	NUS-2	308,475	8 544,872	567	46.0	2.82	0.90	transparente	22.2	26
Quebrada Quitari	QUI	308,531	8 544,688	524	19.2	0.78	0.98	transparente	20	25
Río Araza Aguas Arriba	ARA AA	308,597	8 535,494	668	16.5	0.53	2.24	transparente	19.3	24
Río Araza Aguas Abajo	ARA AB	313,947	8 538,114	590	25.8	4.72	1.32	transparente	19.5	24
Quebrada Espireni	ESP	328,347	8 542,222	435	46.0	1.08	0.13	turbio	22.6	25
Río Nusiniscato	NUS-3	330,123	8 541,480	401	64.0	2.07	1.14	transparente	22.4	24
Quebrada Mabe	MABE	291,722	8 552,116	620	3.4	0.45	0.51	transparente	20.5	24.3

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental, 2008.

\* Velocidad Media = Velocidad Superficial x 0.8.

\*\* : La coloración de las aguas son consecuencia de la actividad minera artesanal.

**Cuadro 1.6-6. Caudales Medidos en los Puntos de Control – Estación Seca (Periodo: julio-agosto)**

RIOS Y/O QUEBRADAS	PUNTOS DE CONTROL	COORDENADAS (UTM)		ALTITUD (m.s.n.m)	ANCHO DE RIO (m)	PROFUNDIDAD PROMEDIO (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	VELOCIDAD PROMEDIO (m/s) *	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)	FECHA
		Este (m)	Norte (m)							
Río Pillcopata	PIL	240,131	8 569,918	538	40.70	0.88	31.32	1.36	42.59	30/08/2008
Río Queros	QUE	240,400	8 570,152	542	66.00	0.72	68.83	1.76	121.14	30/07/2008
Río Carbón	CAR	244,988	8 573,704	500	19.00	0.30	5.34	0.87	4.65	30/08/2008
Río Salvación	SAL	247,698	8 579,196	616	6.70	0.17	0.99	0.82	0.81	29/08/2008
Río Alto Madre De Dios	AMD	255,660	8 597,072	400	94.00	1.50	103.91	1.50	155.87	02/08/2008
Río Serjali	SER	257,352	8 592,292	424	13.25	0.19	2.19	0.37	0.81	06/08/2008
Río Blanco	BLA	265,311	8 593,448	407	8.90	0.67	5.58	0.45	2.51	19/08/2008
Río Shilive	SHI	269,212	8 589,794	411	22.40	0.27	5.53	0.70	3.87	18/08/2008
Río Azul	AZU	274,868	8 588,400	387	29.50	0.40	11.21	0.47	5.27	16/08/2008
Río Cupodnoe / Cupohue	CUP	284,746	8 577,612	450	42.00	0.44	15.84	1.16	18.37	14/08/2008
Río Huasoroco	HUA	314,885	8 576,334	293	52.00	0.71	37.98	0.46	17.47	23/07/2008
Río Puquiri	PUQ	323,600	8 566,916	309	56.00	0.65	34.50	0.33	11.39	24/07/2008
Río Huaypetue	HUE	330,345	8 563,376	365	19.50	0.12	1.97	1.05	2.06	24/07/2008
Río Nusiniscato	NUS-1	299,215	8 547,028	683	42.00	0.60	23.69	1.27	30.09	13/07/2008
Quebrada Santa Isidora	SIS	297,022	8 548,580	803	11.00	0.20	2.23	0.84	1.87	12/07/2008

RIOS Y/O QUEBRADAS	PUNTOS DE CONTROL	COORDENADAS (UTM)		ALTITUD (m.s.n.m)	ANCHO DE RIO (m)	PROFUNDIDAD PROMEDIO (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	VELOCIDAD PROMEDIO (m/s) *	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)	FECHA
		Este (m)	Norte (m)							
Río Nusiniscato	NUS-2	308,475	8 544,872	567	60.00	0.74	38.71	0.69	26.71	15/07/2008
Quebrada Quitari	QUI	308,531	8 544,688	524	21.10	0.57	9.52	0.77	7.33	15/07/2008
Río Araza Aguas Arriba	ARA AA	308,597	8 535,494	668	48.00	0.84	38.7	1.43	55.33	17/07/2008
Río Araza Aguas Abajo	ARA AB	313,947	8 538,114	590	26.00	0.5	14.06	0.77	18.66	18/07/2008
Quebrada Espireni	ESP	328,347	8 542,222	435	40.00	1.92	82.14	0.21	17.25	21/07/2008
Río Nusiniscato	NUS-3	330,123	8 541,480	401	60.00	1.92	101.00	1.28	129.28	20/07/2008
Quebrada Mabe	MABE	291,722	8 552,116	620	3.1	0.13	0.31	0.26	0.08	11/07/2008

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental, 2008.  
 \* Velocidad Media = Velocidad Superficial x 0.8.

**Cuadro 1.6-7. Características Físicas en los Puntos de Control de los Ríos – Estación Seca (Periodo: julio-agosto)**

RIOS Y/O QUEBRADAS	PUNTOS DE CONTROL	COORDENADAS (UTM)		ALTITUD (m.s.n.m)	ANCHO DE RIO (m)	PROFUNDIDAD PROMEDIO (m)	VELOCIDAD PROMEDIO (m/s) *	COLOR DE AGUAS	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	TEMPERATURA DEL AIRE (°C)
		Este (m)	Norte (m)							
Río Pillcopata	PIL	240,131	8 569,918	538	40.70	0.88	1.36	transparente	23.00	26.00
Río Queros	QUE	240,400	8 570,152	542	66.00	0.72	1.76	transparente	22.00	25.00
Río Carbón	CAR	244,988	8 573,704	500	19.00	0.30	0.87	transparente	23.60	23.50
Río Salvación	SAL	247,698	8 579,196	616	6.70	0.17	0.82	transparente	24.60	25.20
Río Alto Madre De Dios	AMD	255,660	8 597,072	400	94.00	1.50	1.50	transparente	24.10	26.50
Río Serjali	SER	257,352	8 592,292	424	13.25	0.19	0.37	transparente	27.30	28.40
Río Blanco	BLA	265,311	8 593,448	407	8.90	0.67	0.45	turbio	23.60	25.40
Río Shilive	SHI	269,212	8 589,794	411	22.40	0.27	0.70	transparente	27.20	26.50
Río Azul	AZU	274,868	8 588,400	387	29.50	0.40	0.47	transparente	27.50	28.00
Río Cupodnoe / Cupohue	CUP	284,746	8 577,612	450	42.00	0.44	1.16	transparente	24.50	28.00
Río Huasoroco	HUA	314,885	8 576,334	293	52.00	0.71	0.46	transparente	28.40	28.00
Río Puquiri	PUQ	323,600	8 566,916	309	56.00	0.65	0.33	Marrón**	27.20	31.00
Río Huaypetue	HUE	330,345	8 563,376	365	19.50	0.12	1.05	Amarillento**	29.00	29.70
Río Nusiniscato	NUS-1	299,215	8 547,028	683	42.00	0.60	1.27	transparente	22.00	23.50
Quebrada Santa Isidora	SIS	297,022	8 548,580	803	11.00	0.20	0.84	transparente	21.80	22.00

RIOS Y/O QUEBRADAS	PUNTOS DE CONTROL	COORDENADAS (UTM)		ALTITUD (m.s.n.m)	ANCHO DE RIO (m)	PROFUNDIDAD PROMEDIO (m)	VELOCIDAD PROMEDIO (m/s) *	COLOR DE AGUAS	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	TEMPERATURA DEL AIRE (°C)
		Este (m)	Norte (m)							
Río Nusiniscato	NUS-2	308,475	8 544,872	567	60.00	0.74	0.69	transparente	22.60	24.20
Quebrada Quitari	QUI	308,531	8 544,688	524	21.10	0.57	0.77	transparente	22.30	24.80
Río Araza Aguas Arriba	ARA AA	308,597	8 535,494	668	48.00	0.84	1.43	transparente	21.5	23.8
Río Araza Aguas Abajo	ARA AB	313,947	8 538,114	590	26.00	0.5	0.77	transparente	21.5	24.0
Quebrada Espireni	ESP	328,347	8 542,222	435	40.00	1.92	0.21	turbio	22.60	26.20
Río Nusiniscato	NUS-3	330,123	8 541,480	401	60.00	1.92	1.28	transparente	23.00	25.50
Quebrada Mabe	MABE	291,722	8 552,116	620	3.1	0.13	0.26	transparente	23.6	25.2

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental, 2008.

\* Velocidad Media = Velocidad Superficial x 0.8.

\*\* : La coloración de las aguas son consecuencia de la actividad minera artesanal.

### 1.6.5 ZONIFICACIÓN DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

Ante la ausencia de estaciones hidrométricas en el que permitan calcular los valores de los caudales de los ríos y quebradas, surge la necesidad de aplicar algunos modelos hidrológicos, con el objeto de estimar por lo menos los caudales medios anuales en cualquier punto de interés de la red hidrográfica, a partir del cual es posible iniciar el proceso de caracterización hidrológica de los ríos o quebradas del ámbito de estudio.

En el presente estudio, se aplicó el modelo de "Zonificación del Esgurrimiento Superficial", que es un modelo hidrológico que permite caracterizar un determinado espacio, a través de zonas homogéneas denominados "Zonas de Vida". Las Zonas de Vida, son áreas homogéneas desde el punto de vista topográfico, climático, geológico, biológico y consecuentemente también desde el punto de vista hidrológico, por tanto su uso permite determinar los escurrimientos superficiales anuales, y es de alta confiabilidad y de fácil aplicación.

Para este estudio se ha tomando como base las características de las Zonas de Vida identificadas en la Mapa Ecológico del Perú (INRENA, 1994), complementados con la información que presenta en el Plan Maestro de la Reserva Comunal AMARAKAERI (INRENA, 2008).

El modelo de Zonificación del Esgurrimiento Superficial se basa en los estudios del agua en la atmósfera realizado por Holdridge (Inventario Nacional de Aguas Superficiales, ONERN, 1980), donde se establecen las relaciones que existen entre una Zona de Vida y las condiciones Bioclimáticas (precipitación, temperatura, humedad y la evapotranspiración potencial).

El presente ámbito de estudio, ha sido zonificado en franjas homogéneas que tienen igual cantidad de escurrimiento superficial, tal como se muestra en el Mapa Hidrológico. El escurrimiento superficial se calcula a partir de los datos de precipitación media anual y coeficientes de escurrimiento identificados para cada una de dichas Zonas.

El parámetro de precipitación media anual para cada una de las zonas de escurrimiento superficial se ha estimado mediante una ecuación matemática, elaborada con información proveniente de estaciones climatológicas y/o pluviométricas entorno al área de estudio, tal como se describe en el estudio de Clima y Meteorología.

El objetivo de presentar esta información expresada a través de la zonificación espacial, es facilitar el cálculo de los caudales medios anuales en cualquier punto de interés, con lo cual se tendrá un primer parámetro hidrológico importante y a partir del ello se podrá también generar otros parámetros hidrológicos con el apoyo de diversos modelos usados en la Hidrología.

En el Cuadro 1.6-8 presenta las características principales de las Zonas de Escurrimiento Superficial correspondientes al área de influencia.

**Cuadro 1.6-8. Caracterización de las Zonas de Escurrimiento Superficial del Área de Influencia**

Símbolo	Zona de Escurrimiento Superficial	Precipitación (mm)*	Coefficiente de Escurrimiento (k)**	Escurrimiento Superficial (mm)
<b>bmh - S</b>	Bosque muy húmedo - Subtropical	3,130 - 4,110	0.68	2,461.60
<b>bmh - S Δ bp - S</b>	Bosque muy húmedo - Subtropical transicional a bosque pluvial - Subtropical	4,110 - 6,060	0.68	3,457.80
<b>bp - S</b>	Bosque pluvial - Subtropical	6,060 - 8,020	0.85	5,984.00
<b>bps - S</b>	Bosque pluvial semisaturado - Subtropical	8,020 - 11,920	0.85	8,474.50

\* Valores calculados a partir de la ecuación  $P = f(H)$ , descrita en el estudio de Clima y Meteorología.

\*\* Adaptado del Inventario Nacional de Aguas Superficiales del Perú (ONERN, 1980).

En el Cuadro 1.6-9 se muestra un ejemplo de la información que se consigna en el Mapa Hidrológico para cada Zona de Escurrimiento Superficial identificada en el área de estudio, en ella se indica:

- La zona de escurrimiento superficial
- La precipitación media anual (mm)
- El coeficiente de escurrimiento superficial
- El escurrimiento superficial (mm)

**Cuadro 1.6-9. Relación Precipitación - Escurrimiento Superficial**

Zona de Escurrimiento Superficial bmh - S	Precipitación(mm) 3,620
0.68 Coeficiente de Escurrimiento	2,461.6 Escurrimiento Superficial (mm)

Se deja constancia que este modelo de Escurrimiento Superficial, puede ir corrigiendo tanto los parámetros de precipitación como los de evapotranspiración potencial de cada zona de escurrimiento, en la medida que se disponga de información medida proveniente de estaciones climatológicas y/o pluviométricas.

Igualmente si se dispusiera de una estación de aforos podrían ajustarse los coeficientes de escurrimiento superficial.

### **1.6.6 GENERACIÓN DE CAUDALES MEDIOS ANUALES**

La estimación de los caudales medios anuales en Puntos de Interés, permiten obtener desde el punto de vista hidrológico, un valor del caudal, que representa en primera instancia una característica principal del río, cuando no se dispone de registros de estaciones hidrométricas.

Cuando se dispone de registros hidrométricos, el caudal medio anual es el promedio ponderado de los caudales medios mensuales. Por supuesto, este valor (caudal medio anual) -por si solo- no permite tener la idea de la variación temporal de los caudales, como ocurre con frecuencia cuando se trata de ríos de la vertiente del Amazonas, donde los registros hidrométricos no existen, o sólo permiten cuantificar las variaciones de los niveles de los ríos.

En el área de estudio los ríos y quebradas no cuentan con estaciones donde se registren las variaciones de nivel de sus aguas. En este sentido, la generación de los caudales medios anuales en diferentes puntos de interés, se ha efectuado haciendo uso del modelo de Zonificación del Escurrimiento Superficial explicado en el ítem anterior, y ello constituye un aporte importante para la caracterización hidrológica del ámbito de estudio.

#### **Metodología para el cálculo de los Caudales Medios Anuales**

Para calcular el Caudal Medio Anual en cualquier punto de interés de la red hidrográfica del ámbito de estudio, a partir de las zonas de escurrimiento superficial, se sigue el procedimiento que se indica a continuación:

- 1.** Ubicar sobre el Mapa Hidrológico el punto del río o quebrada (Px) en el cual se desea calcular su caudal medio anual.
- 2.** Delimitar el área de drenaje o cuenca colectora a dicho punto.
- 3.** Calcular el área cada zona de escurrimiento (Ai) ubicadas dentro de la cuenca de drenaje sobre el punto de interés.
- 4.** Conservando adecuadamente la consistencia de la escala y de las unidades, calcular el caudal parcial (Qi) de cada zona de escurrimiento, multiplicando el área (Ai) determinada en el paso anterior por la precipitación media anual (Pi) y por el coeficiente de escurrimiento (Ki), o simplemente por la lámina de escurrimiento superficial correspondiente (Esi), tal como se indica a continuación:

$$Q_i = A_i * P_i * K_i * F \text{ ó}$$

$$Q_i = A_i * E_{si} * F;$$

F, es el factor que transforma las unidades respectivas.

- Finalmente se calculó el caudal medio anual ( $Q_t$ ) mediante la sumatoria de los caudales parciales determinados para cada una de las Zonas de Escurrimiento.

$$Q_t = \text{Sumatoria de } Q_i$$

Cabe recalcar que los puntos de interés en los ríos, se han ubicado mayormente bordeando el límite superior del área de estudio, lugares por donde el agua discurre, recogiendo las aguas desde el inicio de su cuenca de recepción.

En el Cuadro 1.6-10, se presenta las descargas medias anuales de los principales ríos del área de estudio, generadas a partir del modelo de Escurrimiento Superficial (ONERN, 1980).

**Cuadro 1.6-10. Caudales Medios Anuales Generados ( $m^3/s$ ) en los Ríos del Área de Estudio**

Ríos	Punto de Interés	Caudal Medio Anual Generado
		( $m^3/s$ )*
Río Alto Madre De Dios (L.R: Puerto Provisional Mamatapa)	1	1,218.70
Río Blanco (L.R: Límite del área de estudio)	2	3.6
Río Shilive (L.R: Límite del área de estudio)	3	35.1
Río Azul (L.R: Límite del área de estudio)	4	43.8
Río Cupodnoe / Cupohue (L.R: Límite del área de estudio)	5	49.2
Río Colorado (L.R: Aguas abajo después de la descarga del río Chisue)	6	167
Río Huasoroco (L.R: Límite del área de estudio)	7	65.7
Río Puquiri (L.R: Aguas abajo después de la descarga del río Huaypetue)	8	42.4
Río Araza (L.R: Caserío Comandante)	9	301.8
Río Nusiniscato	10	177.5

Ríos	Punto de Interés	Caudal Medio Anual Generado
		(m <sup>3</sup> /s)*
(L.R. Caserío Esperanza)		
Río Nusiniscato	11	569
(L.R: Caserío Garrafón Chico)		

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental, 2008.

\* Generado a partir del Modelo de Zonificación de Escurrimiento Superficial.

L.R. = Lugar de Referencia

### 1.6.7 GENERACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES

El régimen temporal del caudal de los ríos, está asociado directamente al comportamiento estacional de las precipitaciones que ocurren en las cuencas, y a los flujos subterráneos que ocurren en cada una de las cuencas de drenaje de los ríos. Visto así, el régimen de las lluvias en ámbitos subtropicales trasladan en gran porcentaje dicho comportamiento a la ocurrencia de las descargas de los ríos.

Ante la ausencia de registros hidrométricos en los ríos del área de estudio, se utiliza el modelo de generación de caudales medios mensuales, la misma que se basa en el comportamiento de la diferencia entre la precipitación mensual (agua que cae sobre la cuenca) y la evapotranspiración potencial mensual (agua que retorna a la atmósfera), cuya diferencia es la cantidad de agua que efectivamente escurre por la superficie.

#### **Metodología para el cálculo de los Caudales Medios Mensuales**

En general, el País tiene pocas estaciones hidrométricas que controlan el nivel de agua de los ríos; y especialmente en los ríos de la vertiente Amazónica, las estaciones son más limitadas. Por esta razón, para el ámbito de estudio se ha hecho uso del modelo que relaciona, por un lado al comportamiento de la precipitación media mensual de las estaciones climatológicas existentes: Salvación, San Gabán y Quincemil, y por otro, el comportamiento de la evapotranspiración potencial mensual calculado para las mismas estaciones. La diferencia de estos valores da como resultado el aporte directo de agua al escurrimiento de los ríos, siempre y cuando no se presenten condiciones de estrés de humedad en el suelo, situación comprobada para el área de estudio, ya que a lo largo del año el suelo permanece saturado de agua.

Con la salvedad del caso, y como una primera aproximación, se ha calculado coeficientes adimensionales del aporte al escurrimiento superficial mensual (precipitación mensual menos evapotranspiración potencial mensual), dividiendo estos resultados entre el escurrimiento superficial medio anual. Estos resultados se denominan Coeficientes de Variabilidad, y representan el número de veces mayor o menor del valor mensual frente al valor promedio anual. Es un valor

adimensional, que sólo muestra un comportamiento de comparación entre el valor mensual y el valor anual.

El resultado de este procedimiento se muestra en el Cuadro 1.6.11, en la que se consigna el promedio de la precipitación mensual y anual de las estaciones Salvación, San Gabán y Quincemil, la evapotranspiración potencial mensual y anual calculada con el método de Thornthwaite (con los valores de temperatura de las estaciones mencionadas), el escurrimiento superficial mensual y anual, y el coeficiente de variabilidad mensual.

**Cuadro 1.6-11. Cálculo del Coeficiente de Variabilidad**

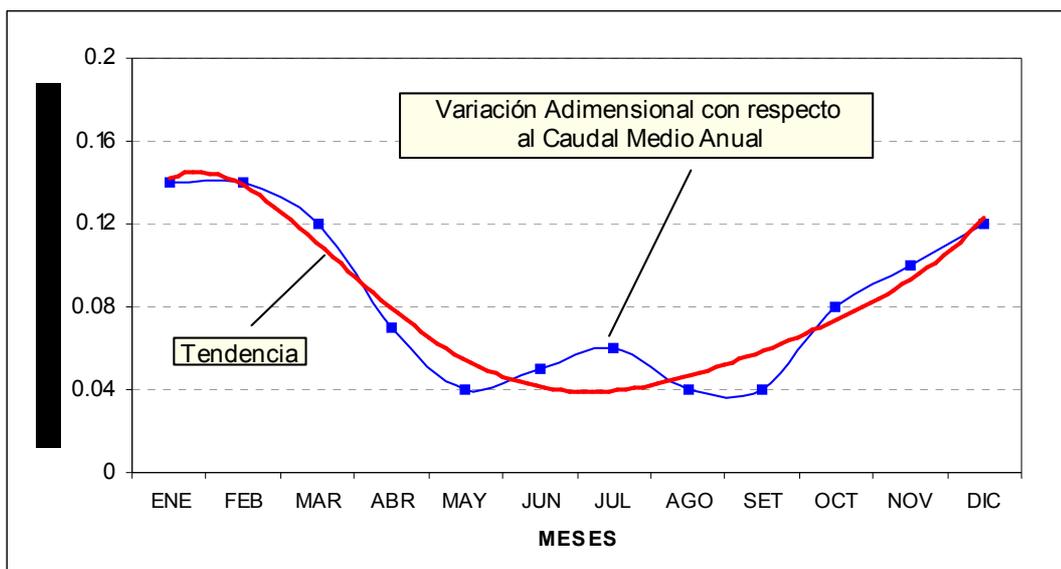
Parámetro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Precipitación Promedio	811.9	801.4	724.5	447.9	301.2	302.9	345.0	261.2	268.5	525.2	556.6	706.7	6,053
Evapotranspiración	124.2	106.2	115.1	102.4	86.3	74.7	73.1	88.0	96.1	114.5	113.2	118.5	1,212
Escurrecimiento Superficial	687.7	695.2	609.4	345.5	214.9	228.2	271.9	173.2	172.4	410.7	443.4	588.2	403.4
Coeficiente de Variabilidad	1.70	1.72	1.51	0.86	0.53	0.57	0.67	0.43	0.43	1.02	1.10	1.46	1.00

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental, 2008.

\* Coeficiente de Variabilidad: es la relación adimensional de valor mensual comparado con el valor promedio anual.

En la Figura 1.6-5, se muestra por un lado el comportamiento adimensional del escurrimiento superficial (caudales medios mensuales) graficadas a partir del Coeficiente de Variabilidad, y por otro lado, la tendencia adimensional del promedio del escurrimiento superficial.

**Figura 1.6-6 Comportamiento Temporal del Escurrecimiento Superficial**



El comportamiento Temporal del Escurrimiento Superficial mostrado, tiene una similitud con el comportamiento mostrado en la Figura 1.6-3, donde se observa el comportamiento del nivel del río Madre de Dios a lo largo del año, corroborando así la tendencia mensual de los caudales.

En el Cuadro 1.6-12, se presenta los caudales medios mensuales generados para los principales ríos del área de estudio. Estos valores han sido generados a partir del Coeficiente de Variabilidad Representativa (C.V.R) multiplicado por el valor de los caudales medios anuales generados, dichos valores se ajustan al comportamiento generalizado de los ríos en la vertiente del Amazonas.

**Cuadro 1.6-12. Caudales Medias Mensuales Generados en el Área de Estudio (m<sup>3</sup>/s)**

Río	Punto de Interés	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Caudal Medio Anual (m <sup>3</sup> /s) *
<b>C.V.R</b>		<b>0.14</b>	<b>0.14</b>	<b>0.12</b>	<b>0.07</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.06</b>	<b>0.04</b>	<b>0.04</b>	<b>0.08</b>	<b>0.10</b>	<b>0.12</b>	<b>1.00</b>
Río Alto Madre de Dios	1	2,077.6	2,100.3	1,841.1	1,043.8	649.2	689.4	821.4	523.3	520.8	1,240.8	1,339.6	1,777.0	1,218.70
Río Blanco	2	6.1	6.2	5.4	3.1	1.9	2.0	2.4	1.5	1.5	3.7	4.0	5.2	3.6
Río Shilive	3	59.8	60.5	53.0	30.1	18.7	19.9	23.7	15.1	15.0	35.7	38.6	51.2	35.09
Río Azul	4	74.6	75.4	66.1	37.5	23.3	24.8	29.5	18.8	18.7	44.6	48.1	63.8	43.77
Río Cupodnoe / Cupohue	5	83.8	84.7	74.3	42.1	26.2	27.8	33.1	21.1	21.0	50.1	54.0	71.7	49.17
Río Colorado	6	284.6	287.7	252.2	143.0	88.9	94.4	112.5	71.7	71.4	170.0	183.5	243.5	166.96
Río Huasoroco	7	112.0	113.2	99.3	56.3	35.0	37.2	44.3	28.2	28.1	66.9	72.2	95.8	65.71
Río Puquiri	8	72.2	73.0	64.0	36.3	22.6	24.0	28.6	18.2	18.1	43.1	46.6	61.8	42.37
Río Araza *	9	514.6	520.2	456.0	258.5	160.8	170.8	203.5	129.6	129.0	307.3	331.8	440.1	301.84
Río Nusiniscato	10	302.7	306.0	268.2	152.1	94.6	100.4	119.7	76.2	75.9	180.8	195.1	258.9	177.54
Río Nusiniscato	11	970.1	980.7	859.6	487.4	303.1	321.9	383.6	244.3	243.2	579.3	625.5	829.7	569.04

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental, 2008

Coefficiente de Variabilidad Representativa (C.V.R): es la relación adimensional de valor mensual comparado con el valor promedio anual.

\* Generado a partir del Modelo de Zonificación del Escurrimiento Superficial.

\* Río Araza, se refiere al promedio de caudales de Río Araza AA y Río Araza AB (aguas arriba y aguas abajo, respectivamente).

### 1.6.8 GENERACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS DIARIOS

Los caudales máximos diarios de los ríos o quebradas, expresadas para diferentes períodos de retorno, constituyen parámetros hidrológicos de suma importancia, principalmente para el diseño de infraestructuras que comprometan el cauce de los ríos o quebradas, así como para evitar posibles daños de los desbordes de los ríos, que con cierta frecuencia se presentan en éstos ámbitos subtropicales.

El análisis de los caudales máximos diarios, se efectúa a partir de la data hidrométrica de una estación. Ante la ausencia de información registrada de las descargas máximas diarias en los puntos de interés, se hace uso de métodos indirectos que permitan estimar este parámetro, asociado a un probable periodo de recurrencia, al que se denomina "períodos de retorno" (años).

Para el presente estudio, se utiliza el modelo de generación de envolventes de máximos caudales. Esta fórmula fue desarrollada por el Dr. Wolfgang Trau y el Ing. Raúl Gutiérrez Irigoyen en el "Análisis Regional de las Avenidas en los Ríos del Perú" (1975). La aplicación de este método permite la estimación de los caudales máximos diarios en cuencas sin información disponible para diferentes períodos de retorno, tomando el área de la cuenca como parámetro de mayor incidencia en la ocurrencia de caudales máximos.

Según los autores, se determinaron siete regiones hidráulicas diferenciables para todo el territorio peruano. El área de estudio se encuentra en la región 7.

La fórmula general tiene la siguiente forma:

$$Q_{maxT} = (a+b) \times \text{Log}(T) \times A^{(m \times A^{-n})}$$

Donde:

$Q_{maxT}$  = Caudal máximo para el período de retorno T

A = Área de la cuenca en  $\text{km}^2$

T = Período de retorno (años)

a, b = coeficientes de escala adimensionales por regiones hidráulicas

m, n = exponentes adimensionales por regiones hidráulicas

Tomando en cuenta la región hidráulica 7, donde se ubica la cuenca del río Madre de Dios, en la cual se encuentra el área de estudio, se utiliza las constantes respectivas de esta región hidráulica, con lo que la fórmula se convierte en:

$$Q_{maxT} = (0.22+0.37) \times \text{Log}(T) \times A(1.24 \times A^{-0.04})$$

Mediante esta ecuación se ha calculado los caudales máximos diarios para diferentes Puntos de Interés de los ríos y quebradas dentro del ámbito de estudio definido, para períodos de retorno de 10, 25, 50, 100 años, tal como se muestra en la Cuadro 1.6-13.

**Cuadro 1.6-13. Caudales Máximos Diarios Generados (m<sup>3</sup>/s) de los Ríos Principales en el Área de Estudio**

Ríos/quebradas	Punto de Interés	Área de Cuenca (Km <sup>2</sup> )	Período de Retorno (años)			
			10	25	50	100
Río Alto Madre de Dios	1	7,280.20	1,337.80	1,870.20	2,273.00	2,675.70
Río Blanco	2	33.25	25.8	36	43.8	51.5
Río Shilive	3	244.71	140.6	196.5	238.8	281.1
Río Azul	4	288.95	159.8	223.3	271.4	319.5
Río Cupodnoe / Cupohue	5	348.6	184.2	257.5	312.9	368.3
Río Colorado	6	974.56	384.7	537.8	653.6	769.4
Río Huasoroco	7	523.59	248.6	347.5	422.4	497.2
Río Puquiri	8	361.98	189.4	264.8	321.9	378.9
Río Araza*	9	2,077.62	633.2	885.1	1,075.70	1,266.30
Río Nusiniscato AA	10	901.74	364.8	509.9	619.8	729.6
Río Nusiniscato AB	11	3,566.36	884.1	1,235.90	1,502.10	1,768.20

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental, 2008

\* Río Araza, se refiere al promedio de caudales de Río Araza AA y Río Araza AB (aguas arriba y aguas abajo, respectivamente).

### 1.6.9 USOS DEL AGUA

Durante la etapa de campo realizada al área de estudio, no se ha observado usos consuntivos del agua que tengan significancia ni conflictos con la oferta de agua, ya que la oferta es sumamente grande comparada con los usos domésticos en las comunidades nativas. La poca actividad agrícola no necesita riego para el crecimiento fenológico, ya que las precipitaciones superan largamente a la demandas de dichos cultivos.

En cambio, se ha observado con preocupación el uso del agua para usos mineros, principalmente en el río Puquiri y Huaypetue, cuyo análisis está en el capítulo de Calidad del Agua.

### 1.6.10 CONCLUSIONES

- El área del Proyecto de Prospección Sísmica 2D, está ubicado en la margen derecha de la cuenca media del río Madre de Dios; abarcando principalmente parte de las subcuencas de los ríos Alto Madre de Dios, Blanco, Azul, Colorado e Inambari.
- Dentro del ámbito de estudio no existe estaciones hidrométricas que registren los caudales de los ríos y por ende no se dispone de registros de caudales, siendo ésta una característica de la mayoría de los ríos ubicados en la vertiente del Atlántico.
- Con el propósito de cuantificar los caudales de los ríos, durante la etapa de campo se han realizado aforos en diversos puntos de la red hidrográfica (22 puntos), cuya información servirá de base para futuros estudios en el área (ver Anexo 1.16.4).
- Los caudales de los ríos y las quebradas tienen como fuente principal a las altas precipitaciones que ocurren durante todo el año, siendo mayores en los meses de verano
- La ausencia de estaciones de medición de caudales en ríos y quebradas, cercanas a la ubicación del Proyecto de Prospección Sísmica 2D, obliga a utilizar modelos de generación de descargas medias anuales en los diversos puntos de interés.
- Se ha utilizado el modelo de las Zonas de Escurrimiento Superficial (Zonas de Vida) y sus respectivos coeficientes de escurrimiento, para generar los caudales medios anuales en los puntos de Interés.
- Para la generación de caudales medios mensuales en los puntos de interés, se ha utilizado el modelo de transposición de la Matriz de Variabilidad Representativa, calculado a partir de los parámetros de precipitación y evapotranspiración. A partir de dichos coeficientes (matriz de variabilidad) se han generado las descargas medias mensuales en los diferentes puntos de interés del área de estudio.
- Para la estimación de caudales máximos para diferentes periodos de retorno, no habiendo registros históricos, igualmente se ha calculado con métodos indirectos. Para ello se ha utilizado el Análisis Regional de las Avenidas en los Ríos del Perú<sup>1</sup>, La cual permite calcular la curva envolvente de los caudales máximos para diferentes períodos de retorno.
- Los usos consuntivos del agua no son significativos, frente a la oferta que es sumamente grande.

<sup>1</sup> – “Análisis Regional de las Avenidas en los Ríos del Perú”, Wolfgang Trau; Raúl Gutiérrez Irigoyen. Comisión Multisectorial del plan Nacional de Ordenamiento de los Recursos Hidráulicos. Lima, 1975