

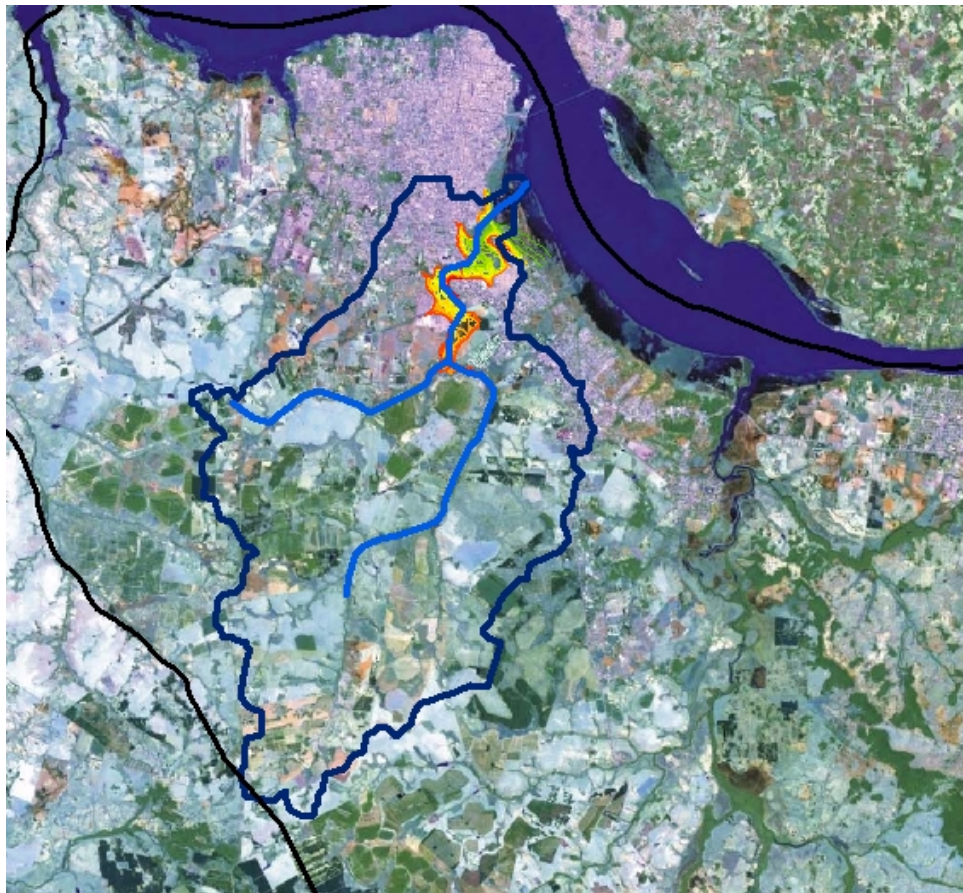


**INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA**  
SUBSECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS  
SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS  
REPÚBLICA ARGENTINA



ESTUDIO HIDROLÓGICO-HIDRÁULICO DE LOS  
SUBEMBALSES DE YACYRETÁ

# BASE DE DATOS DEL ARROYO ZAIMÁN



*Proyecto LHA 287*  
*Informe LHA 01-287-07*  
Ezeiza, Setiembre de 2007

**LABORATORIO DE HIDRÁULICA**

**AUTORIDADES DEL INA**

**PRESIDENTE:**

Dr. Raúl A. LOPARDO

**GERENTE DE PROGRAMAS Y PROYECTOS:**

Ing. Jorge A. MAZA

**DIRECTOR DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA:**

Ing. Julio C. DE LÍO

**JEFE DEL PROGRAMA DE HIDRÁULICA COMPUTACIONAL:**

Dr. Ángel N. MENÉNDEZ

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

Dr. Ángel N. MENÉNDEZ

**EQUIPO DE TRABAJO**

Ing. Alejo SARUBBI

Ing. Mag. Mariano RE

Sr. Emilio A. LECERTÚA

Sr. Martín SABAROTS GERBEC

**INFORME PRODUCIDO POR**

Ing. Alejo SARUBBI, Dr. Ángel N. MENÉNDEZ, Ing. Mag. Mariano RE

**Colaboración de**

Ing. Marcelo CARDINALI, Ing. Mauricio PERAYRE (EBY)

## **BASE DE DATOS DEL ARROYO ZAIMÁN**

### **RESUMEN**

Se presenta una descripción de la información recopilada para ser utilizada en la implementación del modelo hidrológico-hidráulico del arroyo Zaimán, la mayor parte de la cual fue provista por la Entidad Binacional Yacyretá (EBY). Se efectúan análisis de compatibilidad. Se establecen criterios de selección de información redundante. Se presenta la descripción de los datos obtenidos durante dos campañas de reconocimiento efectuadas especialmente para este estudio.

**DESCRIPTORES TEMÁTICOS:** Base de datos, modelación hidrológica-hidráulica.

**DESCRIPTORES INSTITUCIONALES:** Entidad Binacional Yacyretá.

## BASE DE DATOS DEL ARROYO ZAIMÁN

### ÍNDICE

<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2 DESCRIPCIÓN DE DATOS</b> .....	2
<b>2.1 DATOS TOPOGRÁFICOS</b> .....	3
2.1.1 Curvas de Nivel.....	3
2.1.2 Puntos Acotados.....	5
2.1.3 Secciones Transversales .....	6
<b>2.2 DATOS HIDROLÓGICOS</b> .....	8
2.2.1 Cuencas.....	8
2.2.2 Precipitaciones .....	9
2.2.3 Temperatura .....	17
2.2.4 Niveles de Agua.....	17
2.2.5 Caudales .....	18
2.2.6 Informes.....	19
2.2.7 Otros .....	20
<b>2.3 DATOS DE INFRAESTRUCTURA</b> .....	21
<b>2.4 OTROS DATOS</b> .....	22
<b>3 CAMPAÑAS DE RECONOCIMIENTO</b> .....	23
<b>3.1 PRIMERA CAMPAÑA</b> .....	23
<b>3.2 SEGUNDA CAMPAÑA</b> .....	35

## **1 INTRODUCCIÓN**

La Entidad Binacional Yacyretá (EBY) ha encomendado al INA la ejecución de estudios para desarrollar una metodología que permita determinar el comportamiento hidrológico-hidráulico de dos de los principales arroyos asociados a subembalses urbanos del embalse de Yacyretá, a saber, el Zaimán (margen argentina) y el Mboi Caé (margen paraguaya) bajo distintos escenarios hidrometeorológicos.

La metodología consiste en la implementación de sendos modelos matemáticos hidrológico-hidráulicos, bajo el paradigma de la simulación continua en el tiempo (en lugar de la modelación de eventos).

En este Informe se describe la base de datos construida para el A° Zaimán, de modo de disponer de la información necesaria para la implementación del correspondiente modelo hidrológico-hidráulico.

## 2 DESCRIPCIÓN DE DATOS

Los datos recopilados están organizados en cuatro secciones:

### I. **Datos Topográficos**

- Ia) Curvas de Nivel
- Ib) Puntos Acotados
- Ic) Secciones Transversales

### II. **Datos Hidrológicos**

- IIa) Cuencas
- IIb) Precipitaciones
- IIc) Temperatura
- IId) Niveles de Agua
- IIE) Caudales
- IIf) Informes
- IIg) Otros

### III. **Datos de Infraestructura**

### IV. **Otros Datos**

En lo que sigue se describen cada uno de ellos. Todos estos datos han sido volcados en un SIG (Sistema de Información Geográfica).

## 2.1 DATOS TOPOGRÁFICOS

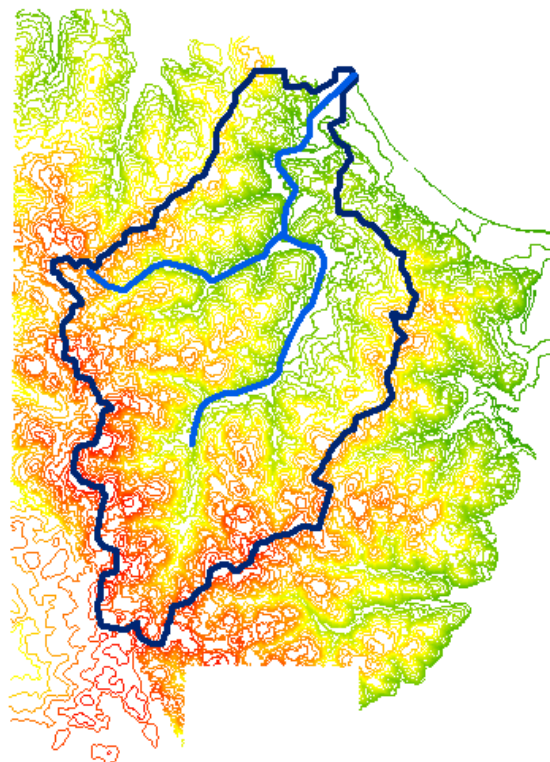
A continuación se indican los tipos de datos topográficos disponibles.

### 2.1.1 Curvas de Nivel

- Curvas de nivel IGM de la cuenca del arroyo Zaimán, en coordenadas GK Faja 7 (Figura 2.1).

*Fuente: Consultora Lotti y Associati*

*Nombre del archivo: Carta\_curvas\_GK\_F7\_CI.dxf*

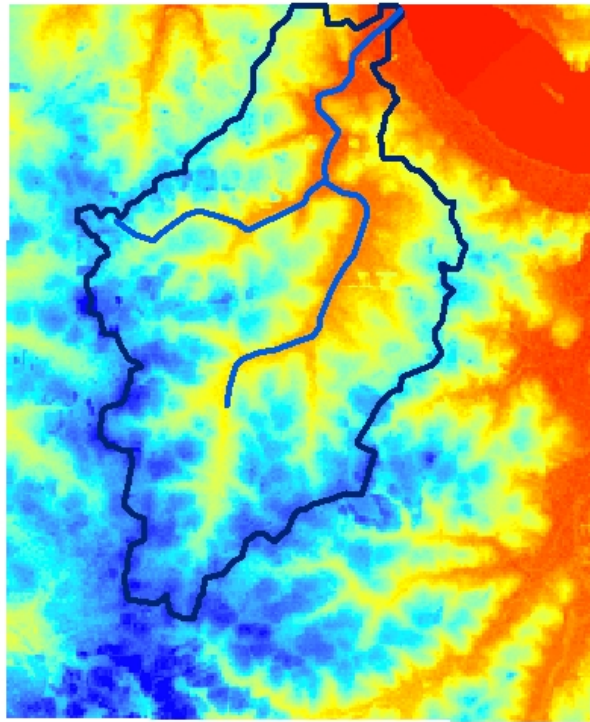


**Figura 2.1:** Curvas de nivel IGM de la cuenca del arroyo Zaimán

- Modelo digital del terreno (MDT) de la cuenca del arroyo Zaimán (resolución de 90 m). Datos de la misión SRTM de la NASA (Figura 2.2).

*Fuente: Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) [<http://seamless.usgs.gov/>]*

*Nombre del archivo: 30735526.zip*



**Figura 2.2:** Modelo digital del terreno de la cuenca del arroyo Zaimán (misión SRTM)

- Curvas de nivel de los subembalses sobre el arroyo Zaimán para distintos niveles del embalse (en coordenadas GK Faja 6).

*Fuente: Consultora Lotti y Associati*

*Nombre del archivo: Lotti\_curvas\_GK\_F6\_CI.dxf*

- Zona de afectación de la cuenca del arroyo Zaimán para cota de embalse 83 m, en coordenadas GK Faja 6.

*Fuente: Consultora Lotti y Associati*

*Nombre del archivo: Lotti\_cota\_restitucion\_GK\_F6\_CI.dxf*

- Curvas de nivel de los subembalses sobre el arroyo Zaimán para distintos niveles del embalse (Figura 2.3).

*Fuente: No especificada*

*Nombre del archivo: ribera zaiman.dwg*



**Figura 2.3:** Curva de nivel del subembalse sobre el arroyo Zaimán para cota 83

Dada la compatibilidad verificada entre las curvas de nivel del IGM y las resultantes del MDT del SRTM (luego de ajustar la altura absoluta de este último), se utilizarán las curvas del MDT del SRTM para generar la delimitación de cuenca y subcuencas del arroyo Zaimán y los datos topográficos de entrada del modelo hidrológico, dada su mayor resolución.

Las curvas de nivel de detalle de los subembalses provenientes de las tres fuentes (IGM, MDT del SRTM y Consultora Lotti y Associati) han resultado compatibles entre sí. En consecuencia, se utilizarán las curvas de nivel de la Consultora Lotti y Associati para generar los mapas de riesgo de inundación en la cuenca baja, dado que ellas tienen mayor resolución y precisión que las del IGM y el MDT del SRTM. En la cuenca alta, para este propósito se usarán los datos del MDT del SRTM, dada su mayor resolución.

### 2.1.2 Puntos Acotados

- Subembalses sobre el arroyo Zaimán para distintos niveles del embalse (en coordenadas GK Faja 6).

*Fuente: Consultora Lotti y Associati*

*Nombre del archivo: Lotti\_puntos\_GK\_F6\_CI.dxf*

- Subembalses sobre el arroyo Zaimán para distintos niveles del embalse.

*Fuente: No especificada*

*Nombre del archivo: Nube de Puntos Espaciales r2.dwg*

- Subembalses sobre el arroyo Zaimán para distintos niveles del embalse.

*Fuente: No especificada*

*Nombre del archivo: Puntos\_zaiman.dwg*

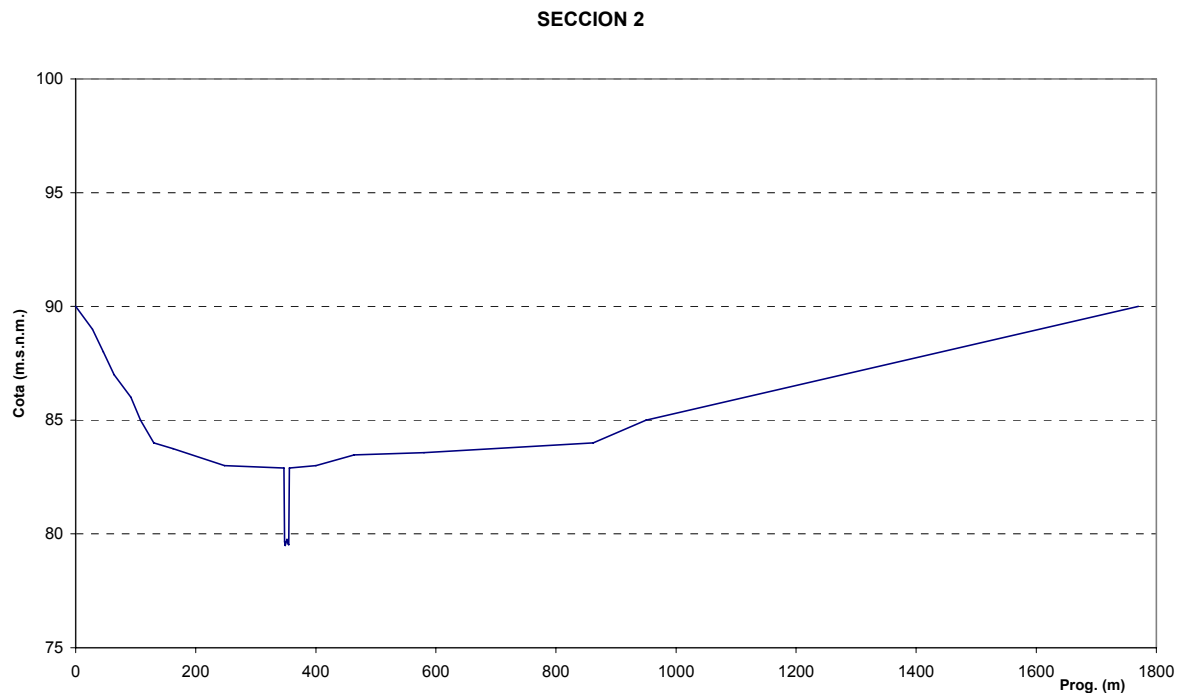
Estos datos dispersos, fuente de las curvas de nivel presentadas más arriba, pueden resultar de utilidad en caso de querer efectuarse un análisis local de mayor precisión en el entorno de alguno de ellos.

### 2.1.3 Secciones Transversales

- Detalle de 16 secciones transversales sobre el arroyo Zaimán, incluyendo los gráficos de dichos perfiles (la Figura 2.4 muestra, a título ilustrativo, la segunda sección).

*Fuente: No especificada. Es probable que la misma sea PB (Parsons Brinckerhoff International)*

*Nombre del archivo: PERF\_ZAIMAN\_Nuevo\_.xls*



**Figura 2.4:** Sección transversal número 2 sobre el arroyo Zaimán

- Croquis de ubicación de las 16 secciones anteriores tomadas sobre el arroyo Zaimán (Figura 2.5).

*Fuente: PB (Parsons Brinckerhoff International)*

*Nombre del archivo: ZaimanHidrod\_nuevo\_.dwg*



*Figura 2.5: Ubicación de las 16 secciones transversales sobre el arroyo Zaimán*

- Listado de 29 secciones transversales sobre los arroyos Zaimán, Estepa y Divisa (21 secciones sobre el arroyo Zaimán, 6 sobre el Estepa y 2 sobre el Divisa). Las secciones sobre el arroyo Zaimán no se corresponden con las 16 secciones de PB (Parsons Brinckerhoff International).

*Fuente: Consultora Lotti y Associati*

*Nombre del archivo: Secciones.gif*

- Plano de las secciones sobre el arroyo Divisa y algunas de las secciones sobre el arroyo Zaimán (incluye croquis de ubicación y los gráficos de dichos perfiles). Estas secciones se corresponden con las del punto anterior.

*Fuente: Consultora Lotti y Associati*

*Nombre del archivo: LAM6-7ZAIMANDIVISA15-03-2000.dwg*

Las 16 secciones disponibles se consideran suficientes para representar el tramo inferior del A° Zaimán. Respecto del A° Divisa, las 2 secciones disponibles también se consideran suficientes como para representarlo. No se dispuso de datos antecedentes sobre secciones transversales del tramo superior del Zaimán y del resto de los principales afluentes (Estepa, Lapacho, Pelado y otros). Se efectuaron campañas de reconocimiento para estimar algunas de ellas (ver capítulo 3). El resto de las secciones serán inferidas a partir de las correspondientes a los otros tramos.

## 2.2 DATOS HIDROLÓGICOS

A continuación se indican los tipos de datos hidrológicos disponibles.

### 2.2.1 Cuencas

- Cuencas de arroyos sobre margen izquierda (lado argentino) y margen derecha (lado paraguayo): identificación y áreas.

*Fuente: EBY*

*Nombre del archivo: Subcuencas.doc*

- Subcuencas del arroyo Zaimán: identificación, áreas, y longitudes.

*Fuente: IATASA y Consultora Electromon S.A.*

*Nombre del archivo: Zaiman v2000.dwg*

- Plano de cuencas de arroyos sobre margen izquierda (lado argentino).

*Fuente: HARZA y Consorciados (CIDY)*

*Nombre del archivo: Cuencas sobre lado argentino.tif*

- Cuenca general y subcuencas asociadas del arroyo Zaimán obtenidas a partir de los datos del MDT del SRTM (Figura 2.6).



**Figura 2.6:** Subcuencas del arroyo Zaimán obtenidas a partir de los datos del SRTM

Las cuencas y subcuencas generadas a partir de los datos del MDT del SRTM resultaron compatibles con las informados en estudios previos (citados más abajo), razón por la cual las primeras serán las utilizadas en la implementación del modelo, dada su mayor precisión.

### 2.2.2 Precipitaciones

- Registros de lluvia diaria en la Estación Meteorológica Ituzaingó para el período 01/01/01 - 31/12/02 (**serie P1**).

*Fuente: Servicio Meteorológico Nacional (SMN)*

*Nombre del archivo: Datos Meteorológicos - Precipitaciones.xls*

- Registros de lluvia cada 3 horas en la Estación INTA Zaimán para el período 30/09/05 - 30/05/07 (Figura 2.7) (**serie P2**).

*Fuente: EBY (datos obtenidos con el pluviógrafo de la EBY)*

*Nombre del archivo: Datos Meteorológicos - Precipitaciones.xls*

- Lluvias diarias en la Estación INTA Zaimán para el período 01/01/68 - 31/03/07 (**serie P3**). Existe una fuente homogénea de información (“LLUVIAZ.TXT”) que corresponde al período 1968-1995, y a esta se le agregan dos períodos más 1996-1998 y 2002-2003 dejando un bache de datos para el período 1999-2001. La Figura 2.7 muestra parte de esta serie.

*Fuente: INTA*

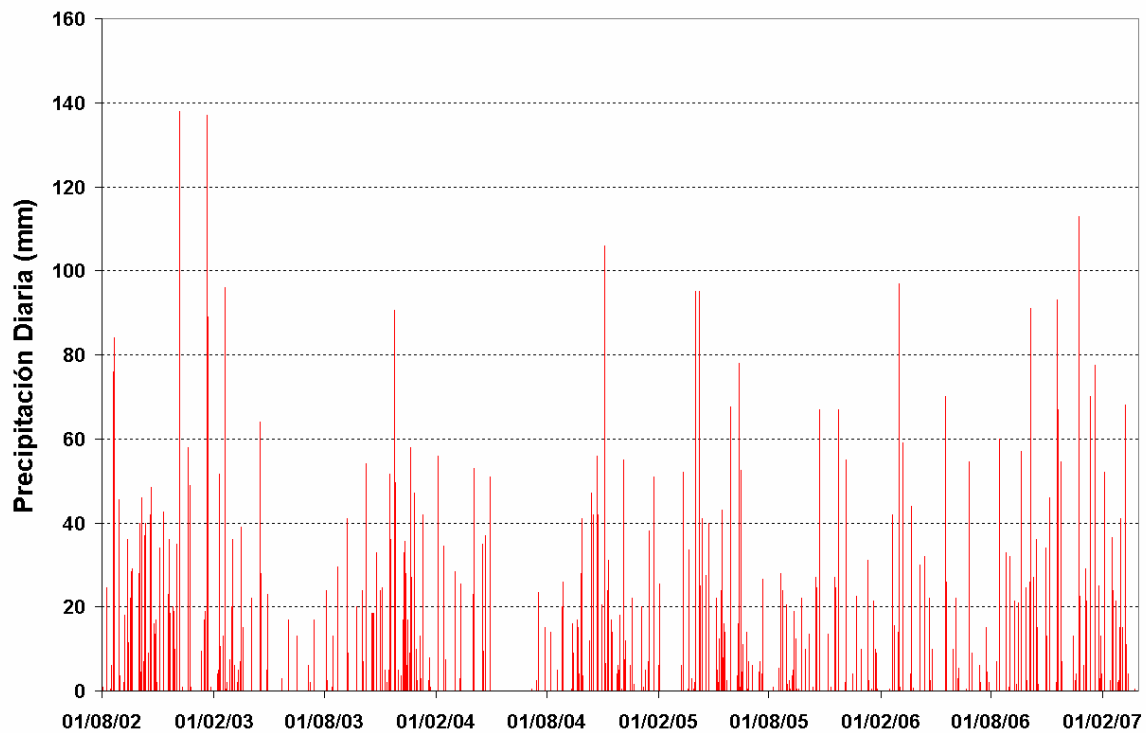
*Nombre de los archivos:*

*LLUVIAZ.TXT*

*lluvia\_DIARIA\_zaiman.xls*

*LLUVIA\_POS - Precipitaciones.xls*

*Datos Meteorológicos - Precipitaciones.xls*



**Figura 2.7:** Precipitaciones diarias en Posadas (INTA) para el período 01/08/02 - 31/03/07

- Lluvias diarias en Encarnación para los períodos 1938-1989 y 1997-1999 (**serie P4**). En el caso del primer período, los datos se presentan en una tabla que posee los siguientes campos: estación, año, mes, día, precipitación, hora inicio, hora fin y duración. En cuanto al segundo, esta información viene dada junto a valores de temperatura (máxima, media y mínima, humedad relativa e insolación).

*Fuente: DMH-DINAC (Dirección de Meteorología e Hidrología - Dirección Nacional de Aeronáutica Civil)*

*Nombre de los archivos:*

*Datos de lluvia de Encarnación y Posadas.DBF*

*DatDiaEncarnacion.xls*

- Lluvias diarias en Posadas (*Aeropuerto*) para el período 01/01/99-01/01/04 (**serie P5**).

*Fuente: Servicio Meteorológico Nacional*

*Nombre del archivo:*

*Posadas\_AERO\_prec.xls*

- Curvas IDF para 5, 10, 25 y 50 años de recurrencia. Los períodos de análisis de los cuales fueron inferidas son los siguientes: 1951-1972 para el estudio del CIDY, 1971-1985 para el estudio de la COMIP (Litwin-Franco) y 1971-1985 y 1994-1997 para el estudio de C. Lotti.

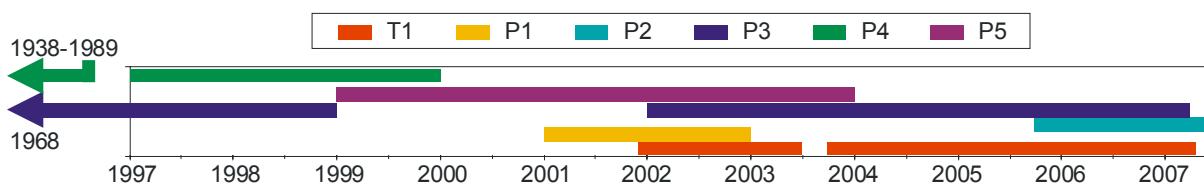
*Fuente: Varios EBY (C. Lotti, CIDY, PBInc. y Litwin-Franco)*

*Nombre de los archivos:*

*IDF\_Recopilaci\_n\_Ayala.xls*

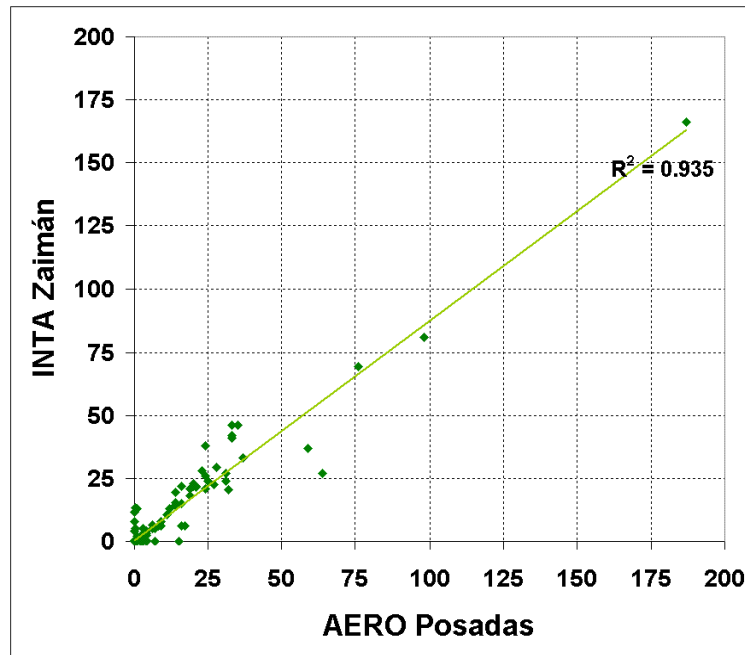
*Curvas IDF Posadas Aero\_Encarnación.xls*

En la Figura 2.8 se resumen los períodos de registro asociados a las distintas series.

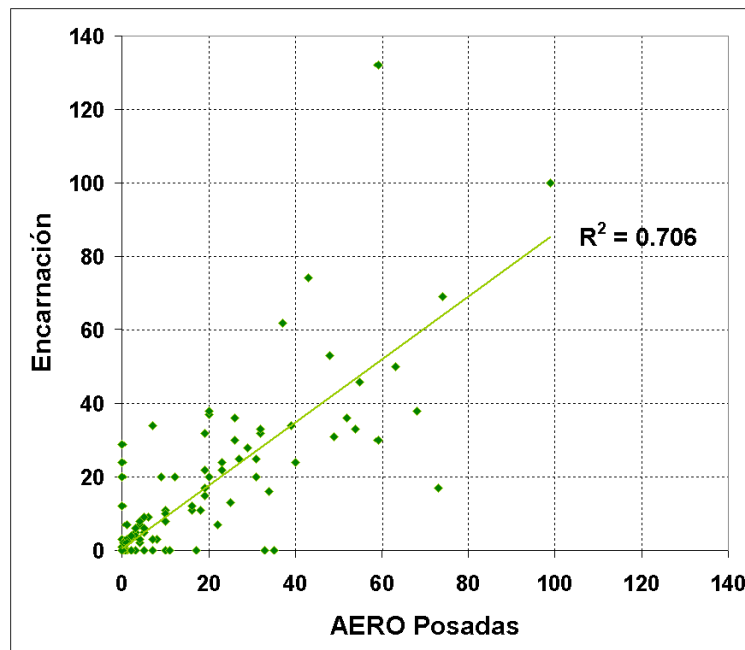


**Figura 2.8:** Período de datos de las series disponibles

La elección de la serie de precipitaciones, que actúan como forzantes del sistema a modelar, tiene que ver con la consistencia de su comportamiento comparativo en la región. En cuanto a su utilización en la modelación hidrológica, la serie en Ituzaingó no será considerada, ya que se encuentra relativamente alejada de la zona de estudio. Al correlacionar los datos del período Ene2002-Dic2003 de las series INTA Zaimán y AERO Posadas (Figura 2.9) se observa un muy buen acuerdo, verificándose que la metodología de asignación del día de la medición es la misma para ambas. También se estudió la consistencia de las series Encarnación y AERO Posadas para el período Ene1999-Dic1999 (Figura 2.10). En este caso se detectó que la asignación de días es distinta para ambas series. Por lo tanto, para que exista buena correlación, se debe atrasar la serie Encarnación (por ej., el dato del 1/ene pasa al 2/ene).



**Figura 2.9:** Correlación POSADAS Aeropuerto – INTA Zaimán



**Figura 2.10:** Correlación POSADAS Aeropuerto - Encarnación

Al estudiar las series INTA Zaimán y Encarnación, durante el período Ene1968-Dic1989, a priori no se evidenció consistencia entre las mismas. Por lo tanto, se procedió a un análisis más detallado. Tanto los volúmenes de precipitación de largo plazo (Figura 2.11) como la estacionalidad (Figura 2.12) muestran alta compatibilidad.

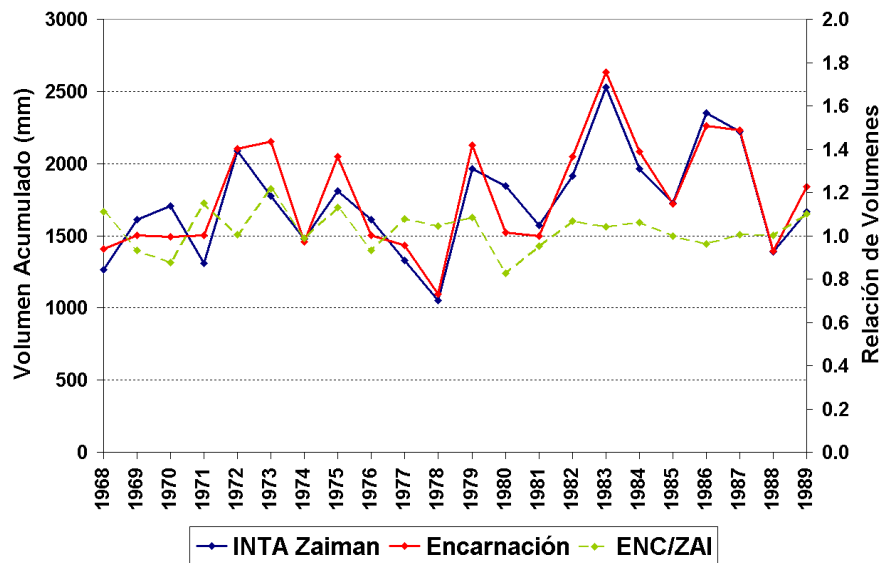


Figura 2.11: Volúmenes acumulados (INTA Zaimán – Encarnación)

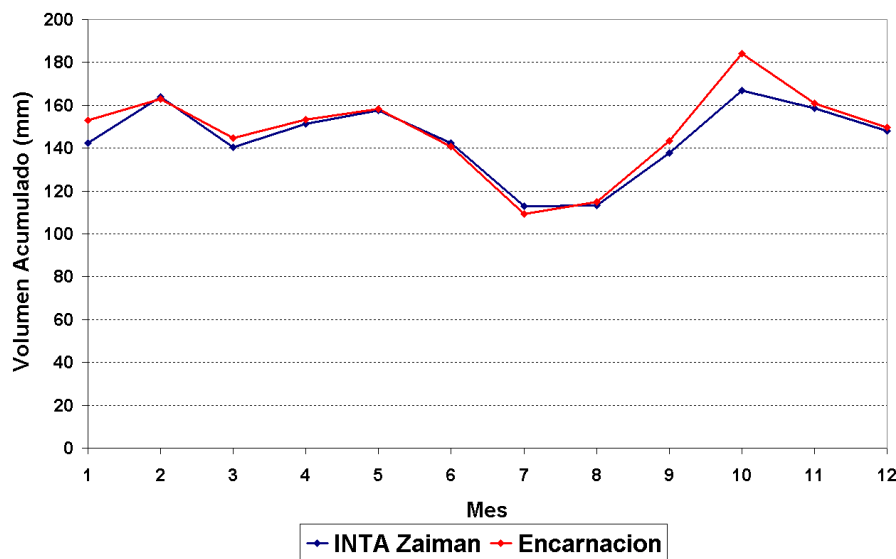


Figura 2.12: Estacionalidad (Volúmenes INTA Zaimán – Encarnación)

Dado que los problemas de los registros podrían estar en la secuencia de fechas, se analizaron los eventos de larga duración. Se eligieron dos eventos, uno extremo de Abril/Mayo de 1983 (en estos casos los volúmenes tienden a ser parecidos, como se observa en la Figura 2.13) y otro normal de Marzo/Abril de 1969 (en este tipo de eventos pueden observarse cierta variabilidad, pero los días con mucha precipitación tienden a ser iguales, Figura 2.14). En ambos casos se nota un desfase de 1 día en la asignación de fechas de medición, lo mismo que fue observado en la comparación AERO Posadas vs. Encarnación.

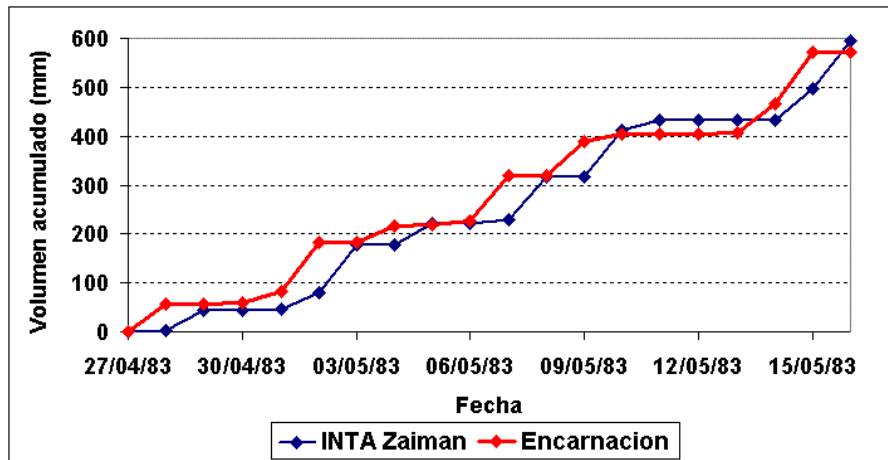


Figura 2.13: Tormenta Abril-Mayo 1983

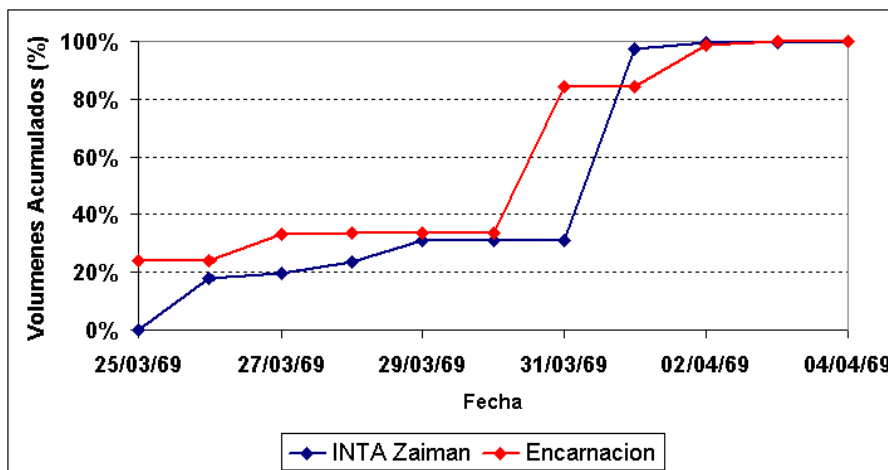


Figura 2.14: Tormenta Marzo-Abril 1969

La comparación durante el período 1997-1998 de estas mismas dos series, no arrojó resultados similares. Se especula, a partir de diferencias de formato en la fuente, con la existencia de alguna inconsistencia en esos datos.

También, los datos de la estación INTA Zaimán del período 30/9/2005 - 31/3/2007 fueron comparados con los registrados del pluviógrafo de la EBY (estos últimos presentan una serie de faltantes: 11-21/Jun/2006, 18-22/Sep/2006, 27-29/Sep/2006, 8-10/Dic/2006 y 17-18/Feb/2007). Ambos instrumentos de medición se encuentran en el mismo predio. A pesar de algunas diferencias se observa una muy buena correlación entre ambas series, tal como surge de las Figuras 2.15, 2.16 y 2.17.

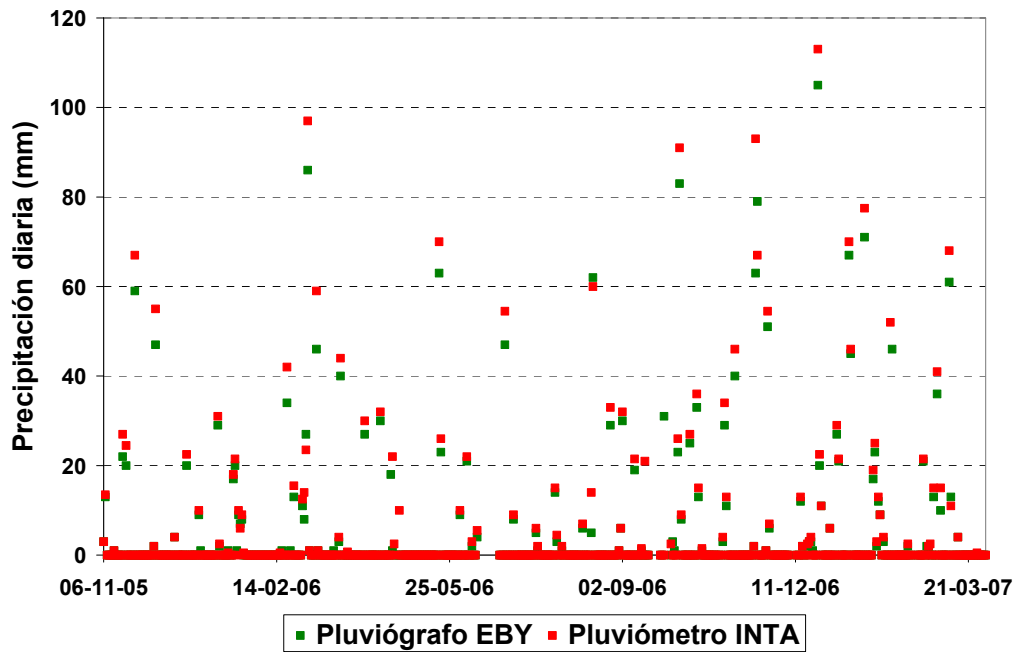


Figura 2.15: Comparación Pluviógrafo EBY vs. Pluviómetro INTA

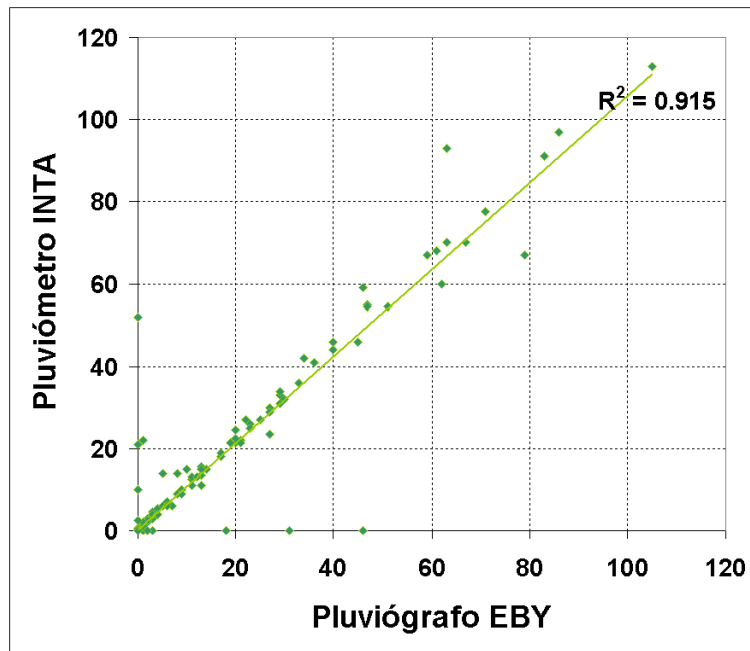
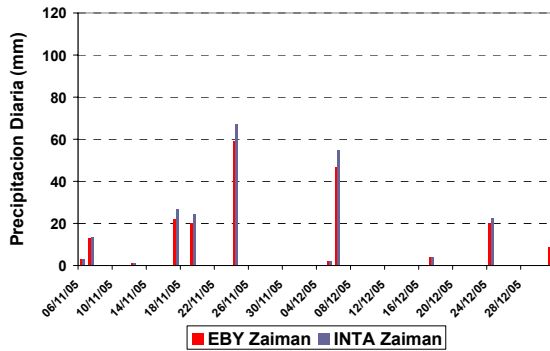
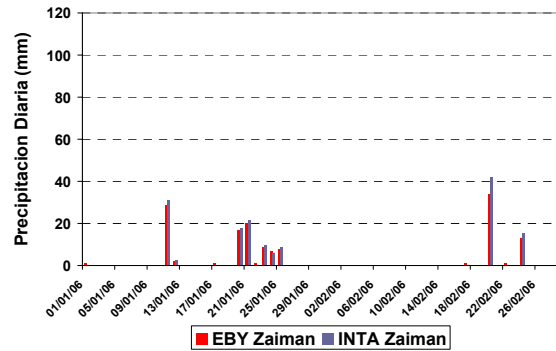


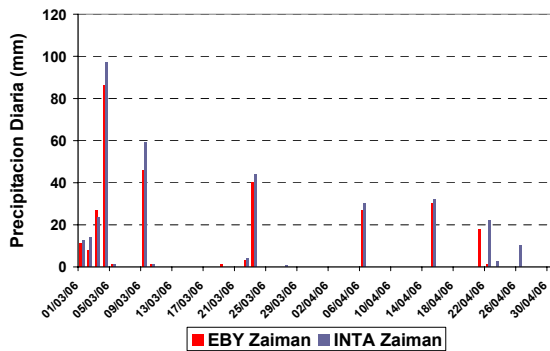
Figura 2.16: Correlación Pluviómetro INTA - Pluviógrafo EBY



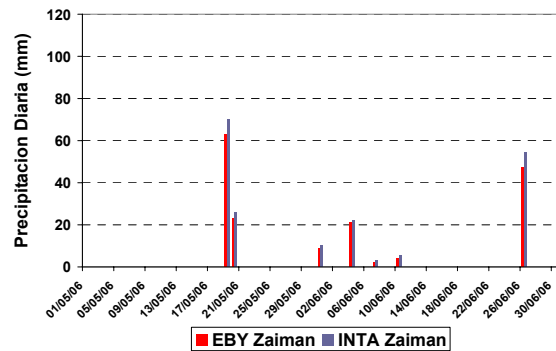
a) Nov 2005 – Dic 2005



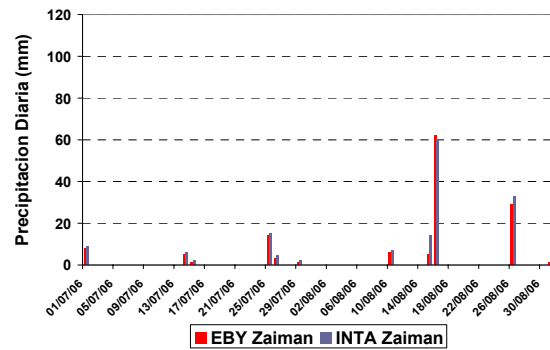
b) Ene 2006 – Feb 2006



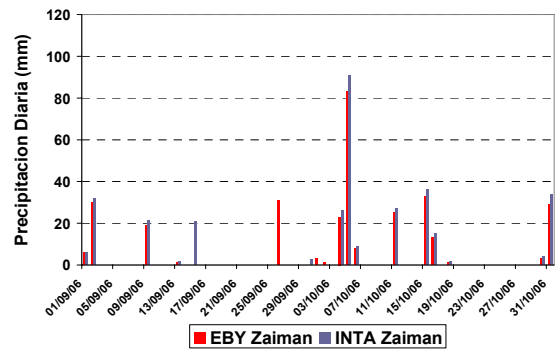
c) Mar 2006 – Abr 2006



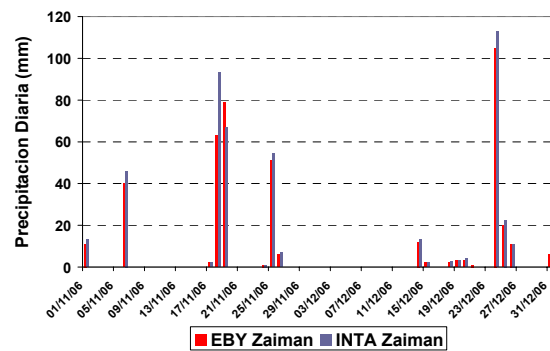
d) May 2006 – Jun 2006



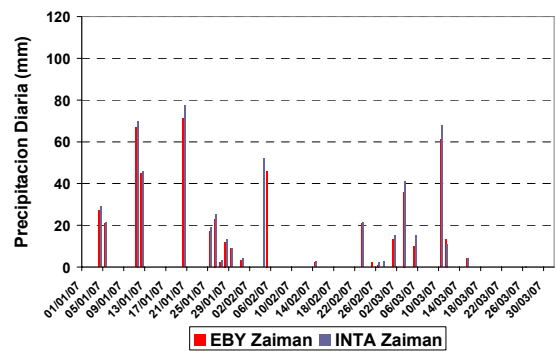
e) Jul 2006 – Ago 2006



b) Sep 2006 – Oct 2006



a) Nov 2006 – Dic 2006



b) Ene 2006 – Mar 2006

Figura 2.17: Comparaciones Pluviómetro INTA vs. Pluviógrafo EB Y

A partir de las buenas correlaciones observadas para el período 2002-2003 (INTA Zaimán y AERO Posadas), 1968-1989 (INTA Zaimán y Encarnación) y 1999 (AERO Posadas y Encarnación), se concluye lo siguiente:

- Se selecciona como serie de corta duración para la simulación hidrológica continua la del INTA Zaimán del período 2004-2006, para el que se cuenta con una serie de temperaturas (ver más abajo).
- Para el armado de una serie de larga duración resulta necesario completar hasta la actualidad la serie de Encarnación, ó bien obtener los valores corregidos del período 1996-1998 de la serie INTA Zaimán.

Por otro lado, se analizó la existencia de tendencias en la precipitación, ya sea en intensidad como en frecuencia. Se construyó una serie extendida completando la serie del INTA con los datos de Posadas para los años 1999, 2000 y 2001. A continuación se presentan los gráficos de máximos anuales (Figura 2.18) y frecuencias de ocurrencia (Figura 2.19), no observándose, en principio, la presencia de tendencias.

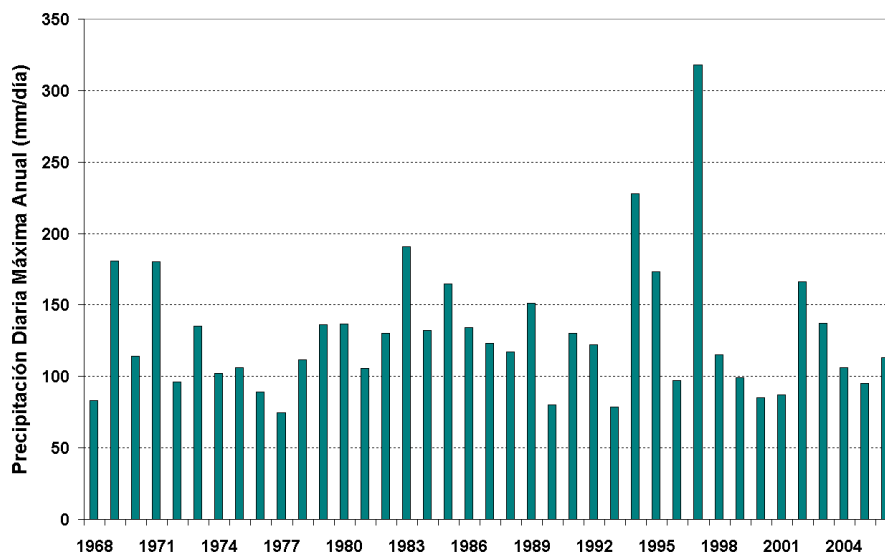


Figura 2.18: Máximos anuales de la serie del INTA completada con los datos en Posadas

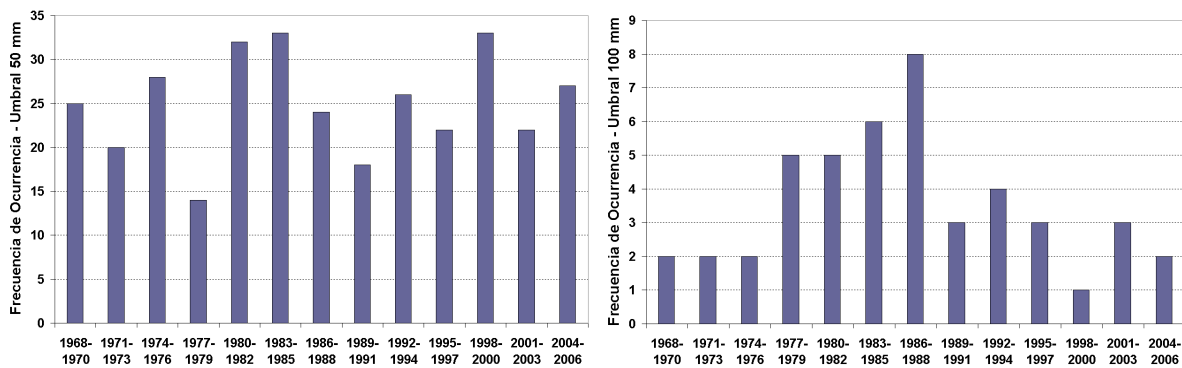


Figura 2.19: Frecuencias de ocurrencia para umbrales de 50 y 100 mm

### 2.2.3 Temperatura

- Temperaturas mínimas, medias y máximas diarias en la estación INTA Zaimán para el período 01/12/01 - 30/06/03 y 01/10/03 - 30/04/07 (**serie T1**), mostradas en la Figura 2.20.

*Fuente: INTA*

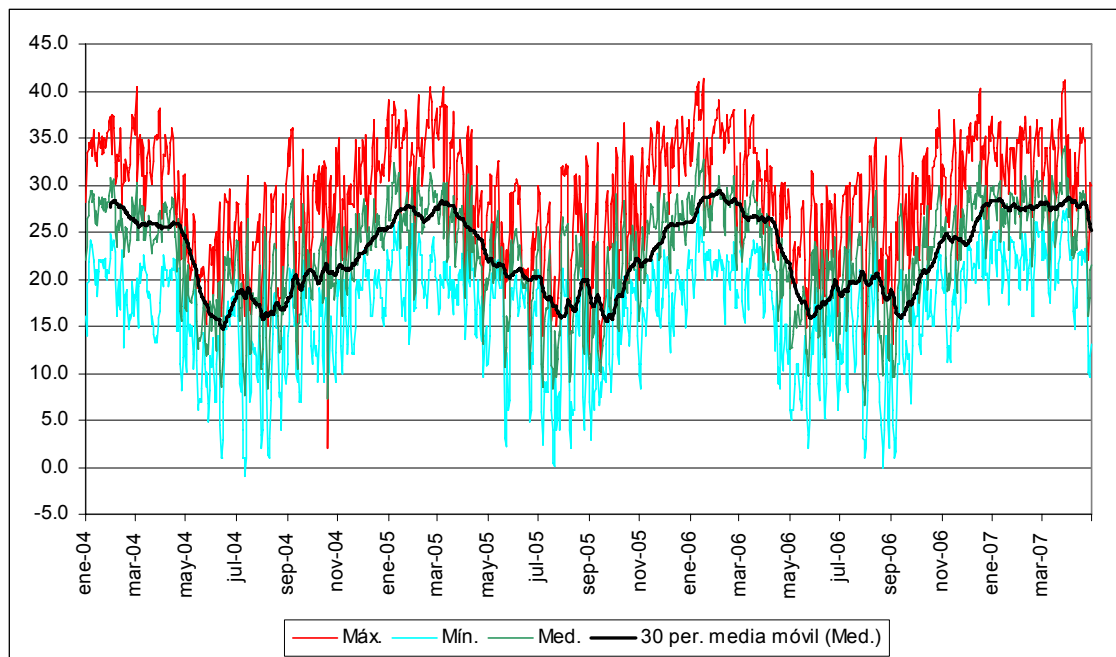
*Nombre de los archivos:*

*TEMPERATURA\_ZAIMAN 1.xls*

*TEMPERATURA\_ZAIMAN 2.xls*

*Datos Meteorológicos - Temperaturas.xls*

La ausencia de datos durante 3 meses del año 2003 (ver Figura 2.8) es lo que hace que la serie de corta duración para la simulación hidrológica continua se arranque a partir del año 2004.



**Figura 2.20:** Temperaturas mínimas, medias y máximas diarias en la estación INTA Zaimán

### 2.2.4 Niveles de Agua

- Niveles de agua diarios en Pto. Posadas para el período 01/06/93 - 31/12/05. Niveles referidos a la escala local.

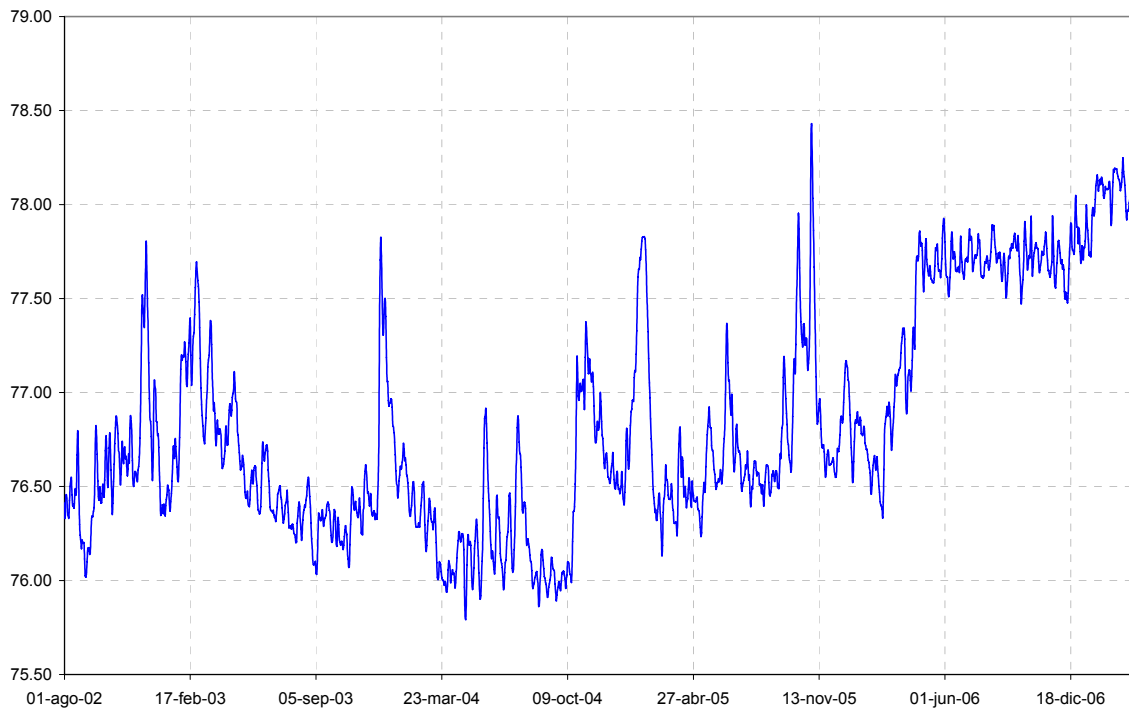
*Fuente: Prefectura Naval Argentina*

*Nombre del archivo: Datos Hidrológicos.xls*

- Niveles de agua diarios en Posadas-Encarnación para el período 01/08/02 - 31/03/07. Valores en m IGM (Figura 2.21).

*Fuente: Prefectura Naval Argentina*

*Nombre del archivo: LLUVIA\_POS - Caudales y Niveles.xls*



**Figura 2.21:** Niveles diarios en Posadas (m IGM) para el período 01/08/02 - 31/03/07

- Niveles de agua diarios registrados en las escalas hidrométricas instaladas en el arroyo Zaimán para el período enero 1995 – abril 1997.

*Fuente: EBY*

*Nombre del archivo: Hidrometría Arroyo Zaimán 1995-1997.pdf*

## 2.2.5 Caudales

- Caudales medios diarios afluentes al embalse de Yacyretá para el período 01/01/91 - 31/03/07.

*Fuente: EBY*

*Nombre del archivos:*

*Datos Hidrológicos.xls*

*LLUVIA\_POS - Caudales y Niveles.xls*

Estos datos tienen disponibilidad total, de modo que no imponen limitaciones. De todos modos, no son necesarios para la modelación, al menos en forma directa.

## 2.2.6 Informes

- Estudios Hidrogeológicos de arroyos.

*Fuente: HARZA y Consorciados (CIDY)*

*Nombre de los archivos:*

*CIDY\_Hidrología\_Vol. 2\_1º etapa.pdf*

*CIDY\_Hidrología\_Vol. 2\_2º etapa.pdf*

*CIDY\_Hidrología\_Vol. 3\_2º etapa.pdf*

*CIDY\_Hidrología\_Vol. 3\_Inf. avance.pdf*

*CIDY\_Hidrología\_Vol. 4.pdf*

*CIDY\_Hidrología\_Vol. 4\_2º etapa.pdf*

*CIDY\_Hidrología\_Vol. 5\_1º etapa.pdf*

- Informe sobre los efectos de tres puentes sobre el arroyo Zaimán mediante el modelo matemático MHD.

*Fuente: PB (Parsons Brinckerhoff International)*

*Nombre del archivo: Parsons\_Trat. Costero Pos\_Anexos.pdf*

- Estudios hidrológicos e hidráulicos de algunos arroyos urbanos.

*Fuente: PB (Parsons Brinckerhoff International)*

*Nombre del archivo: estudios hidrológicos e hidraulicos.doc*

- Estudios hidrológicos e hidrogeológicos del área de Posadas, Garupá y Encarnación (incluye estudio de remansos sobre los arroyos de margen izquierda, es decir sobre el lado argentino).

*Fuente: Consultora Lotti y Associati*

*Nombre de los archivos:*

*Arroyos MI\_Estudio\_de\_remansos.pdf*

*Hidrologia e hidrogeologia.pdf*

*Introducción.pdf*

*Resumen ejecutivo informe final.pdf*

- Estudios hidrotérmicos del embalse de Yacyretá. Incluyen registros y estimaciones de radiación solar provistos por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

*Fuente: INA*

*Nombre de los archivos:*

*Informe Hidrotermico ID Yacyreta - INA I.131-002-02.doc*

*Informe\_Comparacion\_modelos\_ID\_Yacyreta\_\_INA\_1[1].131\_003\_02.doc*

- Estudios físico-ecológicos sobre la influencia de los proyectos de obras complementarias del proyecto hidroeléctrico Yacyretá.

*Fuente: PB (Parsons Brinckerhoff International)*

*Nombre de los archivos:*

*Estudios Fisico Ecologicos - TRAT COSTERO- sin planos.pdf*

*planos 288.pdf, planos 289.pdf, planos 290.pdf, planos 291.pdf, planos 292.pdf, planos 293.pdf,*

*planos 294.pdf, planos 295.pdf, planos 296.pdf, planos 297.pdf, planos 298.pdf, planos 299.pdf,*

*planos 300.pdf, planos 301.pdf, planos 302.pdf, planos 303.pdf, planos 304.pdf, planos 305.pdf,*

*planos 306.pdf, planos 307.pdf, planos 308.pdf, planos 309.pdf, planos 310.pdf, planos 311.pdf,*

*planos 312.pdf, planos 313.pdf, planos 314.pdf, planos 315.pdf, planos 316.pdf, planos 317.pdf,*

*planos 317a.pdf, planos 317b.pdf, planos 317c.pdf, planos 317d.pdf, planos 317e.pdf, planos 317f.pdf, planos 317g.pdf, planos 317h.pdf, planos 334.pdf*

- Archivo periodístico de inundaciones en Posadas y estudios sobre relocalización de familias por inundaciones del arroyo Zaimán.

*Fuente: EBY (Departamento de documentación)*

*Nombre de los archivos:*

*Inundaciones Posadas\_Archivo periodístico.pdf*

*Relocaliz desborde de arroyo Posdas\_963.pdf*

*3.1.6\_EBY\_812.pdf*

*3.1.6.1\_Soz\_2351.pdf*

Estos informes no proveen, en principio, información vital para la modelación. De todos modos, constituyen una referencia a los fines de comparar resultados.

### 2.2.7 Otros

- Ubicación de la estación INTA Zaimán (Figura 2.22).

*Fuente: EBY*

*Nombre del archivo: Coordenadas Estación INTA Zaimán.txt*



**Figura 2.22:** Ubicación de la estación INTA Zaimán

Esta información sobre localización puede ser útil a la hora de especular con alguna heterogeneidad en el patrón de lluvias.

- Cursos de agua de la cuenca del arroyo Zaimán.

*Fuente: EBY y Adelpa*

*Nombre de los archivos:*

*Zaiman\_F6\_Campo Inchauspe\_Adelpla.dxf*

*zaiman\_F7\_Campo Inchauspe\_CARTA.dxf*

- Perfiles hidrogeológicos: series temporales de nivel de agua en distintos pozos de la cuenca inferior del arroyo Zaimán. Se dispuso de la ubicación de los pozos en formato shape (shp).

*Fuente: EBY*

*Nombre de los archivos:*

*POZOS\_HIDROGEOLOGIA.XLS*

*Pozos GCM.pdf*

*Pozos R 2005 2006.PDF*

*Pozos\_GCM.shp, Pozos\_R\_2005\_2006.shp, Todos\_los\_Pozos.shp*

- Perfiles hidrogeológicos sobre margen izquierda (lado argentino): ubicación y descripción.

*Fuente: Consultora Lotti y Associati*

*Nombre de los archivos:*

*Lotti - Ubicación de los perfiles geotécnicos MI.dxf*

*PT1 Gar.xls, PT1.xls, PT2 Gar.xls, PT2.xls, PT3 Gar.xls, PT3.xls, PT4 Gar.xls, PT4.xls, PT5*

*Gar.xls, PT5.xls, PT6 Gar.xls, PT7 Gar.xls, PT8.xls, PT9.xls, PT10a.xls, PT11.xls, PT12.xls,*

*PT15.xls, PT17.xls, PT18.xls, PT19.xls, PT20.xls, PT21.xls, PT22.xls, PT23.xls, PT26.xls*

La información de los perfiles hidrogeológicos se utilizará para analizar la posibilidad de saturación del terreno por elevación de la napa freática.

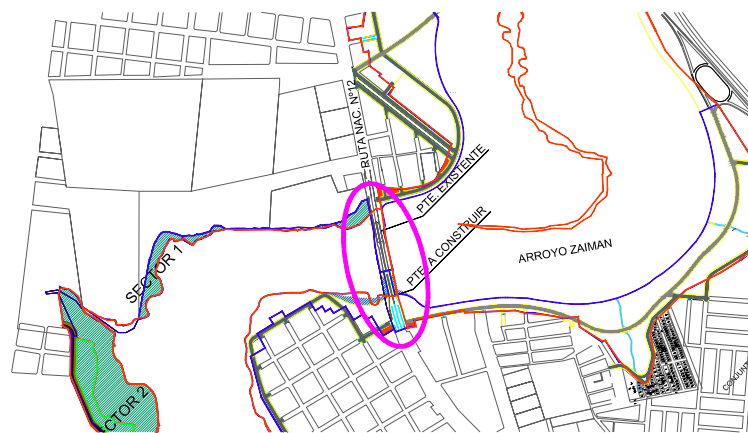
## 2.3 DATOS DE INFRAESTRUCTURA

Los datos de infraestructura incluyen:

- Plano general del puente sobre Arroyo Zaimán en Ruta Nac. N°12 - Proyecto CIO (Figura 2.23).
- Plano general del puente sobre Arroyo Divisa (Proyecto CIO).
- Sistema de desagües pluviales sobre el Zaimán inferior margen derecha entre franja de transporte Sur y Ruta Nac. N°12 (Canales y alcantarillas) (Proyecto CIO).
- Canal a Cielo abierto Zona 3 Zaimán superior margen izquierda entre el Conjunto Habitacional A4 y Puente Avda. Cabo de Hornos (Proyecto PTY).
- Fotografías de alcantarillas, canales y puentes existentes en la zona de estudio (incluye plano de ubicación de los puntos de toma de las fotográficas).
- Puente Avda. Cabo de Hornos sobre Arroyo Zaimán. Planos conforme a obra. Formato papel (planimetría y altimetría general, rectificación del cauce, alcantarilla, plano general del puente, cortes longitudinal y transversal).

- Relevamiento del puente de madera sobre el arroyo Zaimán en la zona “El Porvenir” (Hidrología Zaiman.pdf).
- Fotos de la escala hidrométrica sobre el arroyo Zaimán en el puente ferroviario actual (Puente ferroviario sobre el arroyo Zaimán.ppt).
- Planos de los puentes ferroviario y carretero futuros sobre la desembocadura del arroyo Zaimán.
- Plano del puente sobre el arroyo Zaimán “By Pass - Arco Garita”.

Los datos disponibles se consideran suficientes a los fines de la modelación.



*Figura 2.23: Puente sobre arroyo Zaimán en Ruta Nacional N°12*

## 2.4 OTROS DATOS

- Imagen satelital de alta resolución de la cuenca del arroyo Zaimán.

*Fuente: EBY*

*Nombre del archivo: zaiman\_cuenca.img*

- Mapa edafológico de la ciudad de Posadas.

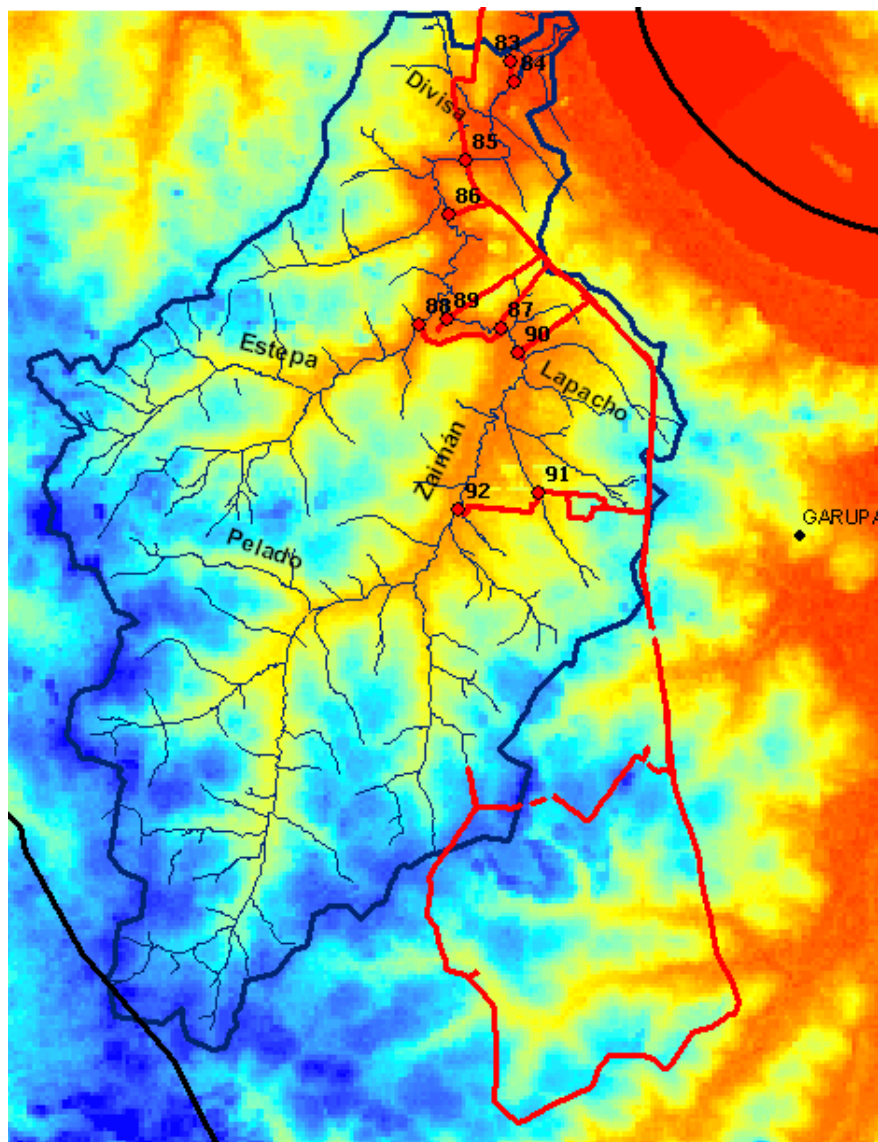
*Fuente: EBY*

*Nombre del archivo: suelos\_30-1\_F6.shp*

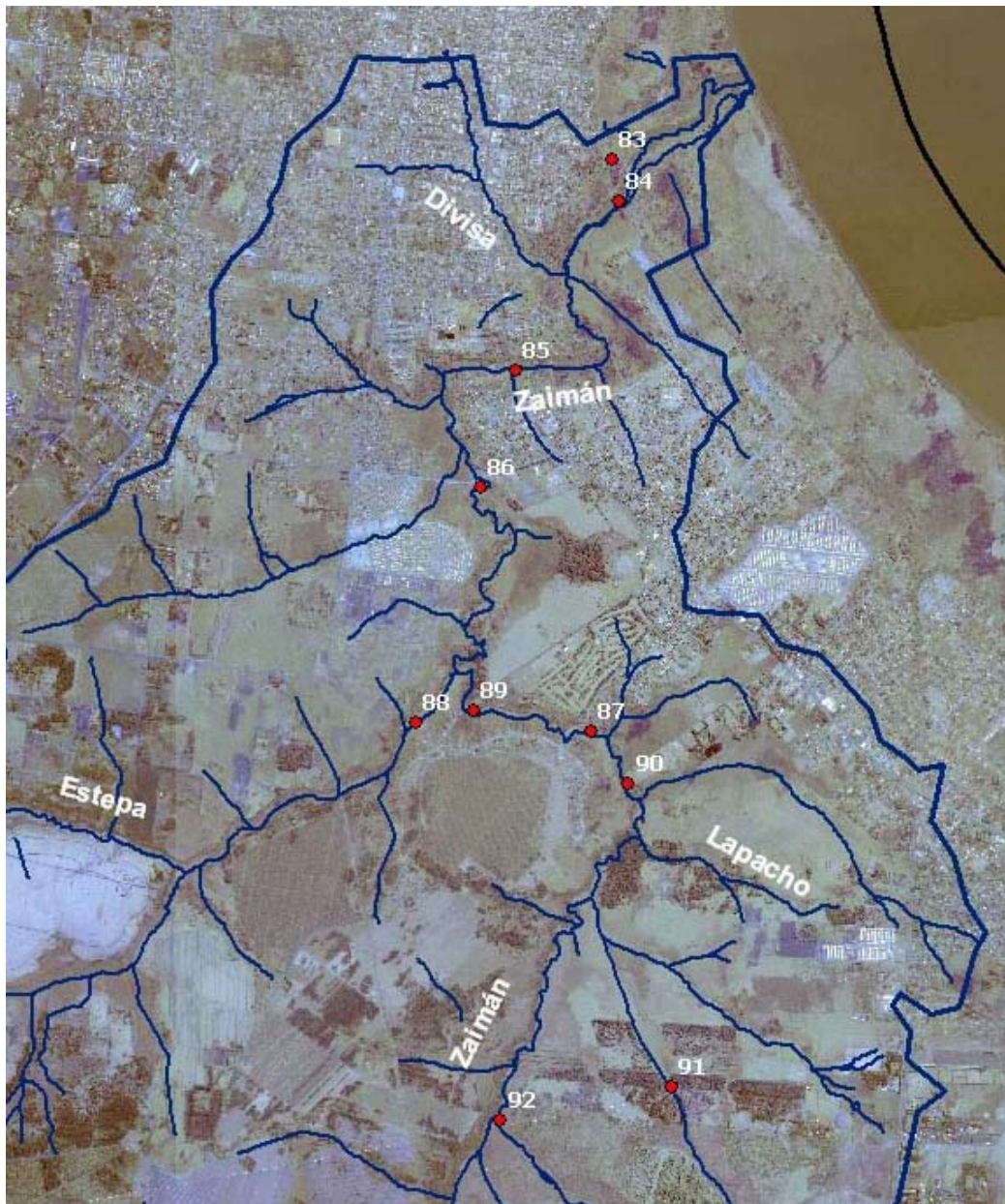
### 3 CAMPAÑAS DE RECONOCIMIENTO

#### 3.1 PRIMERA CAMPAÑA

El 8 de agosto de 2007 se realizó la primera campaña de reconocimiento de la cuenca del arroyo Zaimán, cuyo recorrido se muestra en la Figura 3.1. Como puede observarse, las zonas visitadas corresponden a las cuencas inferior y media. En total se relevaron 10 puntos, de los cuales 8 se enmarcan dentro de la cuenca inferior y sólo 2 en la cuenca media. En la Figura 3.2 se observan con más detalle los puntos relevados.



*Figura 3.1: Recorrido de la primer campaña de reconocimiento*



*Figura 3.2: Puntos relevados en la primer campaña de reconocimiento*

En general, en todos los lugares visitados las características del escurrimiento son similares. El cauce principal del arroyo es pequeño y encajonado, con esquemas de pendiente variable (saltos y piletones), y el valle de inundación es muy amplio. La mayoría de los sitios visitados corresponden al tramo inferior, cuya topografía es la de un área lateral de almacenamiento de las que disponía el río Paraná cuando fluía en condiciones naturales.

A continuación se presentan las observaciones efectuadas en los distintos puntos relevados.

**Punto 83:** Intersección de la vía con el camino de acceso (Figura 3.3).



*Figura 3.3: Cruce de la vía con el camino de acceso*

**Punto 84:** Puente ferroviario sobre el arroyo Zaimán. Está constituido por vigas de acero sobre pilares de mampostería. La luz total es de 40 m (4 vanos de 10 m entre eje y eje de pila). Pilas de 1 m de espesor, con bordes de ataque triangulares. Escala hidrométrica cuya lectura es de aproximadamente 2.60 m. Aparecen 2 ceros de escala (75.22 según relevamiento año 1997, y 75.34 según relevamiento año 2006). El segundo parece ser más consistente con las lecturas del hidrómetro de Posadas para ese día (77.87 msnm). Según el segundo cero, la cota del pelo de agua en el puente del Ferrocarril sería 77.94 msnm en el momento del relevamiento (Figuras 3.4 y 3.5).



*Figura 3.4: Puente ferroviario sobre el arroyo Zaimán*



*Figura 3.5: Zaimán en puente ferroviario aguas arriba*

**Punto 85:** Puente sobre el arroyo Zaimán en la Ruta Nacional 12. Son dos puentes de hormigón (cada uno con un sentido de circulación) cuya luz total es de 70 m. El ubicado aguas abajo, de más antigüedad, tiene 6 vanos. El más nuevo, ubicado aguas arriba, tiene 4 vanos. Se estima que el nivel del agua corresponde al que impone el río Paraná, pues desaparecieron algunos accidentes naturales (saltitos) ubicados aguas abajo del puente, que podían ser visualizados claramente para cotas inferiores en el río Paraná, y además porque las velocidades en el cauce del arroyo eran prácticamente nulas, producto de que el caudal del arroyo era bajo. Se encuentra una escala hidrométrica, pero sin referencias sobre la acotación del “cero”. La lectura del nivel de agua es estimada en unos 0.70 m, pues la escala tiene tramo solo hasta 1.00 m. Por la coloración de los sedimentos sobre la escala, se estima que el rango de variaciones más frecuentes de alturas es hasta 2.10-2.20 m de lectura de escala, aunque se encontraron marcas pintadas en las pilas correspondientes a rangos de lecturas entre 3.00 y 3.50 m, sin tener certeza de que sean marcas de crecidas o de otro tipo. Suponiendo que el nivel es del agua en el momento es del orden de 78 msnm, el rango más frecuente alcanzaría los 79.50 msnm, y las marcas corresponderían al rango 80.3 – 80.8 msnm. No se tienen referencias de marcas máximas para las grandes crecientes de 1983 y 1992 (condiciones naturales) (Figuras 3.6 y 3.7).



*Figura 3.6: Zaimán en puente sobre RN 12 aguas arriba*



*Figura 3.7: Zaimán en puente sobre RN 12 aguas abajo*

**Punto 86:** Puente sobre el arroyo Zaimán en la Avenida Cabo de Hornos. Puente de hormigón de 140 m de luz (5 vanos de 28 m entre eje y eje de pila). Pilas de 1.40 m de espesor. Tablero de 12 m de ancho. Sin marcas que permitan inferir niveles de agua. Pequeña velocidad hacia el embalse. De acuerdo a observaciones y la presencia de plantas acuáticas, se infiere que no ha habido crecientes de magnitud recientes. Amplio valle de inundación (Figura 3.8).



*Figura 3.8: Zaimán en puente sobre Av. Cabo de Hornos aguas abajo*

**Punto 87:** Puente de Hormigón sobre el arroyo Zaimán detrás del club Tacurú (hacia el barrio “El Porvenir”). La luz total es de 30 m (3 vanos de 10 m entre eje y eje de pila). Pilas de 0.60 m de espesor. Tablero de 7 m de ancho. Sólo el vano central del puente está en funcionamiento ya que los dos tramos laterales están obstruidos. Se estima que la altura desde el pelo de agua hasta la parte inferior del tablero es del orden de los 5.0 m en el momento del relevamiento. El puente se halla a la salida de una curva, oblicuo respecto al cauce del arroyo. El arroyo discurre de manera variada: inmediatamente aguas abajo del puente, la velocidad es de unos 0.3 m/s, sobre una sección sobreelevada, mientras que inmediatamente aguas arriba hay un “pozón o remanso”, con velocidades prácticamente nulas. Aguas arriba de la curva de 90°, el arroyo es más profundo, y discurre con mayores velocidades. Según un lugareño, en ese momento habría profundidades de entre 1.0 m y 1.5 m. El camino que cruza el arroyo y va hacia el barrio “El Porvenir” funciona como presa, pues atraviesa el valle íntegramente sin que hayan sido observadas alcantarillas (a futuro, sobre uno de los terraplenes del puente se dispondrán tres alcantarillas – tres tubos de 1 m de diámetro –). Según un lugareño, con lluvias del orden de 100 mm el agua llega prácticamente al borde inferior del puente, produciéndose “ronquidos”, que se estima que son producto de la incorporación de aire vinculada a fenómenos de ahogamiento del escurrimiento. Asimismo, comenta que en esas condiciones el agua llega hasta el terraplén, lo cual confirma el comportamiento tipo presa (Figura 3.9).



*Figura 3.9: Puente de hormigón sobre el Zaimán en la zona "El Porvenir" aguas abajo*

**Punto 88:** Sección sobre el arroyo Estepa, un poco aguas arriba de su desembocadura sobre el Zaimán. El cauce es encajonado (aproximadamente de 4 x 2.5 m), manteniendo la vegetación aledaña al cauce (mata ciliar), casi intacta. Hay vestigios de azudes y compuertas. El valle de desborde es muy importante, desarrollándose actividades varias, destacándose la producción de ladrillos. Las velocidades de agua en el cauce son variables (en algunos sectores se registraron velocidades de 0.15 m/s), y se observa que el arroyo tiene un desnivel importante en el tramo visitado, existiendo “saltitos” y “piletones” (Figura 3.10).



**Figura 3.10:** Sección del arroyo Estepa inferior

**Punto 89:** Puente de madera sobre el arroyo Zaimán antes de la desembocadura del Estepa. Tablero de entablado de madera dura apoyado sobre vigas de madera y acero. Pilas de mampostería de piedra y estribos de hormigón. La luz total es de 32 m (8 vanos de 3.30 m de luz libre, separados por pilas de 0.70 m de ancho). Tablero de 4.25 m de ancho. Sobre el lado de la margen derecha del Zaimán, en dirección a la RN 12, hay dos alcantarillas de hormigón de 3.20 m de ancho. Hay vestigios de que las alcantarillas han funcionado. Nos manifestaron que alguna vez el agua desbordó el puente. Aguas arriba del puente, se visitó el cauce, existiendo también la estructura de piletos y saltos. El lugar visitado era un ensanchamiento, de entre 10 y 15 m de ancho, y del orden de 1 a 1.5 m de profundidad. Se observaron marcas con bolsas de polietileno colgadas en los árboles así como el cambio de coloración de dichos árboles, producto del aporte de sedimentos de las crecidas. Se estimó las marcas estaban aproximadamente 4 m por encima del nivel de agua en el momento de la visita (Figuras 3.11 y 3.12).



*Figura 3.11: Zaimán en puente de madera en la zona "El Porvenir" aguas arriba*



*Figura 3.12: Diferencia de color en la vegetación*

**Punto 90:** Arroyo Zaimán 600 m antes de llegar al puente de hormigón en la zona "El Porvenir" (al costado del Golf Tacurú). La sección del arroyo es rectangular, con unos 4 m de ancho y 2 m por encima del pelo de agua. La vegetación natural se conserva. El cauce a esa altura es muy meandroso, con correntada variable, bajo el mismo esquema de saltos y piletones. El valle de desborde es amplio y limpio (Figura 3.13).



*Figura 3.13: Zaimán 600 m antes de llegar al puente de H° en la zona "El Porvenir"*

**Punto 91:** Afluente del arroyo Zaimán. Sección trapecial franca (2 m de solera). Desbordes en pastizales. Zona de lomadas y bajos (Figura 3.14).

**Punto 92:** Arroyo Zaimán en su tramo medio. Se conservan las características observadas más aguas abajo: cauce definido, con sección transversal del mismo tipo y dimensiones, con vegetación circundante conservada, valle amplio de inundación con pastizales. Se registraron velocidades de 0.35 m/s (Figura 3.15).



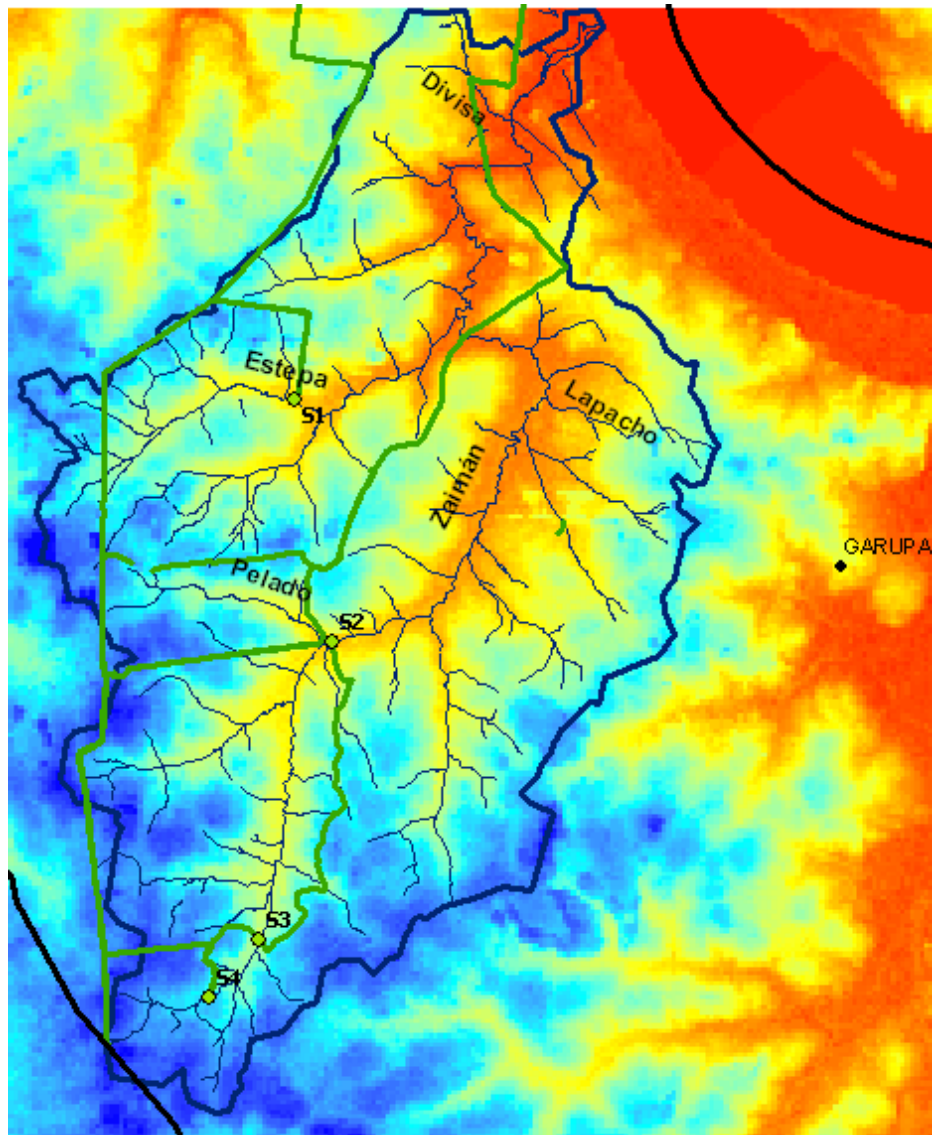
*Figura 3.14: Afluente del Zaimán aguas abajo*



*Figura 3.15: Zaimán medio*

### 3.2 SEGUNDA CAMPAÑA

El 27 y 28 de agosto de 2007 se realizó la segunda campaña de reconocimiento de la cuenca del arroyo Zaimán, cuyo recorrido se muestra en la Figura 3.16. Como puede observarse, las zonas visitadas corresponden a las cuencas media y superior. En total se relevaron 4 puntos, cuya ubicación en detalle se muestra en la Figura 3.17.



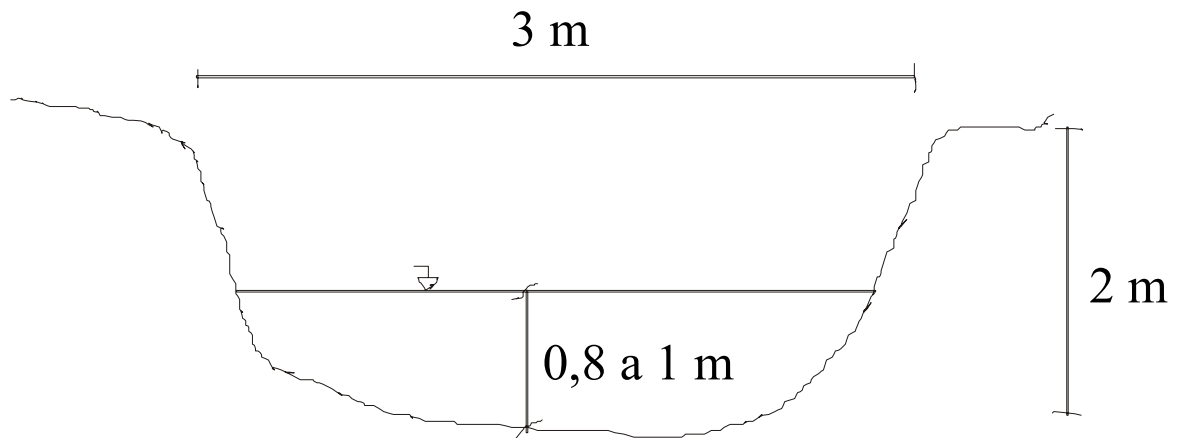
*Figura 3.16: Recorrido de la segunda campaña de reconocimiento*



**Figura 3.17:** Puntos relevados en la segunda campaña de reconocimiento

A continuación se presentan las observaciones efectuadas en las distintas secciones relevadas.

**Sección S1:** Sección sobre el arroyo Estepa con media a baja velocidad de corriente. Se observan marcas de crecidas a aproximadamente 3.5 metros de altura (siempre sobre el plano de comparación del fondo del cauce), es decir, 1.5 m sobre el albardón. Zona con bosque en galería o de ribera consolidado (Figuras 3.18 y 3.19).

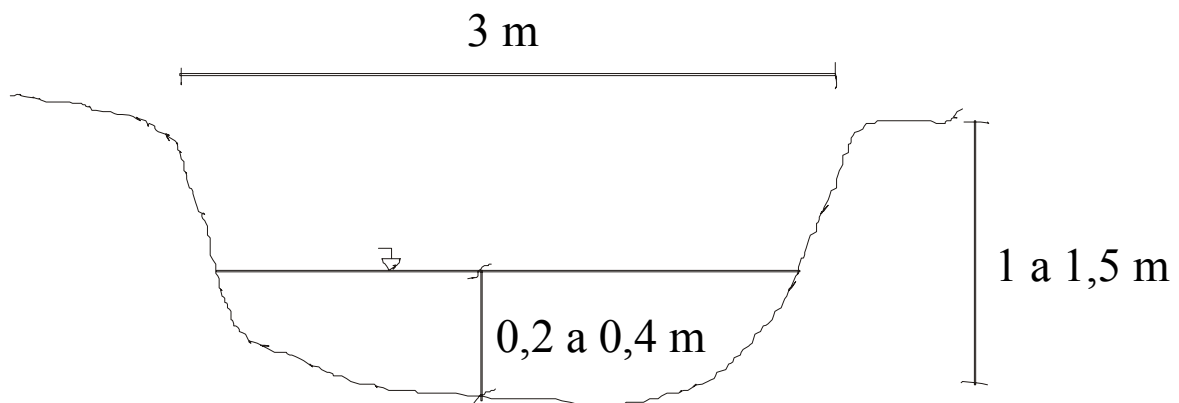


*Figura 3.18: Esquema de la sección S1*



*Figura 3.19: Arroyo Estepa en la sección S1 hacia aguas abajo*

**Sección S2:** Sección sobre el arroyo Zaimán con alta velocidad de corriente. Se observan marcas de crecidas a aproximadamente 3 a 3.5 metros de altura (siempre sobre el plano de comparación del fondo del cauce). Zona con bosque en galería o de ribera consolidado (Figuras 3.20 y 3.21).

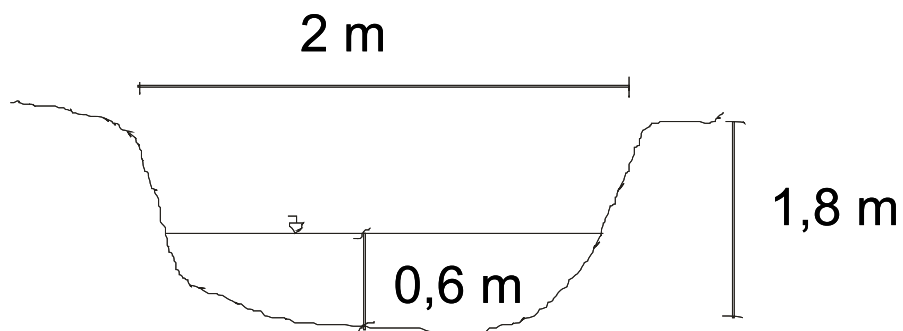


*Figura 3.20: Esquema de la sección S2*



*Figura 3.21: Arroyo Zaimán en la sección S2 hacia aguas abajo*

**Sección S3:** Sección sobre el arroyo Zaimán con media a baja velocidad de corriente. No se observan marcas de crecidas. El basalto es subaflorante. Abundante vegetación baja y arbustiva en todo el cauce. Zona de cultivos forestales intensivos (Figuras 3.22 y 3.23).

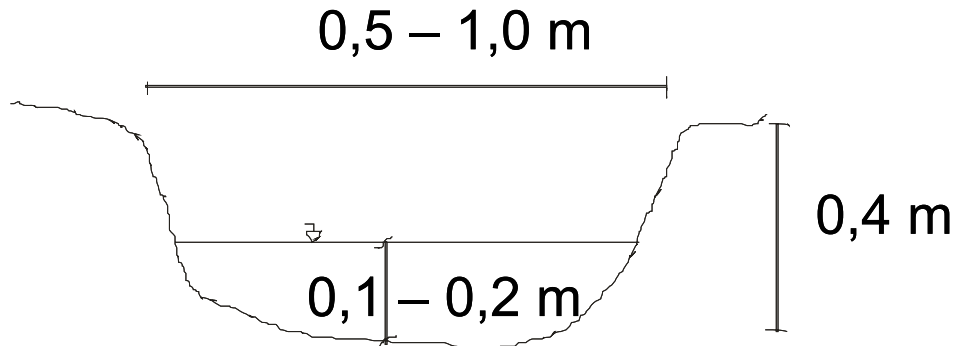


*Figura 3.22: Esquema de la sección S3*



*Figura 3.23: Arroyo Zaimán en la sección S3 hacia aguas arriba*

**Sección S4:** Sección sobre el arroyo Zaimán con alta velocidad de corriente. El agua discurre sobre el basalto. El ancho plano del lecho es variable entre 5 y 10 metros aunque en el momento de la visita el agua ocupaba entre 0.5 y 1m de ese ancho total. Prácticamente no existe borde de sección (no más de 0.2 m). No existe vegetación en el cauce y tampoco el bosque en galería o de ribera (Figuras 3.24 y 3.25).



*Figura 3.24: Esquema de la sección S4*



*Figura 3.25: Arroyo Zaimán en la sección S4*

Durante el recorrido se cruzaron algunos afluentes del arroyo Zaimán, siendo sus características generales de sección cuadrada de 1.0 a 1.5 m de ancho por 0.5 a 1.0 m de profundidad. Según lugareños los afluentes suelen secarse en determinadas épocas del año mientras que al arroyo Zaimán, aún en la sección más aguas arriba (S4), no se lo ha visto seco.