# INFORME DE COMISIÓN PE-62

# IQUITOS
# (ríos Amazonas, Marañon, Ucayali y Napo)

# Del 12-05-2009 al 23-05-2009

Philippe Vauchel (Ing. IRD)
Pascal FRAIZY (Ing. IRD)
Germinal GABALDA (Ing. IRD)
Camille CONTOUX (Est. Maestría IPGP)

Con el apoyo de la DHN de la fuerza naval del Perú, que nos prestó 4 GPS doble frecuencia Trimble 5700 para la nivelación de los hitos, quedando a cargo del IRD los costos de movilización y de viáticos de los personales de la fuerza naval.

## 1. OBJETIVOS DE LA COMISIÓN

Los objetivos de la comisión eran cuatro:

- Instalar hitos en las principales estaciones hidrométricas del SENAMHI y del programa HYBAM, y nivelarlos con DGPS con la máxima precisión posible. La meta final es de nivelar las escalas respeto a los hitos para conocer los niveles de los ceros de las escalas en un mismo sistema de nivelación, y poder calcular las pendientes de los ríos. Las estaciones que se pretende nivelar, con adquisición GPS de 24 horas mínimo en cada sitio, son las siguientes:

    - Iquitos – ENAPU (Amazonas)
    - Tamshiyacu (Amazonas)
    - Nauta (Marañon)
    - San Regis (Marañon)
    - Nueva York (Tigre)
    - Requena (Ucayali)
    - Bellavista (Napo)

- Realizar aforos líquidos y sólidos de control en las estaciones, recoger los datos y las muestras de los observadores, y pagar sus sueldos.

- En un contexto de niveles altos, poner un especial enfoque en los aforos de las estaciones ubicadas aguas arriba de las confluencias, para ver si las confluencias provocan un efecto de remanso que tiende a aumentar el nivel.

- Capacitar a la practicante de maestría Camille CONTOUX para que pueda seguir realizando aforos líquidos (con ADCP) y sólidos cada 2 semanas hasta el final de Junio en las estaciones de la confluencia Tigre – Marañon – Ucayali – Amazonas, para aclarar si hay presencia o no de remansos causados por las confluencias.

A pesar de algunos problemas, los objetivos de la comisión se han cumplido en su totalidad.

## 2. DESARROLLO CRONOLÓGICO DE LA COMISIÓN

**Lunes 11 de mayo 2009**

Pascal FRAIZY que volvió el día 10 de mayo a Iquitos desde una comisión de aforo en Óbidos (Brasil), está preparando la logística de la comisión.

16h30: Llegada a Lima de Germinal GABALDA, experto en nivelación DGPS del IRD – LMTG, que viene desde Toulouse. Nos reunimos con el para definir los objetivos de la comisión, y estudiar la disponibilidad de GPS diferenciales de doble frecuencia. Disponemos de:

- 1 Trimble 5700 del propio programa HYBAM.
- 4 Trimble 5700 prestado por la fuerza naval.
- 1 Ashtec Z-Xtreme del pool de aparatos del LMTG.

**Martes 12 de mayo 2009**

8h00: Salida de Philippe VAUCHEL, Germinal GABALDA y Camille CONTOUX de Lima, llegando a Iquitos al medio día.

15h00: Visita al SHNA (Servicio de Hidrografía y de Navegación Amazónica de la fuerza naval del Perú) en Iquitos. Descubrimos los 4 DGPS Trimble 5700 prestados por la fuerza naval. Ponemos un primero aparato en estación sobre el hito SIRGAS dentro de la base naval, con antena Zephyr Geodetic y alimentación 220V. Descubrimos que los aparatos de la naval no cuentan con cables de alimentación externa sobre baterías de 12V, sólo tienen baterías internas y una batería auxiliar con autonomía de 6 horas. Deberemos encontrar una solución para alimentar los aparatos con baterías externas de 12V y 80 A.h, si queremos tener varios días de autonomía en los sitios sin energía eléctrica.

**Miércoles 13 de mayo 2009**

6h00: Salida de Philippe VAUCHEL, Germinal GABALDA y Pascal FRAIZY a Nauta, donde queremos instalar una segunda base GPS fija para la duración de la comisión. Encontramos un sitio adecuado dentro del cerco de la estación meteorológica del SENAMHI, donde construimos un mojón. Ponemos en estación un DGPS Trimble 5700 con antena Zephyr Geodetic, alimentado con corriente 220V prestada de la iglesia protestante vecina por el pastor Jorge GUERRA. El aparato queda a cargo del oficial Alcibiades LOPEZ de la fuerza naval, que ha sido designado para el cuidado y operación del equipo.

El aparato está a distancia razonable del elemento de 11 a 12 metros de la batería de escalas de Nauta que el observador Roger Rodríguez ha desplazado en el puerto pesquero. Los elementos restantes de la escala no son visibles en aguas altas, pero según el observador, siguen implantados en el puerto de Nauta, donde sufren de la presencia de los barcos.

15h00: Volvemos a Iquitos al SHNA. Controlamos el DGPS de punto SIRGAS. Obtenemos de la fuerza naval la autorización de modificar las conexiones de las baterías auxiliares para conectar una batería de 12V de 80 A.h. En realidad, las baterías auxiliares de marca Trimble contienen una batería 12V de 20 A.h al plomo gelificado, Basta con desconectarla y adaptar sus conectores para que sea posible

conectarse a otro tipo de batería. Hacemos los últimos preparativos para salir temprano en barco al día siguiente, con destino a la estación de Tamshiyacu (Amazonas).

**Jueves 14 de mayo 2009**

8h00: Salimos de Iquitos por vía acuática. Disponemos de dos embarcaciones:

- Un barco de madera de 20 metros de largo, con motor diesel, un depósito grande abajo, y un comedor – cocina – baño arriba.
- Una chalupa de aluminio de 8 metros con motor fuera de borda Yamaha de 115 hp de dos tiempos, que en un primer tiempo llevamos acoplada al barco grande de madera.

El barco grande es muy lento, va contra la corriente a una velocidad aproximada de 7 km/h. Tardamos casi cuatro horas en llegar a Tamshiyacu.

12h00: Llegamos a Tamshiyacu. Como en Nauta, empezamos por construir un mojón en el cerco de la estación meteorológica que domina las escalas, y nivelamos con un nivel óptico TOP – JR la diferencia de nivel entre éste mojón y:

- un hito de nivelación ubicado en la plaza del pueblo (esquina Noroeste),
- las escalas 9 a 10 metros, 8 a 9 metros y 7 a 8 metros.

13h00: Dejamos un equipo Trimble en estación sobre el mojón de la estación meteorológica, con antena Zephyr, alimentado por dos baterías de 12V y 80 A.h, a cargo de Segundo FLORES de la fuerza naval.

13h30: Instalamos por algunas horas un equipo Ashtec sobre el hito de la plaza del pueblo, para relacionarlo con el mojón de la estación meteorológica.

16h00: Realizamos dos aforos líquidos, con el barco grande (Pascal FRAIZY y Camille CONTOUX, ADCP antiguo) y con la chalupa (Philippe VAUCHEL, ADCP nuevo), encontrando casi el mismo caudal. No nos da tiempo para hacer aforo sólido.

**Viernes 15 de mayo 2009**

Visto la lentitud del barco grande, decidimos separarnos en 2 equipos para tener tiempo de nivelar todas las estaciones previstas, con un mínimo de 48 horas de estación DGPS en cada sitio. Los equipos son conformados de la manera siguiente:

**Equipo Pascal FRAIZY**: sale con el barco grande a Requena, en compañía de Camille CONTOUX y Pedro ORTIZ (más la tripulación de 3 hombres). Tiene por objetivo de instalar el hito de Requena y el DGPS Trimble 5700 de HYBAM, y de realizar los aforos líquidos y sólidos en Requena y Jenaro Herrera con el ADCP antiguo.

El equipo Pascal FRAIZY sale a las 6h30 y navega todo el día para llegar a Requena a las 3h00 de la madrugada.

**Equipo Philippe VAUCHEL**: sale con la chalupa rápida, en compañía de Germinal GABALDA, Michel VALLES y Percy MARTINEZ (fuerza naval). Tiene por objetivo de controlar al paso la estación de Nauta, de instalar y nivelar los hitos en San Regis y Nueva York, y de realizar los aforos líquidos y sólidos en estas dos estaciones con el ADCP nuevo.

El equipo Philippe VAUCHEL sale a las 6h00 de Tamshiyacu, y sigue el programa a continuación.

8h30: Nauta. H = 11,60 metros. No podemos encontrar ni al observador Roger RODRÍGUEZ que ha salido de su casa, ni al oficial de la naval Alcibiades LOPEZ que está a cargo del DGPS, y que ha salido de su hospedaje. Como la estación meteorológica está con llave, no podemos controlar el funcionamiento del equipo GPS. Es una pena, puesto que veremos después que el equipo se había bloqueado, y que el operador Alcibiades LOPEZ no había pensado en resetearlo.

10h20: Salida de Nauta.

11h50: Llegada a San Regis. Encontramos un clavo puesto durante la comisión PE-22 (Octubre 2005) en la esquina Noroeste de la acera que da vuelta a una parte de la plaza. Instalamos el último GPS Trimble 5700 de la DHN con antena Zephyr y alimentación 12V 80 A.h sobre éste clavo. Hacemos construir un cerco de tablas alrededor del equipo, para su protección. El equipo queda bajo la responsabilidad de Percy MARTINEZ de la fuerza naval.

El observador Juan BARBARÁN no se encuentra, es su nieto que está a cargo de las observaciones.

15h00: Hacemos un aforo líquido en San Regis, con una cota de 12,62 metros. La llegada de la lluvia nos impide terminar el aforo sólido, que debemos interrumpir en curso.

**Sábado 16 de mayo 2009**

**Equipo Pascal FRAIZY:**

**Equipo Philippe VAUCHEL:**

7h00: Salida de San Regis.

10h00: Llegada a Nueva York. El pueblo está totalmente inundado, se circula en canoa en la plaza del pueblo. Por suerte, la acera de la esquina Noroeste de la plaza está saliendo del agua de algunos centímetros. Implantamos un clavo en la acera, y un tirafón en un murito previsto para poner una placa de conmemoración en la misma esquina, a un metro del clavo. Instalamos el equipo GPS Ashtec Z-Xtreme sobre el clavo, protegido por un cerco de malla de pesca instalado sobre 5 postes, con permiso del gobernador del pueblo. El aparato está alimentado por una batería de 80 A.h y 12V.

11h00: Nivelamos el nivel del agua respeto a los dos hitos, la cota en la escala es de 9,03 metros, las observadoras han dejado de leer por estar debajo del agua la regla más alta.

12h00: Hacemos un aforo líquido y sólido en Nueva York.

13h00: Recolección de los datos de las observadoras Flor García (muestreo cada 10 días) y señora FERNANDEZ (lectura de escalas mañana y noche), entregado frascos y pagado los sueldos.

15h30: San Regis, aforo líquido y sólido a 12,61 metros.

16h30: El equipo GPS se movió, probablemente por un niño que se ha metido dentro del cerco a curiosear. El encargado de la fuerza naval Percy MARTINEZ no se encuentra. Detenemos la adquisición, reponemos el aparato en su lugar, y lo volvemos a poner en servicio.

**Domingo 17 de mayo 2009**

**Equipo Pascal FRAIZY:**

**Equipo Philippe VAUCHEL:**

15h30: La lluvia que ha estado cayendo sin interrupción desde la noche se para. Hacemos un aforo líquido y sólido en San Regis, en la cota 12,675 metros.

17h00: Instalamos un hito segundario formado de un clavo en la boca del alcantarillado de la esquina Suroeste de la plaza del pueblo. Nivelamos con nivel óptico TOP-JR la diferencia de nivel entre los dos hitos de la plaza, y la regla de 12 a 13 metros.

**Lunes 18 de mayo 2009**

**Equipo Pascal FRAIZY:**

**Equipo Philippe VAUCHEL:**

9h00: Aforo líquido en San Regis, en la cota 12,66 metros.

10h00: Salida de San Regis rumbo a Nueva York. En el camino, el motor 115 hp se descompone. Volvemos a Miraflores a baja velocidad, y logramos alquilar una chalupa que nos lleve a Nueva York para desarmar el equipo GPS Ashtec Z-Xtreme. El equipo se ha parado por insuficiente energía. No hay posibilidad de hacer un aforo con la chalupa de alquiler.

14h00: San Regis, desarmamos el equipo GPS Trimble 5700 que ha funcionado bien.

18h00: Llegamos a Nauta, remolcando la chalupa con motor averiado.

**Martes 19 de mayo 2009**

**Equipo Pascal FRAIZY:**

**Equipo Philippe VAUCHEL:**

8h00: Controlamos el DPS Trimble de Nauta, encontrándolo bloqueado. Lo apagamos y lo volvemos a encender para reanudar la adquisición.

9h00: Instalamos un hito auxiliar en la boca de alcantarillado del puerto pesquero de Nauta, formado de un clavo de bronce clavado en el cemento.

10h00: Ponemos el DGPS Ashtec Z-Xtreme sobre el hito auxiliar para referenciar su posición respeto al hito principal de la estación meteorológica.

11h00: Nivelamos la diferencia de nivel entre los dos hitos y la regla de 11 a 12 metros.

15h00: Retiramos el GPS Ashtec del hito auxiliar, y el GPS Trimble 5700 del hito principal.

16h00: Llegada del equipo Pascal FRAIZY a Nauta. Formamos de nuevo un solo grupo de trabajo.

17h00: Salida de Nauta. El oficial de la naval Percy MARTINEZ se vuelve a Iquitos con taxi.

22h00: Llegada a Tamshiyacu con el barco grande y la chalupa averiada remolcada.

**Miércoles 20 de mayo 2009**

7h00: Tamshiyacu. Hacemos las cuentas y los planes para los siguientes días. Definimos el programa de trabajo de Camille CONTOUX que va a quedarse en Tamshiyacu para hasta el final de Junio. Mientrás tanto, el dueño de la chalupa con motor averiado intenta reparar el motor, pero queda mal. Nos cambia la chalupa con otra de motor 200 hp, con la cual seguimos trabajando.

9h00: Control del GPS Trimble de la estación meteorológica.

10h00: Aforo líquido y sólido en Tamshiyacu, a la cota 7,75 metros. Final de la capacitación de Camille CONTOUX con Philippe VAUCHEL y Pascal FRAIZY.

14h00: Última nivelación entre los hitos y la escala, desarmamos el GPS Trimble 5700 de Tamshiyacu.

15h00: Recolección de los frascos y datos de la observadora Eva VILLACORTA, y pago de su sueldo.

16h00: Salida de Tamshiyacu

18h00: Llegada a Iquitos.

**Jueves 21 de mayo 2009**

8h00: Salida de Iquitos con la chalupa.

9h00: Llegamos a Varadero Mazán, tomamos 2 motocares a Mazán.

9h30: Salimos de Mazán a Bellavista con una chalupa alquilada del aserradero de Mazán.

10h00: Instalamos un mojón en un claro del bosque arriba de la casa del observador, y ponemos el GPS Ashtec Z-Xtreme en funcionamiento, alimentado con dos baterías 12V 80 A.h.

11h00: Nivelación de la diferencia de nivel entre el mojón IRD – SHN y los dos mojones cerca de las escalas, asimismo con la escala de 8 a 10 y de 6 a 8 metros.

12h00: Aforo líquido y sólido en Bellavista, a la cota H = 6,80 metros.

13h00: Recolección de los datos y de los frascos del observador Arturo PRADO, dejado 30 frascos vacíos y pagado hasta mayo.

**Viernes 22 de mayo 2009**

9h00: Visita al SENAMHI, entrevista con el Director Regional Marco PAREDES, y con Noemi GORDÓN que está a cargo de la recepción diaria de los niveles de las estaciones hidrométricas. Conseguimos los últimos datos de parte del SENAMHI.

10h40: Visitamos la estación de Iquitos – ENAPU dentro del puerto. La estación es de acceso difícil, por la medidas de seguridad del puerto. Hacemos una lectura en conjunto en ENAPU y SHNA (por teléfono). Obtenemos:

- ENAPU: H = 117,69 metros.
- SHNA: H = 117,57 metros.

Es extraño que tengamos tal diferencia de 12 centímetros entre las dos reglas que normalmente están diseñadas para dar el mismo nivel. La regla de ENAPU está algo inclinada, es probable que sea la que difiere.

11h30: Visita de la pequeña chalupa del SENAMHI con motor Evinrude de 75 hp, 4 tiempos, que parece adecuado para realizar comisiones a la confluencia Ucayali – Marañon. Se tendrá que considerar la alternativa de comisión conjunta SENAMHI – IRD usando ésta chalupa en el futuro, para bajar los costos y apoyar a los equipos del SENAMHI en los aforos con ADCP.

**Sábado 23 de mayo 2009**

9h00: Salida de Iquitos

11h00: Llegada a Bellavista usando los transportes públicos. Podemos llegar cerca de la estación con motocar. Desarmamos el GPS Ashtec Z-Xtreme que ha funcionado bien.

15h00: Iquitos. Visita al SHNA, recuperamos los datos del GPS Trimble instalado en el punto SIRGAS. Lo dejamos en funcionamiento hasta el lunes. Pagamos el transporte de vuelta a Lima de los 2 GPS Trimble de la DHN del Callao.

17h00: Salida con Star-Perú de Iquitos a Lima.

## 3. RESULTADOS HIDROMÉTRICOS DE LA COMISIÓN

En total, se hicieron 14 aforos líquidos y 8 aforos sólidos en la zona de Iquitos, como aparece en la tabla a continuación:

| Estación | Río | Fecha/Hora | H (cm) | Q (m3/s) |
|---|---|---|---|---|
| Tamshiyacu | Amazonas | 14/05/2009 17:20 | 777 | 48240 |
| | | 14/05/2009 17:40 | 777 | 48000 |
| | | 20/05/2009 11:40 | 775 | 47960 |
| | | 20/05/2009 11:50 | 775 | 48030 |
| San Regis | Marañon | 15/05/2009 15:20 | 1262 | 25650 |
| | | 16/05/2009 15:30 | 1261 | 25670 |
| | | 17/05/2009 16:00 | 1267.5 | 25870 |
| | | 18/05/2009 09:00 | 1266 | 25750 |
| Requena / Jenaro Herrera | Ucayali | 16/05/2009 16:20 | 1140 | 18680 |
| | | 17/05/2009 11:10 | 1137 | 18510 |
| | | 18/05/2009 09:00 | 1132 | 18660 |
| | | 18/05/2009 11:00 | 1132 | 18960 |
| Nueva York | Tigre | 16/05/2009 12:00 | 903 | 3781 |
| Bellavista | Napo | 21/05/2009 12:30 | 680 | 8358 |

**Los resultados muestran una anomalía en la confluencia Ucayali – Marañon, puesto que no hay conservación de los flujos líquidos. Observamos que el caudal medido en Tamshiyacu es superior de 3620 m3/s al caudal total medido en los afluentes (San Regis + Requena). Es probable que una parte (casi 7.5%) de los aportes de los ríos Marañon y Ucayali escapa a la medición. La explicación podría ser que en aguas altas, estos ríos se desbordan a la llanura de inundación del parque Pacaya – Samiria, antes de su control en Requena y San Regis. Tendremos que poner más enfoque en el futuro sobre éste punto para obtener información sobre los caudales de los afluentes que escapan a la medición, y elaborar curvas de descarga adecuadas.**

Poniendo los aforos realizados sobre las curvas de descarga de las diferentes estaciones, podemos hacer las observaciones de los puntos siguientes.

## 3.1. – Tamshiyacu (Amazonas)

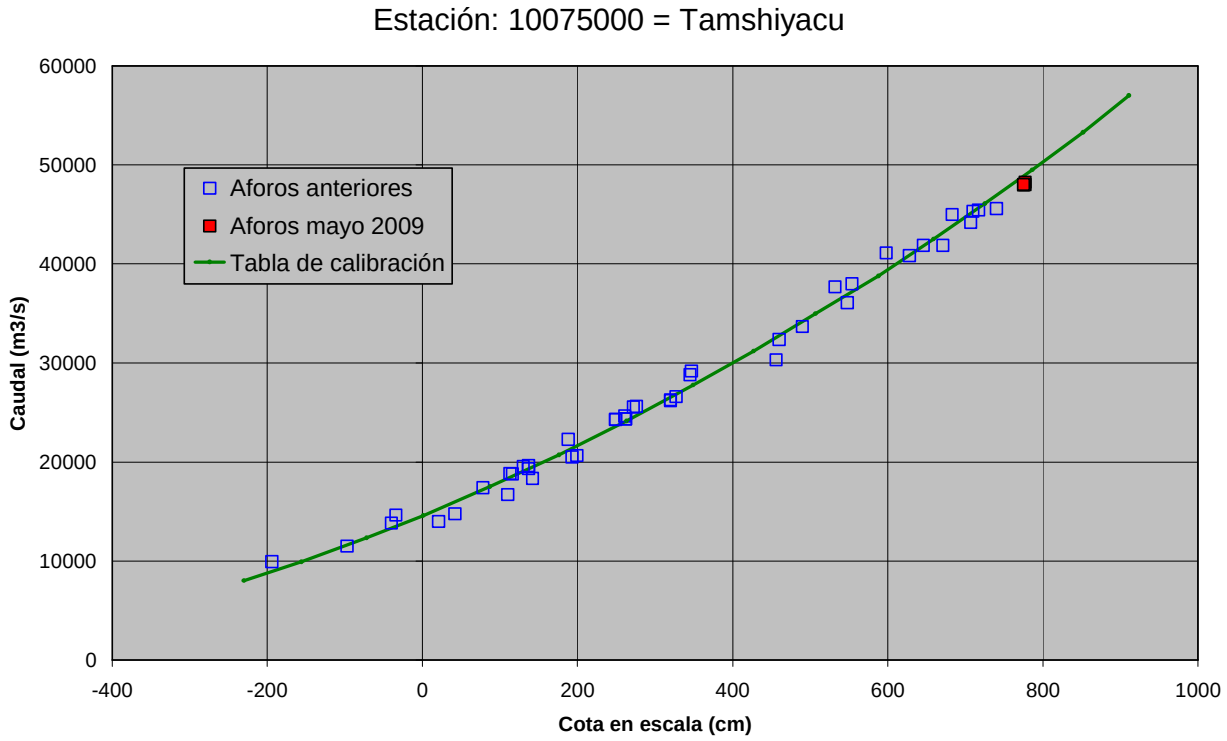



Figura 3.1 – Aforos de la comisión en la curva de descarga anterior.

Los aforos de la presente comisión son los más altos realizados en la estación de Tamshiyacu. Confirman bastante bien el trazado anterior de la curva de descarga, a pesar de dar un caudal un poco por debajo de la curva. Debemos notar que estos aforos se hicieron cuando el río ya había empezado a bajar. A consecuencia, nos podemos preguntar si la estación de Tamshiyacu no presentaría acaso un efecto de modificación de la pendiente hidráulica según el río está creciendo o bajando, que podría aumentar o disminuir el caudal para una misma cota. Si usamos el método del gradiente hidráulico de Hydraccess, obtenemos la figura de la página siguiente, que nos muestra que generalmente los caudales obtenidos en bajada (color azul) son inferiores a la curva de descarga, cuando los caudales obtenidos en subida (color rojo) son generalmente superiores. Pero existen algunas excepciones, por lo tanto no se confirma totalmente éste efecto.

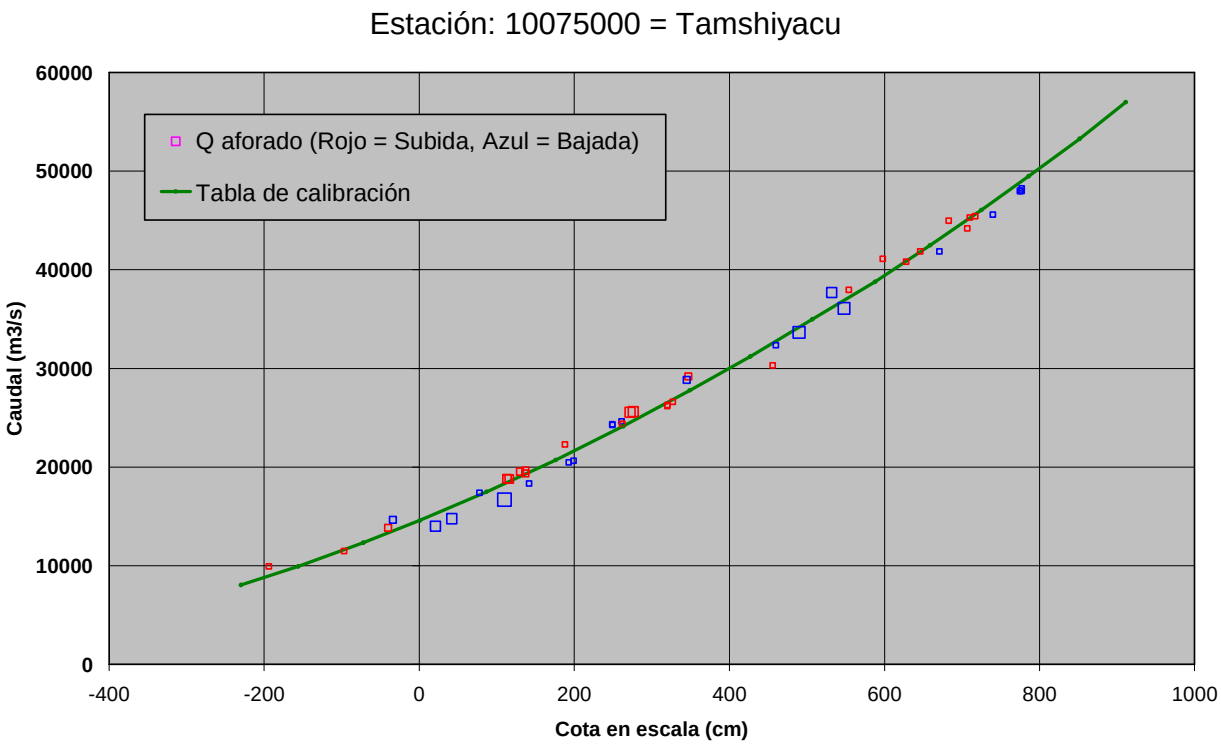



Figura 3.2 – Aforos en subida (rojo) y en bajada (azul).
El tamaño del punto es proporcional a la velocidad de subida o de bajada.

## 3.2. – San Regis (Marañon)

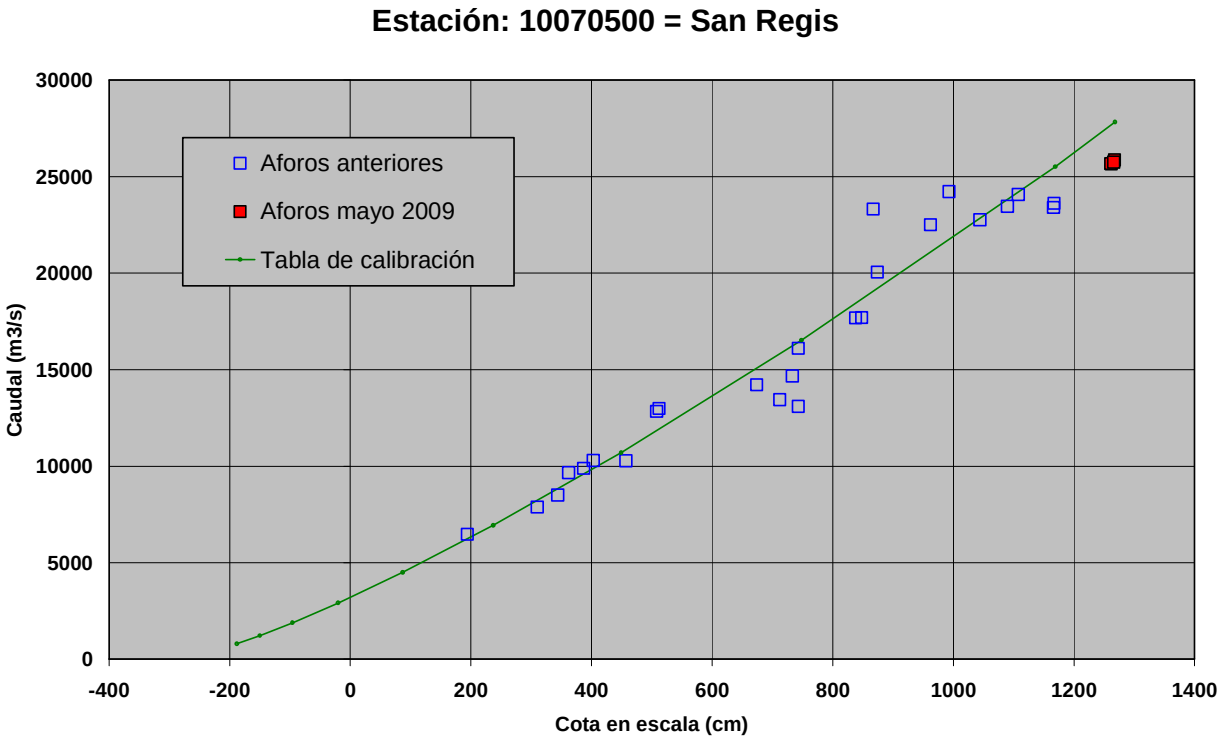



Figura 3.3 – Aforos de la comisión en la curva de descarga anterior.

Tal como observado en Tamshiyacu, los aforos de la presente comisión son los más altos realizados en San Regis. Sin embargo, los caudales medidos parecen bajos respeto a la curva de descarga que se había trazado anteriormente.

La curva de descarga presenta bastante dispersión, lo que nos induce a pensar que el funcionamiento de la estación de San Regis presenta un comportamiento complejo. Por ejemplo, observamos un grupo de aforos que presentan caudales similares entre las cotas 850 y 1150 cm. Las causas de la dispersión pueden ser las siguientes:

- Mala medición de los niveles por desniveles en las escalas. Habrá que nivelar la batería de escalas en aguas bajas para controlarlas.
- Influencia del remanso de la confluencia con el río Ucayali.
- Cambio de la pendiente hidráulica según el río está en crecida o en bajada.
- Caudales que no pasan por la estación de aforo (hemos visto que en la presente comisión, 3620 m3/s que pasan por Tamshiyacu han escapado a la medición en San Regis y Requena).
- Efecto de llenado / vacío de las llanuras de inundación cuando hay variación de nivel en subida o bajada.

Hasta la fecha, intentos de corrección de los aforos con el desnivel entre San Regis y Tamshiyacu o Nauta no explican bien las diferencias de comportamiento entre los aforos bajos y altos. Por el momento, lo que mejor explica las diferencias de caudales observados es, como en Tamshiyacu, el hecho de saber si el río se encuentra en subida o en bajada. La figura 3.4 nos muestra que los caudales bajos ocurren generalmente en bajada, al contrario de los caudales altos que ocurren más en subida. Pero se presentan excepciones.

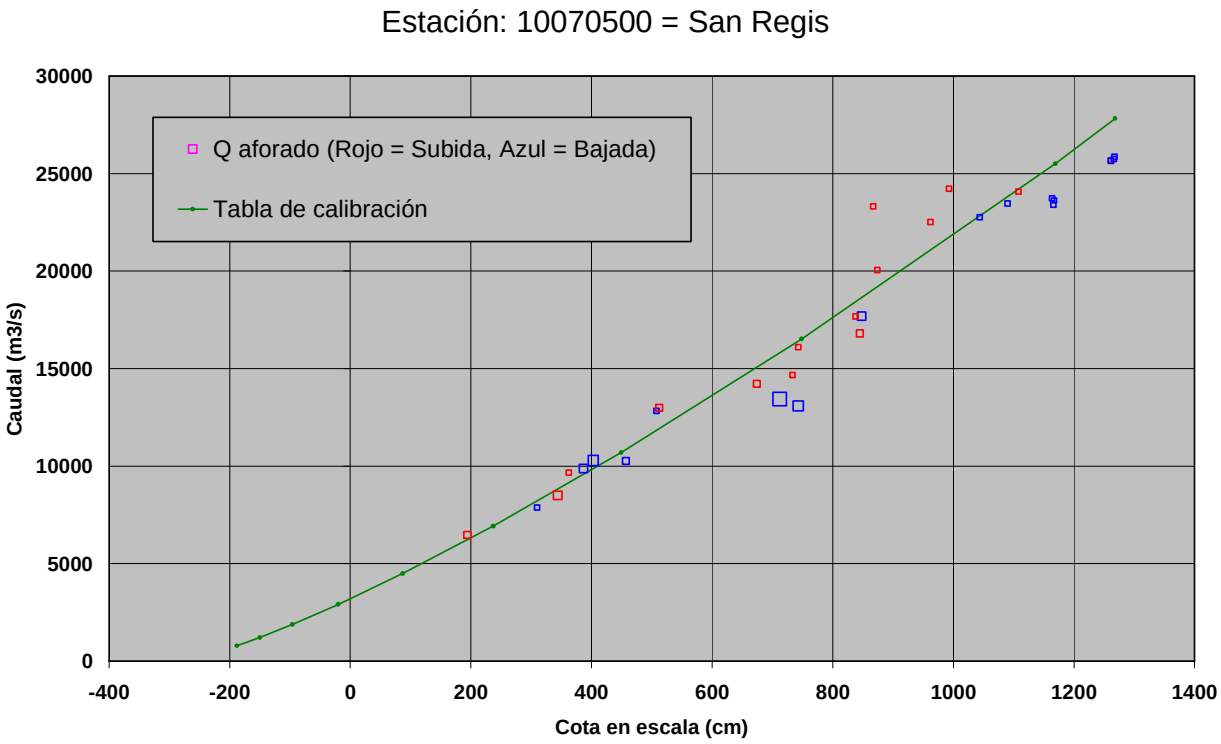



Figura 3.4 – Aforos en subida (rojo) y en bajada (azul).
El tamaño del punto es proporcional a la velocidad de subida o de bajada.

La misión en curso de Camille CONTOUX que se ha quedado en Tamshiyacu para seguir con las mediciones de caudal en la confluencia podría traer datos que permitan entender mejor el comportamiento de la estación de San Regis.

## 3.3. – Requena (Ucayali)

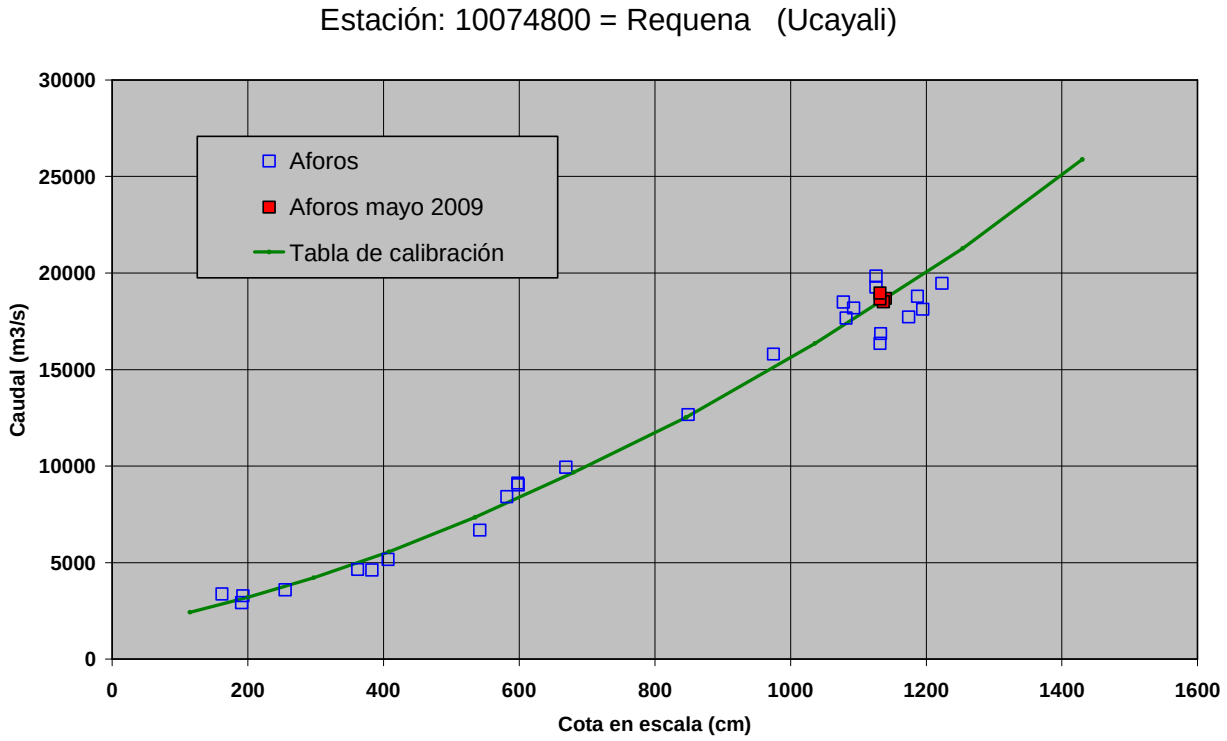



Figura 3.5 – Aforos de la comisión en la curva de descarga anterior.

En Requena, los aforos de la comisión están casi exactamente en la curva de descarga establecida con los aforos anteriores. En la parte alta de la curva, los aforos se dividen en dos grupos, un grupo de aforos superiores a la curva, y un grupo de aforos inferiores a la curva. Los aforos de la presente comisión se encuentran en el medio, pero un poco más cerca del grupo superior.

En la figura 3.6 de la página siguiente, hemos ampliado la parte alta de la curva de descarga, y puesto en etiquetas el desnivel en cm al momento de cada aforo entre Requena y Tamshiyacu. A consecuencia, la etiqueta da un indicador sobre la pendiente hidráulica al momento del aforo.

Observamos que el grupo de aforos altos tiene un desnivel

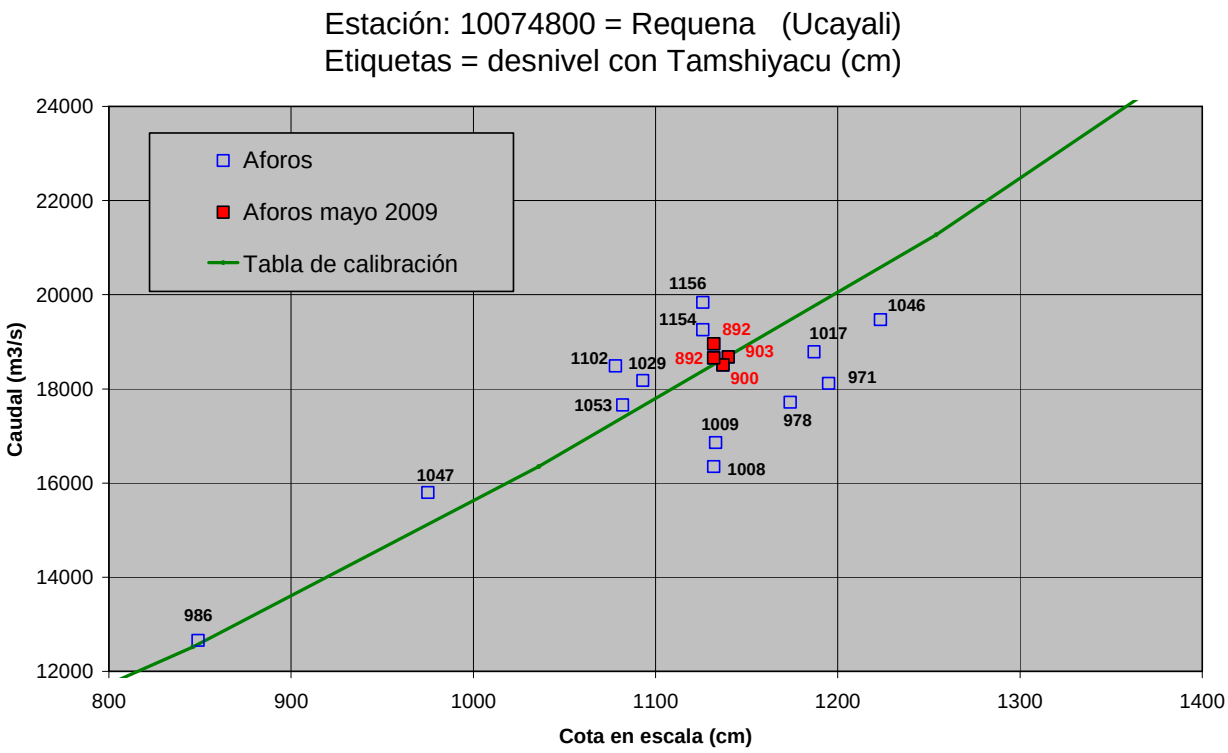



Figura 3.6 – Aforos con el desnivel Requena – Tamshiyacu.

Observamos que el grupo de aforos altos tiene un desnivel de orden de 1050 a 1150 cm, mientras el grupo de aforos bajos tiene un desnivel de orden de 970 a 1050 cm. Parece entonces que el desnivel entre Requena y Tamshiyacu podría ser un indicador para hacer una corrección a la curva de descarga al momento de transformar las cotas en caudales.

Sin embargo, los aforos de la presente comisión que se aproximan al grupo de aforos altos presentan desniveles de orden de 900 cm, y contradicen lo observado anteriormente.

A consecuencia, nos parece difícil explicar las variaciones de caudal alrededor de la curva de descarga solamente con el desnivel entre Requena y Tamshiyacu. Es probable que hay otro factor que se debería tomar en cuenta.

### 3.4. – Nueva York (Tigre)

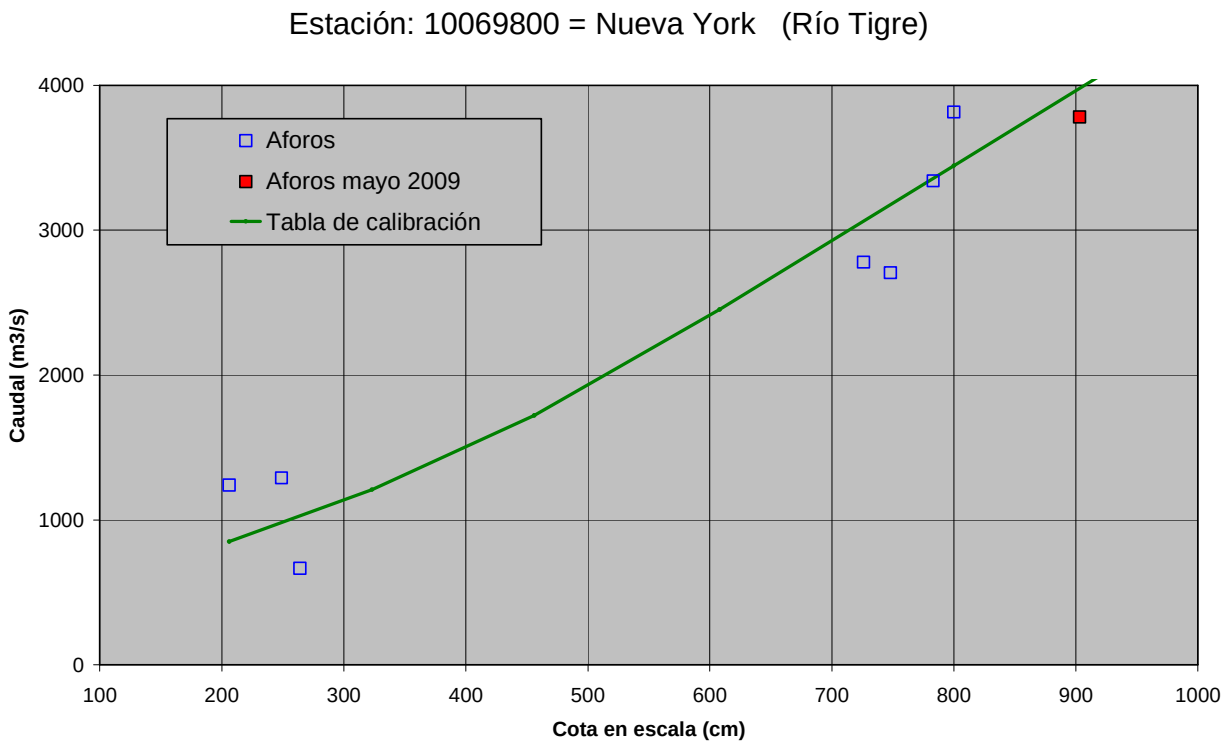



Figura 3.7 – Aforos de la comisión en la curva de descarga anterior.

El aforo realizado en Nueva York durante la comisión es el más alto en cota (H = 903 cm) pero no en caudal. La dispersión fuerte de la curva de descarga nos indica con mucha probabilidad que la estación de Nueva York está bajo la influencia del remanso del río Marañon. Si queremos calcular caudales en Nueva York, debemos encontrar una función de corrección de la curva de descarga en función del desnivel con San Regis.

En la estación de Nueva York, el método del desnivel normal implementado en Hydraccess funciona bastante bien, como se puede ver en la figura 3.8 a continuación. Se traza una curva alta que es la curva de descarga cuando la diferencia de nivel alcanza o sobrepasa 400 cm, y se hacen correcciones a los aforos cuando el desnivel es inferior a 400 cm. Podemos ver que después de hacer las correcciones, los aforos corregidos se ajustan casi todos a ésta curva alta. El único aforo que no se ajusta bien con el método es el aforo en fecha del 14/05/2007 13:15, H = 726 cm, Q = 2779 m3/s. Puede ser que para éste aforo, la cota en Nueva York o en San Regis sea equivocada.

La función de corrección que proporciona un coeficiente en función del desnivel observado al momento del aforo dividido por el desnivel normal (= 400) se presenta en la figura 3.9.

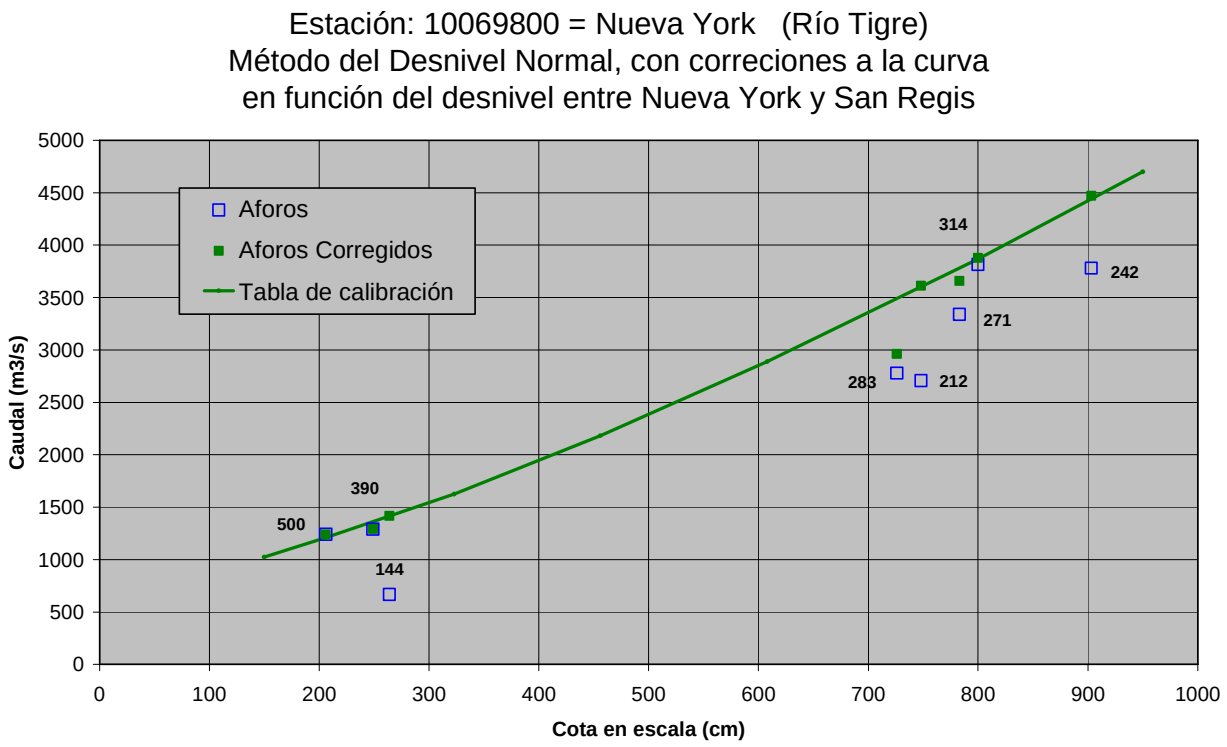



Figura 3.8 – Método del Desnivel Normal.

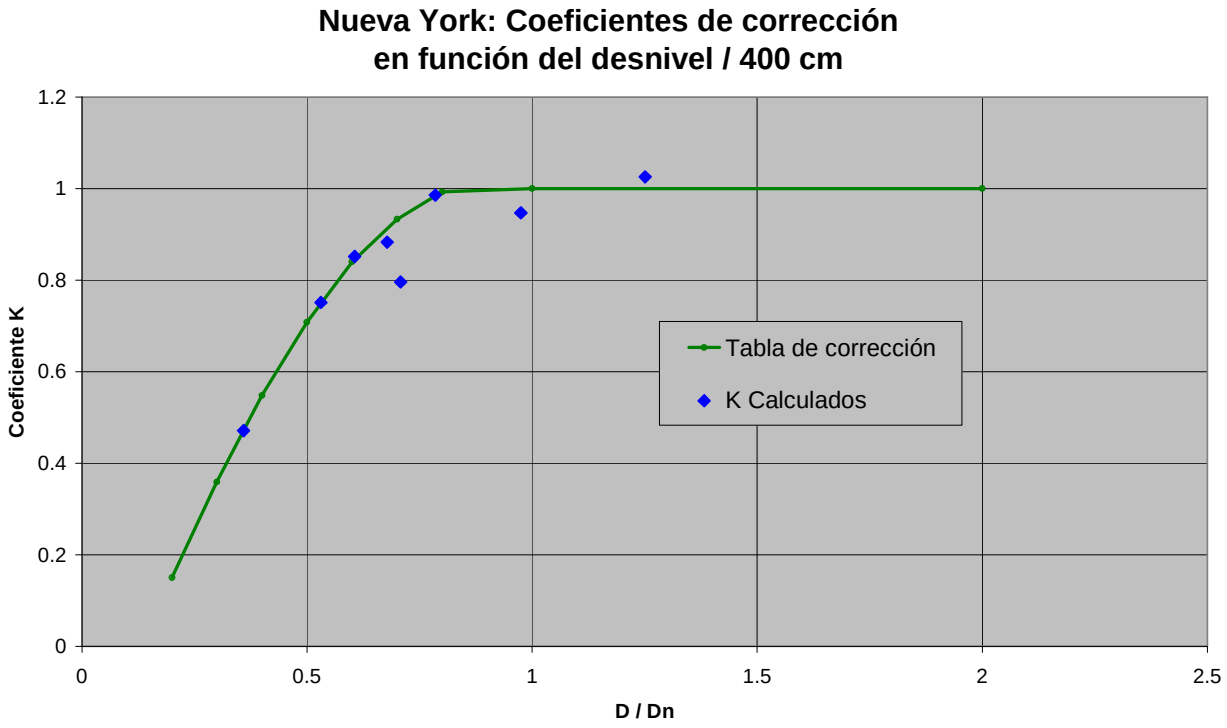



Figura 3.9 – Función de corrección del método Desnivel Normal.

## 3.5. – Bellavista (Napo)

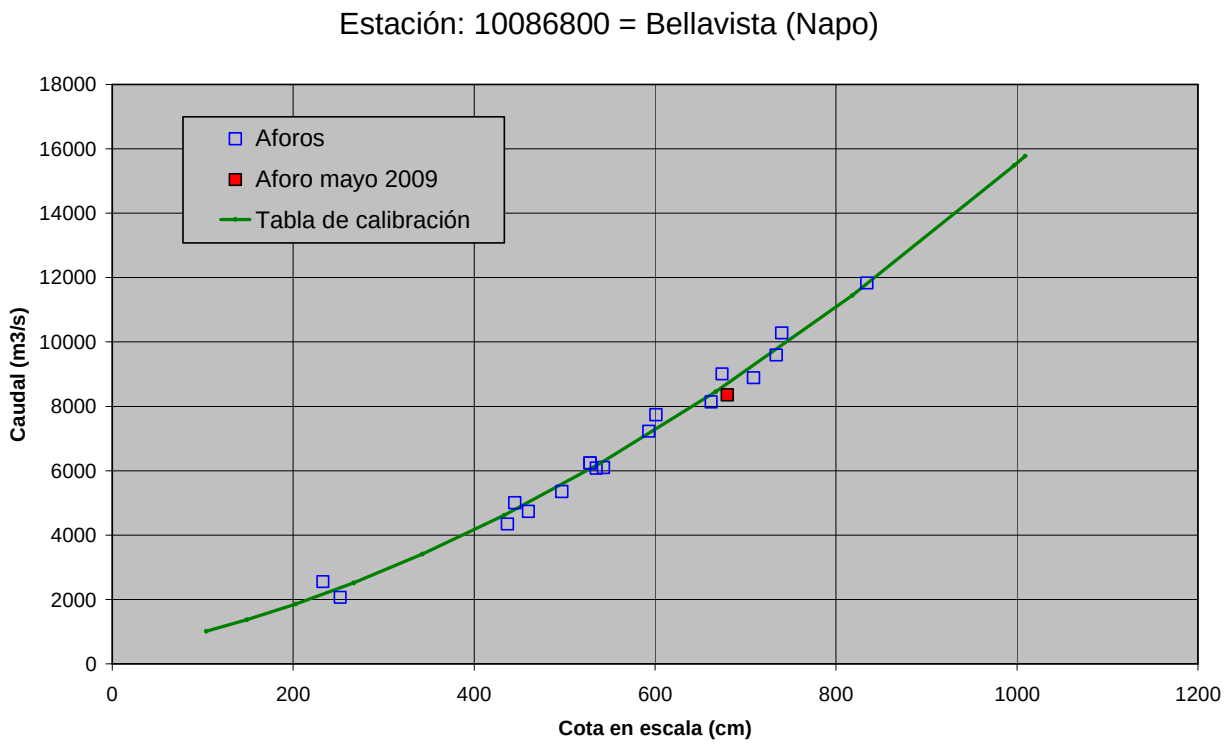



Figura 3.10 – Aforos de la comisión en la curva de descarga anterior.

El aforo de la comisión confirma la curva de descarga anterior, a pesar de estar un poco bajo.

## 4. RESULTADOS ALTIMÉTRICOS DE LA COMISIÓN

Este informe presenta resultados aún provisionales. Los resultados definitivos de la nivelación de las escalas estarán en el informe de Germinal GABALDA cuando se hayan terminado los procesamientos refinados.

La tabla a continuación presenta las altitudes de los hitos levantados con GPS diferencial durante la comisión. Las altitudes se establecieron tomando como base el punto SIRGAS del SHNA de Iquitos, cuya altitud nos proporcionó Hidrografía Naval con el geoide EGM 96.

Tabla 4.1 – Posiciones y altitudes de los hitos principales.

| Estación | Latitud (º ' ") | Longitud (º ' ") | Altitud (m.s.n.m.) |
|---|---|---|---|
| **Iquitos - SHNA** | **-3 44 05.364** | **-73 14 25.119** | **90.063** |
| Tamshiyacu | -4 00 12.882 | -73 09 39.976 | 98.909 |
| Nauta | -4 30 48.300 | -73 35 01.427 | 108.906 |
| San Regis | -4 30 46.271 | -73 54 21.449 | 102.425 |
| Nueva York | -4 19 14.154 | -74 17 42.368 | 98.498 |
| Requena | -5 02 29.684 | -73 50 23.907 | 102.985 |
| Bellavista | -3 28 59.663 | -73 04 23.897 | 98.89 |

La tabla siguiente indica los desniveles entre los hitos principales y las reglas más altas de las escalas, así como las altitudes de los ceros de las escalas. Cabe señalar que éstas altitudes se basan por el momento sobre las reglas más altas, y que será necesario nivelar todas las reglas de cada escala en aguas bajas, para comprobar si las reglas altas están bien niveladas con las demás reglas.

Tabla 4.2 – Desniveles entre los hitos principales y las escalas, y altitudes de los ceros

| Estación | Nivel regla (cm) | Desnivel Hito – Regla (m) | Altitud cero (m.s.n.m.) | Repet. 1 | Repet. 2 | Repet. 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tamshiyacu | 1000 | -7.632 | 81.277 | -7.632 | -7.633 | -7.629 |
| Nauta | 1200 | -14.637 | 82.269 | -14.637 | -14.638 | |
| San Regis | 1300 | -5.977 | 83.448 | -5.969 | -5.977 | -5.980 |
| Nueva York | 900 | -0.043 | 89.455 | -0.043 | | |
| Requena | 1200 | -4.331 | 86.654 | -4.329 | -4.333 | |
| Bellavista | 1000 | -6.570 | 82.32 | -6.570 | -6.569 | |

Insistimos de nuevo que éstos resultados son provisionales, basados en una altitud de 90.063 m.s.n.m. para el hito SIRGAS del SHNA de la fuerza naval, y tendrán que ser confirmados después de una nivelación cuidadosa de las escalas en cada estación.

Una vez entrados estos resultados en Hydraccess, podemos obtener los limnigramas de las estaciones en un mismo referencial de altitudes, como lo ilustra la figura 4.1 a continuación. Al tener niveles en un mismo sistema de altitudes, podemos calcular las pendientes de la línea de agua entre una estación y la otra. Podemos también evidenciar incoherencias, cuando por ejemplo en nivel de Nauta pasa por debajo del nivel en San Regis en el ejemplo de la figura 4.2.

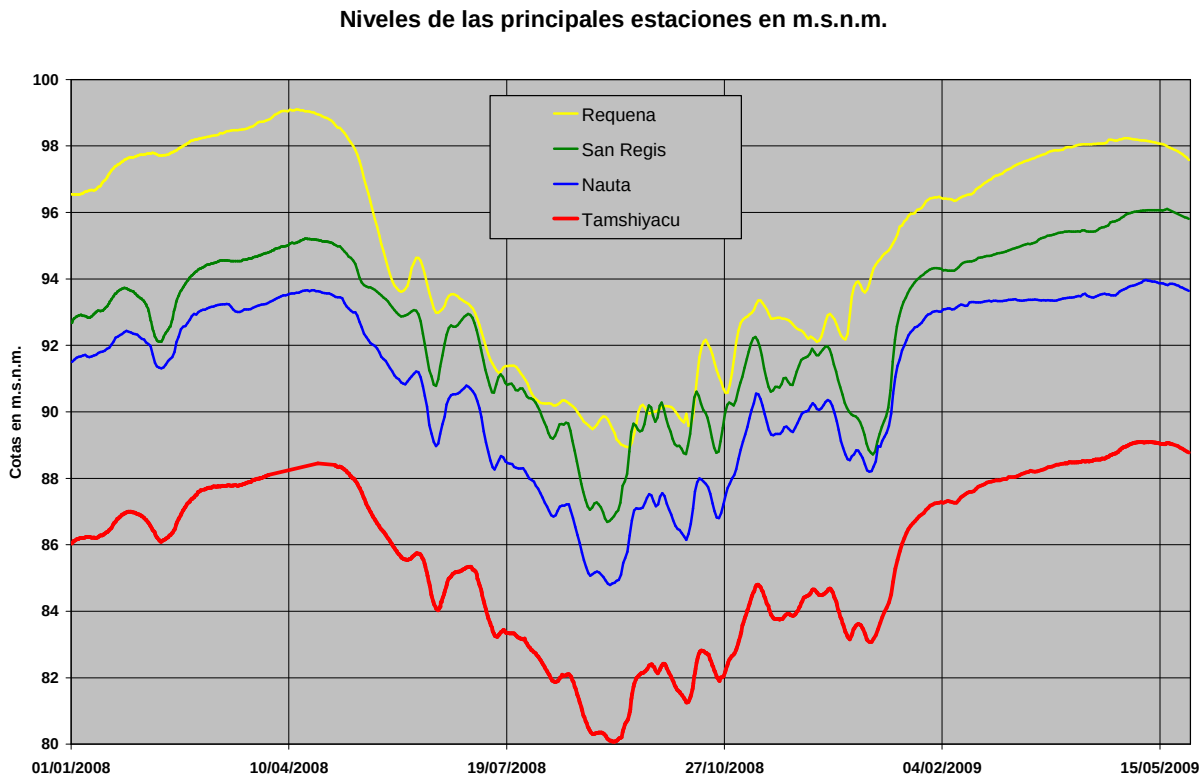



Figura 4.1 – Niveles de las estaciones en m.s.n.m.

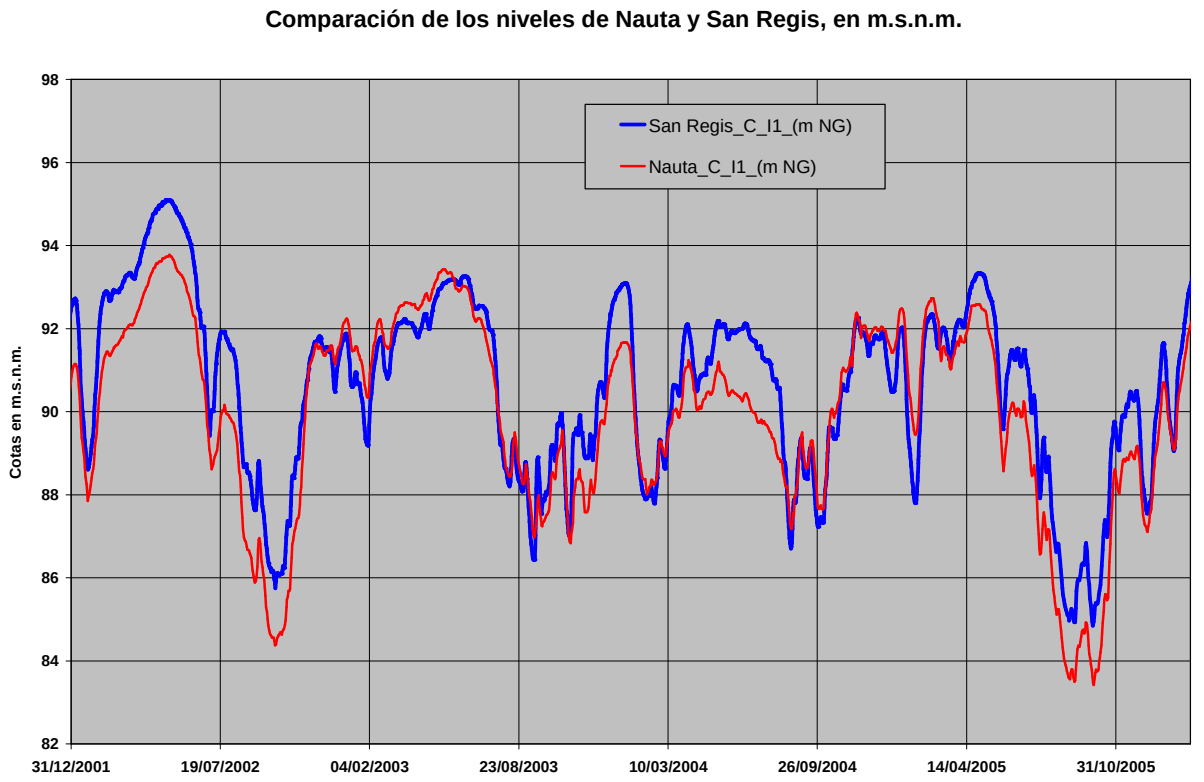



Figura 4.2 – Incoherencias en los niveles de Nauta – San Regis.
El nivel de Nauta pasa frecuentemente arriba del nivel de San Regis, lo que es imposible y traduce probablemente una mala calidad de lectura en Nauta.

## INFORMACIONES PRÁCTICAS

Agrupamos en ésta parte algunos datos que pueden facilitar las comisiones ulteriores.

La comisión ha costado un total de más de 10 000 US$, incluyendo los transportes aéreos, alquiler de chalupas, combustible, compra de baterías, comida y hospedaje.

### Iquitos

Hotel Coral Inn, 75 Soles por noche con aire acondicionado.

Alquiler de chalupas:

Alquiler de barco grande:

Motorista: Angel Michel VALLES, cel:

SENAMHI Iquitos: 065 60 07 75, 60 07 76

Director: Ing. Marco PAREDES RIVERON, cel: 065 965 65 66 45

Ténicos: Noemi GORDON y Brenda, encargadas de recolectar las lecturas diarias.

## CONCLUSIONES

La comisión de mayo del 2009 en la zona de Iquitos ha logrado conseguir sus objetivos principales, con mediciones de caudal en un contexto de crecida fuerte, y la nivelación de hitos en las principales estaciones con GPS diferencial.

Las mediciones realizadas, y las que se va a seguir obteniendo con el trabajo de la practicante de maestría Camille CONTOUX hasta el fin de Junio, deben ayudar a aclarar las curvas de calibración de las estaciones de Nueva York, San Regis y Requena, donde se observa una fuerte dispersión de los aforos.

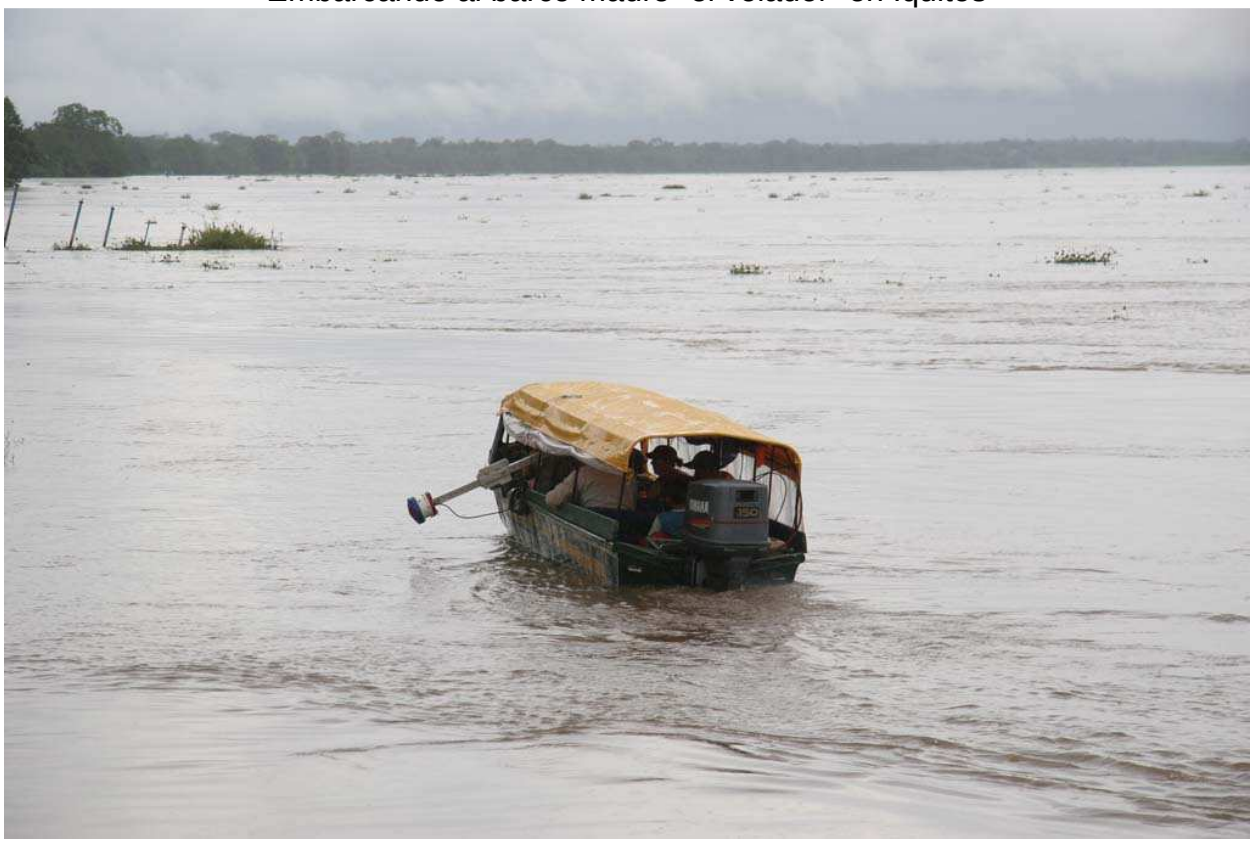
Lima, 3 de Junio del 2009

Philippe Vauchel
Hidrólogo IRD

Pascal Fraizy
Hidrólogo IRD

# Anexo Fotos

Embarcando al barco madre “el volador” en Iquitos



Chalupa para medición de caudal, en Tamshiyacu

Iquitos: Hito SIRGAS en el SHNA

Iquitos: SHNA

Tamshiyacu: Hito en principal en estación meteo

Tamshiyacu : Hito auxiliar en la plaza

Tamshiyacu : Nivelación desnivel hito - escalas

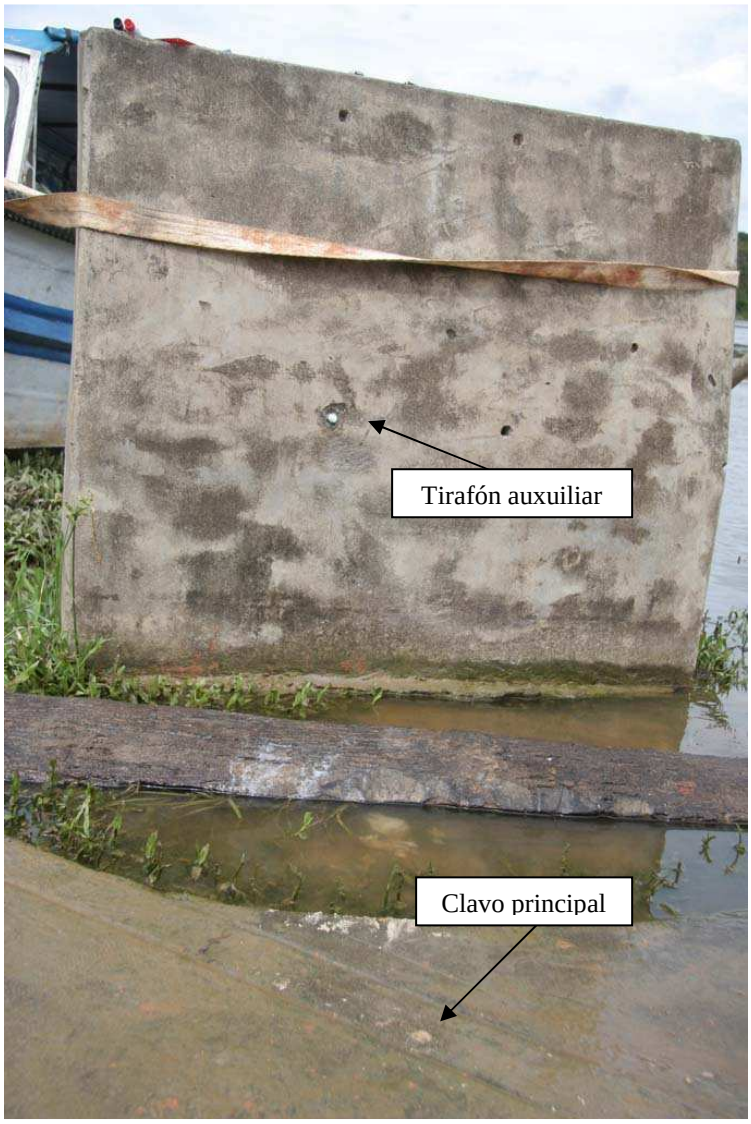
San Regis: Hito principal en la plaza

San Regis: Detalle del hito principal (clavo)

San Regis: Detalle del hito principal (clavo)

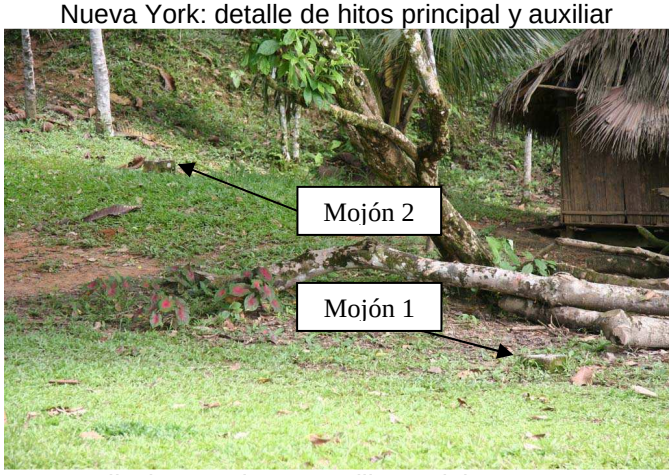
Nueva York: Hito principal en esquina de la plaza

Nueva York: Escala 800 – 900 cm




Nueva York: detalle de hitos principal y auxiliar

Bellavista: Hito principal en claro de bosque




Bellavista: Mojones auxiliares del SENAMHI