

## **PROYECTO DE DESCARGA DE LA LAGUNA LA PICASA AL RIO PARANA, ASPECTOS HIDROLÓGICOS-HIDRAULICOS**

**Carlos Paoli, Ricardo Giacosa, Jorge Collins, Daniel Brea y Dora Sosa**

Instituto Nacional del Agua - Centro Regional Litoral

Patricio Cullen 6161 – 3000 Santa Fe - 0342 4604540 – [cpaoli@ciudad.com.ar](mailto:cpaoli@ciudad.com.ar)

### **RESUMEN**

A mediados de 1998, con motivo de las inundaciones producidas en la cuenca de la laguna La Picasa, que involucra a las provincias de Córdoba, Buenos Aires y Santa Fe - la Subsecretaría de Recursos Hídricos y las provincias mencionadas comenzaron a plantear y desarrollar diferentes alternativas de acciones y obras que globalmente pueden agruparse en: Sistematización de excedentes de la Cuenca de aportes a la Laguna La Picasa, Descarga de excedentes desde La Picasa hacia la Cañada La Horqueta (Prov. Bs. As.) y en último término la Descarga de excedente de la Picasa hacia el río Paraná. Los análisis de prefactibilidad realizados indicaron la necesidad de implementar todas las alternativas como acciones complementarias.

La componente de descarga hacia el Río Paraná requiere una estación de bombeo y la construcción de un canal del orden de los 150 km. entre la laguna La Picasa y las cabeceras de la Cuenca del Ayo Pavón, continuando por este curso en un recorrido de unos 100 km. hasta la desembocadura en el río Paraná. La traza del canal atraviesa un complejo sistema de cuencas de llanura y espejos de agua, requiriendo por ello de obras de control intermedias. Se establecieron fuertes condicionantes para contemplar y minimizar los impactos que podrían originarse en desbordes del canal y su influencia sobre los niveles freáticos y además se estableció como restricciones básicas el producir las menores interferencias posibles en los flujos locales y no volcar excedentes provenientes de la laguna La Picasa en el arroyo Pavón, mientras éste se encuentre evacuando sus propias crecidas.

Se describen las obras principales y presentan los resultados de los análisis hidrológicos e hidráulicos realizados para el diseño, dimensionamiento y operación del sistema de obras involucradas para cumplir con los objetivos y restricciones fijados.

## INTRODUCCIÓN

A mediados de 1998, con motivo de las inundaciones producidas en la cuenca de la laguna La Picasa, que involucra a las provincias de Córdoba, Buenos Aires y Santa Fe - la Subsecretaría de Recursos Hídricos y las provincias mencionadas comenzaron a plantear y desarrollar diferentes alternativas de acciones y obras que globalmente pueden agruparse en: “Sistematización de excedentes de la Cuenca de aportes a la Laguna La Picasa”, “Descarga de excedentes desde La Picasa hacia la Cañada La Horqueta (Prov. Bs. As.)” y en último término la “Descarga de excedente de la Picasa hacia el río Paraná”, sobre el cual trata el presente trabajo.

La componente de descarga hacia el Río Paraná requiere una estación de bombeo y la construcción de un canal del orden de los 150 km. entre la laguna La Picasa y las cabeceras de la Cuenca del Ayo Pavón, continuando por este curso en un recorrido de unos 100 km. hasta la desembocadura en el río Paraná. La traza del canal atraviesa un complejo sistema de cuencas de llanura y espejos de agua, requiriendo por ello de obras de control intermedias. Se establecieron fuertes condicionantes para contemplar y minimizar los impactos que podrían originarse en desbordes del canal y su influencia sobre los niveles freáticos y además se estableció como restricciones básicas el producir las menores interferencias posibles en los flujos locales y no volcar excedentes provenientes de la laguna La Picasa en el arroyo Pavón, mientras éste se encuentre evacuando sus propias crecidas.

Se describen las obras principales y presentan los resultados de los análisis hidrológicos e hidráulicos realizados para el diseño, dimensionamiento y operación del sistema de obras involucradas para cumplir con los objetivos y restricciones fijados.

En los estudios indicados a participado un gran número de profesionales y técnicos de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación y del Instituto Nacional del Agua, bajo la coordinación técnica del autor principal del presente artículo.

## ANTECEDENTES Y ORIGEN DEL PROBLEMA

Una descripción detallada de las características de la Cuenca de la Picasa y de la problemática de inundaciones que se presenta, se encuentra en los estudios realizados por la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral (**FICH-UNL** (2002)), del cual se extraen los conceptos siguientes.

El área de aportes a la Laguna La Picasa que se observa en la figura N° 1, se ubica al sureste de la Prov. de Córdoba, sur de la Prov. de Santa Fe y noroeste de la Prov. de Buenos Aires, entre los 33° 54' y 34° 30' de latitud sur y los 62° 05' y 63° 34' de longitud oeste, con una superficie de 5346 km<sup>2</sup>

Presenta un paisaje de llanura suavemente ondulado, con alternancia de lomas muy aplanadas y sectores deprimidos, donde se ubican lagunas y bajos temporarios que incorporan una gran capacidad de almacenamiento superficial. Las pendientes superficiales son bajas, menores al 0.00400 m/m.

Los sectores altos y medios del paisaje tienen suelos bien drenados y profundos. El horizonte superior tiene una textura franca, franco-arenosa o arenosa. Los sectores bajos son suelos finos, con dificultad de drenaje.

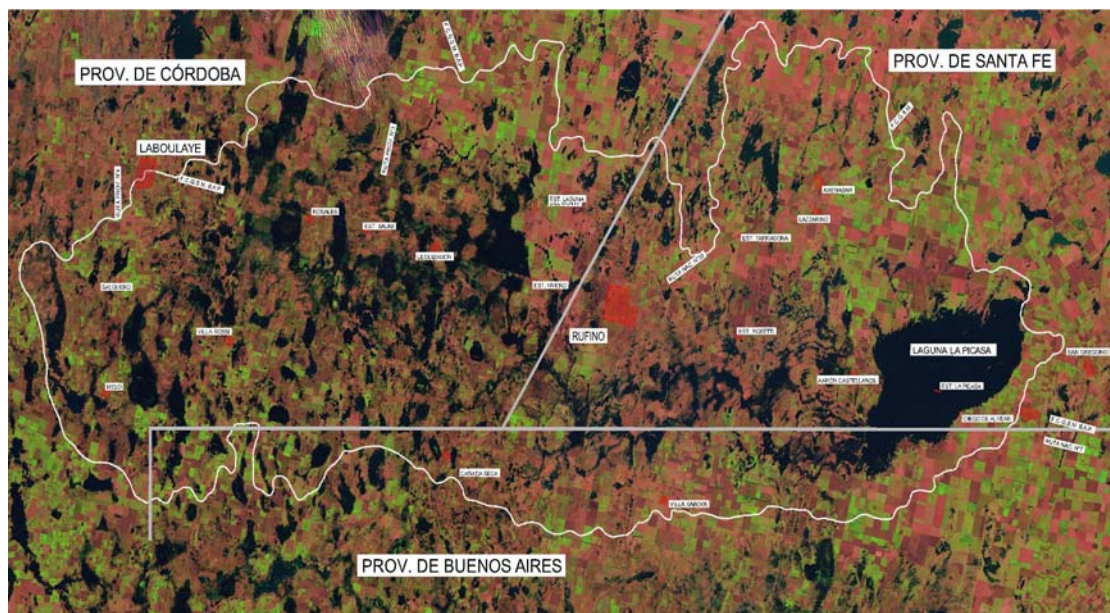


Figura N° 1 Área de Aportes a la Laguna La Picara (Fuente: Proyecto Ejecutivo Obras Internas Cuenca laguna La Picara, Convenio FICH-DPOH-DIPAS)

La precipitación anual media del sistema es de 907.2 mm (1956/2000) y la evapotranspiración potencial anual es de 1237.6 mm (1967/ 2000).

Debido a sus características morfológicas, edafológicas y climáticas, no se ha desarrollado en el sistema una red fluvial natural jerarquizada. En las últimas décadas, se han construido canales que vinculan bajos y lagunas entre Rufino y la laguna La Picara.

Durante los períodos hídricos normales y secos, el escurrimiento superficial es de tipo endorreico hacia bajos y lagunas locales y el agua se evapora e infiltra desde estos almacenamientos. En estas condiciones predominan los procesos de transferencia de agua verticales (precipitación, infiltración, evaporación) sobre el escurrimiento.

Durante los períodos húmedos, si los excesos hídricos superan la capacidad de almacenamiento de los bajos y lagunas, éstos desbordan y se concatenan formando líneas temporarias de flujo superficial relativamente concentrado. Estas líneas convergen hacia la zona central y desde allí hacia el este hasta desaguar en la laguna La Picara, receptora final del escurrimiento. Por debajo de la cota 105.80 m IGM, a partir de la cual se produciría el desbordamiento hacia el este de la región, la única vía de descarga significativa de esta laguna es la evaporación.

En los últimos años se han producido anegamientos de gran magnitud y permanencia en el sistema en estudio, con afectación de poblaciones, infraestructura vial y ferroviaria y extensas áreas rurales productivas, los que se originaron por una combinación de las siguientes causas:

1. *Aumento de la pluviosidad desde principios de la década del '70:* La precipitación anual media del período húmedo reciente (1972/2000) es superior a la correspondiente al período anterior (1903/1971) en 183.4 mm. Este incremento pluviométrico ha originado un aumento de los excesos hídricos. En el sistema en estudio, que carece de vías de drenaje jerarquizadas, el aumento de excesos se manifiesta en un aumento en el nivel de agua de bajos y lagunas y del nivel freático. La proximidad de la freática a la superficie del terreno origina un aumento significativo del potencial de escurrimiento de los suelos. Cuando la precipitación cae sobre un sistema saturado el porcentaje de la misma que se transforma en escurrimiento es mayor que correspondiente a una condición de humedad antecedente normal (con la freática a mayor profundidad). En consecuencia, el aumento del nivel freático, además de ser un efecto de la mayor generación de excesos, se ha convertido en

una causa que potencia dicho aumento (proceso de retroalimentación). Por otra parte, en los últimos años se observa un aumento de la frecuencia de tormentas de muy alta intensidad de lluvia y arealmente concentradas. Esto ha originado el colapso de obras de ingeniería en la región (alcantarillas y terraplenes de obras viales).

2. *Ejecución de cuneteos y canalizaciones sin una planificación integral*: Los cuneteos excesivos y canalizaciones realizadas en la región sin una planificación integral contribuyen a agravar los anegamientos de la faja central, ya que disminuyen la capacidad de almacenamiento natural del sistema y aumentan la velocidad del escurrimiento.

3. *Expansión de la frontera "agrícola"*: Esta modificación consiste en un crecimiento de la superficie agrícola en detrimento de la ganadera y en una sobreexplotación del suelo con prácticas intensivas de doubles cultivos anuales, como por ejemplo trigo y soja. El uso intensivo del suelo origina la degradación del mismo, destruye su estructura, reduce la porosidad y la capacidad de infiltración, aumenta el potencial de escurrimiento y favorece la erosión superficial por "lavado" de los suelos.

Como consecuencia del incremento de aportes a la laguna La Picasa, su nivel de agua fue subiendo en forma sostenida en los últimos años. La evolución del nivel de la laguna y de la superficie anegada se muestra en la Tabla N° 1.

*Tabla N° 1 Evolución del nivel y superficie de la laguna La Picasa*

<b>FECHA</b>	<b>NIVEL DE AGUA [m IGM]</b>	<b>SUP. ANEG. [ha]</b>	<b>INCREMENTO SUP. ANEG. [%]</b>
1966 (Estimado)	98.26	2164	0
15/10/97	99.22	5127	137
01/07/98	101.53	12879	495
28/12/98	101.88	14108	552
30/06/99	104.02	25258	1067
17/12/99	104.37	28301	1208
30/06/00	104.44	28976	1239
28/12/00	104.35	28113	1199
05/07/01	104.71	31805	1369
11/01/02	105.28	39154	1709

Como se muestra, la superficie anegada por la laguna aumentó 17 veces respecto a la superficie registrada en 1966.

Las intensas precipitaciones producidas en los años 1998, 1999 y 2001, además de la inundación de grandes extensiones de campos, provocaron el corte de vías de comunicación troncales estratégicas, tales como la Ruta Nacional N° 7 y el ramal ferroviario Buenos Aires al Pacífico (Ex Gral. San Martín), afectando seriamente la producción agrícola, la comunicación entre distintas localidades de la región y por ende toda su actividad económica durante prolongados períodos.

La Subsecretaría de Recursos Hídricos recibió el requerimiento de la provincia de Santa Fe para promover las acciones que fuesen necesarias para garantizar el manejo ordenado de los excedentes y una solución definitiva a dicho problema, cada vez más recurrente. Las tres provincias involucradas en la cuenca de dicha laguna arribaron a la firma del Acuerdo Interjurisdiccional del 12 de abril de 1999, por el cual se creó la Comisión Interjurisdiccional de la Cuenca de la Laguna La Picasa para el manejo racional, armónico y coordinado de sus recursos hídricos, invitando a su seno a organismos nacionales específicos y a entidades representativas de la comunidad, estas últimas en una Comisión de Seguimiento.

En este contexto de emergencia hídrica determinado por la peligrosa elevación del nivel de la laguna La Picasa (cotas superiores a 104 m.s.n.m.) la provincia de Santa Fe comenzó a estudiar, a mediados de 1999, la posibilidad de desborde de la misma ante distintos escenarios de precipitaciones futuras. y encaró un programa de obras de emergencia sobre la traza de la denominada Alternativa Norte que consistió en una estación de bombeo con capacidad de 5 m<sup>3</sup>/s y una canalización que concluía en la laguna El Chañar en las nacientes de la cuenca del Río Salado bonaerense.

Los representantes de la provincia de Buenos Aires en la Comisión Interjurisdiccional de la cuenca de la laguna La Picasa nunca consintieron la realización de dicha obra por entender que ocasionaba perjuicios en los sectores de su territorio ubicados aguas abajo de la laguna del Chañar. Los representantes de la provincia de Santa Fe aseguraron que la misma no ocasionaría mayores afectaciones a las localidades y actividades productivas de esas regiones. Al no lograr conciliar ambos puntos de vista, y ante el avance de las obras, la provincia de Buenos Aires presentó una queja ante la Corte Suprema de Justicia de la Nación, a partir de la cual se obligó a la provincia de Santa Fe a desactivar el canal mediante la construcción de tapones.

A pesar de ello no se interrumpieron las actividades técnicas de proyecto de las obras de la Alternativa Sur, considerada unánimemente como una parte de la solución de los problemas de excedentes hídricos de la cuenca de La Picasa, encontrándose en la actualidad en construcción los proyectos de las obras que se ubican en la provincia de Buenos Aires (Canal de Enlace, Cañada de Las Horquetas y Ampliación de las capacidades de Regulación de las lagunas La Salada, Mar Chiquita, Gómez y Carpincho (a cargo de la Dirección Provincial de Hidráulica de Buenos Aires) y también se encuentran en construcción los proyectos de las obras de regulación y conducción interiores de la cuenca de la Laguna La Picasa (ejecutados por convenio entre las provincias de Córdoba y Santa Fe). Figura N° 2

En virtud del nivel a que se encontraba la laguna La Picasa (superior a los 105 m.) y del tiempo que demandaría la evacuación del volumen necesario para deprimir dicha cota a niveles tales que permitan rehabilitar la utilización de la ruta 7 y del ramal ferroviario Buenos Aires - Cuyo (alrededor de cota 102m, con una exportación de, aproximadamente, 700 Hm<sup>3</sup>), estimado en no menos de cinco años, la SSRH analizó, desde mediados del año 2001, alternativas de evacuación de tales excedentes con destino al río Paraná a través del A° del Medio. En la reunión celebrada el 29 de octubre de 2001 las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba, manifestaron su acuerdo al desarrollo de tales estudios. Figura N° 2

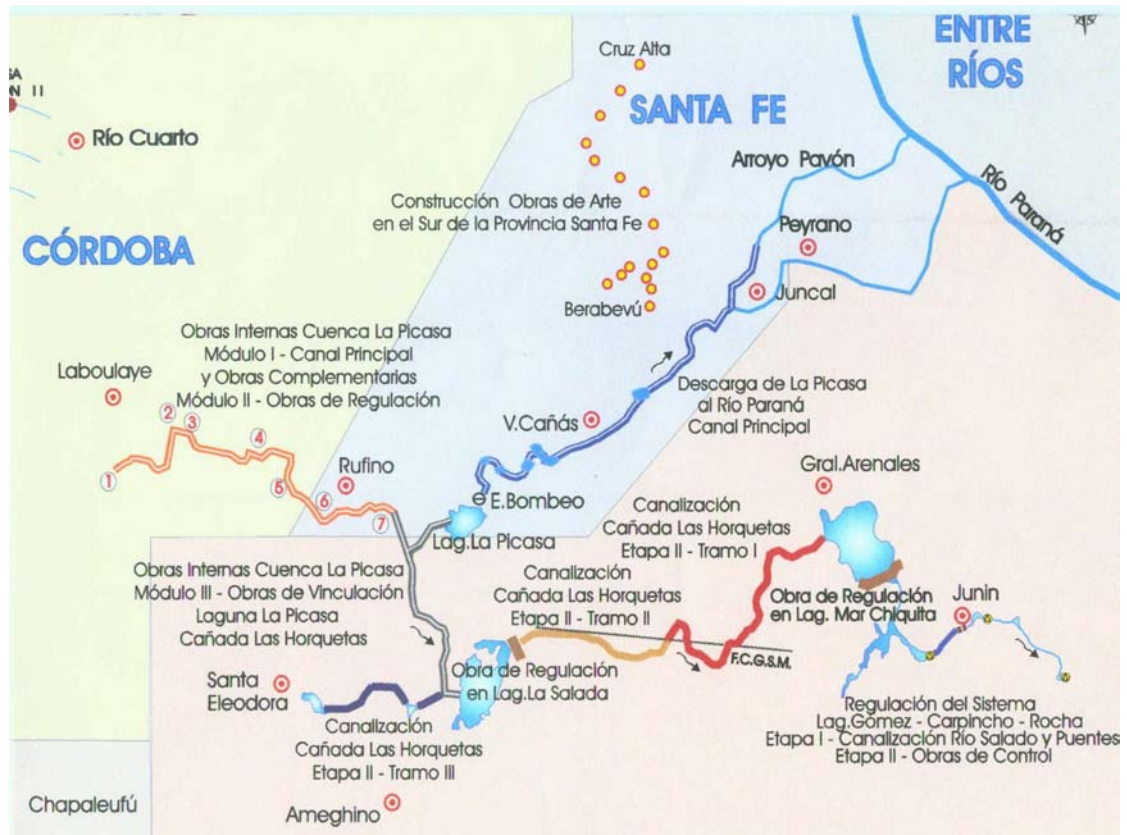


Figura N° 2 Conjunto de Obras incluidas en el Plan Federal de Control de Inundaciones (Decreto 1381/01) relacionadas con la mitigación de daños en la cuenca de aportes de la laguna La Picasa

En abril del año 2002 la Subsecretaría de Recursos Hídricos decide ampliar el estudio al análisis de alternativas de descargar los volúmenes derivados de La Picasa a través del Arroyo Pavón, concluyendo en Junio del año 2002 los estudios indicados con la presentación del Documento **“Discusión de Alternativas de Evacuación de Excedentes de Alta Recurrencia de la Cuenca de la Laguna La Picasa a través de los Arroyos del Medio y Pavón”** (SSRH de la Nación (2002)). De este Documento resulta elegida la alternativa de evacuación a través del Ayo Pavón para desarrollar la misma a nivel de Proyecto básico, encargándose el mismo a un Grupo de trabajo de Profesionales de la Subsecretaria de Recursos Hídricos de la Nación y del Instituto Nacional del Agua, bajo la dirección de éste último.

Para el desarrollo de este proyecto se fijaron algunos parámetros de diseño y se establecieron determinadas condiciones y restricciones para ajustar los restantes. Ellos fueron:

- Caudal de evacuación de la laguna La Picasa a través del bombeo: 10 m<sup>3</sup>/s
- Caudal de diseño de la conducción: según estudio hidrológico
- Traza del canal cause las mínimas interferencias posibles en las cuencas que atraviesa
- No se volcará agua de La Picasa al Arroyo Pavón durante las crecidas propias de su cuenca de aportes, sino que solo se hará cuando el estado hídrico del sistema receptor lo permita.
- Obras y medidas para evitar o mitigar los riesgos de desbordamiento, de alteración de los niveles freáticos y de contaminación de almacenamientos superficiales y subterráneos.
- Contemplar almacenamiento temporario del agua de tránsito ante la eventualidad de paralización del bombeo.
- La laguna de Quirno, contemplando los aspectos ambientales, podrá ser utilizado con dicho propósito o se plantearán sitios alternativos.

## DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO DESCARGA DE LA LAGUNA LA PICASA AL RÍO PARANA

El proyecto en cuestión se desarrolla en diversos tramos como se observa en la figura N° 3, con distintos componentes de obras en cada uno de ellos.



Figura N° 3 Ubicación y componentes principales del Proyecto Descarga de la laguna La Picasa al Río Paraná

### **Tramo 1 La Picasa – Los Patos**

El tramo se inicia en la Estación de bombeo existente que tiene un capacidad de 5 m<sup>3</sup>/s, la que debe ser ampliada a 10 m<sup>3</sup>/s para cumplir con el objetivo fijado. Actualmente, el canal existente para el caudal indicado, se ha cerrado y obstruido en algunas secciones con “tapones” para que dicho escurrimiento no pase hacia la zona de la laguna el Chañar. El proyecto de redimensionamiento geométrico del canal en este tramo se realiza sobre la base de un caudal de bombeo de 10 m<sup>3</sup>/s en la entrada y considerando los distintos trechos suman 27 Km. de canal, sobre una extensión total del tramo de 42,7 Km. El canal intercepta diferentes lagunas que pueden actuar como áreas de almacenamiento y laminación (La Larga, Tuerto Venado, La Infinita, Martín García y Los Patos).

En la laguna Los Patos se proyecta construir una obra de control compuesta por vertederos con compuertas verticales; un vertedero constituye la salida hacia el canal que va hacia la Laguna Quirno y el otro permite la salida hacia el canal actual que se dirige a la laguna el Chañar. Dispone también de un evacuador de crecidas

### **Tramo 2 Los Patos – Quirno**

El tramo laguna Los Patos – laguna Quirno inclusive, constituye el denominado segundo tramo, donde también se proyecta la construcción de una estructura de control compuesta por un vertedero con compuertas, a la salida de la laguna Quirno. Este tramo tiene una longitud de 49 Km. de canal, mas una extensión de unos 7,5 Km. en la laguna

### **Tramo 3 Quirno – Juncal**

Luego de la laguna Quirno se proyecta un canal que conecta la mencionada laguna con el canal Pelao, que deberá readecuarse hasta su intercepción con el canal Juncal, siendo este el 3° tramo que finaliza con dos obras de derivación compuesta por dos vertederos con compuertas verticales uno que deriva aguas hacia el canal Alcorta y el otro hacia el canal Juncal y este finaliza en el Arroyo del Medio. En este tramo de proyecto se realiza el estudio sobre dos alternativas de trazas: Alternativa Hughes (48,6 Km.) y Alternativa Wheelwrigth (44,5 Km.).

### **Tramo 4 Juncal – Ayo Alcorta**

El cuarto tramo de estudio esta formado por el canal de 11,3 Km. de extensión que conecta la obra de derivación en la intersección del canal Pelao - canal Juncal con el arroyo Alcorta y que tiene por finalidad trasvasar el caudal de bombeo y aportes en ruta a la cuenca del Ayo Pavón

### **Tramo 5 Ayo Alcorta – Ayo Pavón**

Este tramo de un total de 104,2 Km. se desarrolla íntegramente en la cuenca del Ayo Pavón y se subdivide en tres subtramos

Subtramo canal Alcorta: comprende el canal Alcorta, en una extensión de 14,8 Km., hasta descargar sus aportes en el Arroyo Pavón, incluyendo tareas de adecuación del cauce y de obras de arte existentes.

Subtramo ayo Pavón- Ayo El Sauce: corresponde a la primera parte del Arroyo Pavón, que partiendo de la desembocadura del Canal Alcorta termina en la descarga del Arroyo El Sauce, en una extensión de 37,4 Km. Involucra tareas de adecuación del cauce y de obras de arte existentes.

Subtramo Ayo Pavón – desembocadura: se corresponde con la segunda parte del Arroyo Pavón, que se inicia en la desembocadura del Arroyo El Sauce. A través de un recorrido de 52 km descarga en el Río Paraná. No se han previsto adecuaciones de cauce con motivo de la descarga de la Laguna La Picasa por presentar una capacidad de conducción suficiente.

## **PARÁMETROS DE DISEÑO HIDROLÓGICOS-HIDRAULICOS**

Para determinar el caudal de diseño del canal en los diversos tramos se consideró que se debía evacuar el caudal de bombeo de 10 m<sup>3</sup>/s y a ello había que sumar los aportes en ruta tanto superficiales como subterráneos. También había que cumplir con los condicionantes fijados para el proyecto indicados en la última parte de Antecedentes, especialmente en lo referente a causar las mínimas interferencias, evitar el desborde y adaptarse a los períodos en que el cuerpo receptor, el ayo Pavón, tuviera capacidad para recibir aportes.

### **Determinación de aportes subterráneos**

Para la determinación de los aportes subterráneos (**Sosa, D; Palazo R. y otros**; (2004)). se realizaron observaciones de campo en canales existentes. El canal San Urbano, y otros próximos a la localidad de Alcorta, fueron seleccionados para las observaciones programadas. Por otro lado, a partir de información hidrogeológica generada en el campo se modelaron dos áreas, una donde predominan sedimentos superficiales arenoso y otra con sedimentos limosos.

En los canales del área se realizaron aforos por vadeo, utilizándose micromolinetete y seleccionando secciones que permitieran un buen cálculo de las áreas de las secciones de aforo. Los caudales base determinados a partir de aforos denotan una gran variación. En el canal San Urbano se midieron caudales provenientes del flujo subterráneo desde 21 l / Seg/ km de canal a 187 l/seg / km en algunos tramos. Se aclara que este canal se encuentra en sedimentos limosos. En otros canales menores los valores medidos resultaron inferiores a 10 l/seg/ km.

Los valores de aportes subterráneos obtenidos a partir de la aplicación de MODFLOW en dos áreas seleccionadas para estudios en detalle (Zonas arenosas de Villa Cañas y lomas de Alcorta) se encuentran dentro de los valores medidos y presentan una gran sensibilidad frente a las variaciones de las pendientes piezométricas entre los niveles freáticos y el tirante dentro del canal.

Las condiciones más favorables para que el canal descargue la freática se darán con un canal prácticamente vacío y una freática alta. Para estimar esta situación y considerando las características constructivas del canal proyectado y un tirante 0.10 m, luego de un año de funcionamiento los caudales resultantes fueron, en el sector arenoso 12 l/s/km y para sedimentos limosos del orden de 35 l/s/km (efecto de alta pendiente).

Cuando el canal esté con su tirante máximo de escurrimiento, la simulación muestra que la descarga de la freática es aún mucho menor, por lo que el caudal aportado al canal en tramos de unos 50 Km., no llega al m<sup>3</sup>/s., por lo cual no resulta determinante para establecer para establecer la capacidad de conducción del canal.

### **Determinación de aportes superficiales**

Para determinar los aportes en ruta superficiales (**Giacosa R y otros**, (2004)), se realizó el estudio hidrológico de todas las cuencas que atraviesa la traza del canal para determinar los caudales de aporte de las mismas utilizando el modelo ARHYMO para tormentas de diseño de 2, 5, 10, 50 y 100 años de recurrencia.

A partir de estos resultados y teniendo en cuenta la ubicación topográfica de la traza se procuró que la mayoría de las cuencas de aporte que se atravesaran, no fueran captadas por el canal, sino que los aportes de las mismas pasaran a través de alcantarillas, puente canal o sifones.

Con aquellas cuencas que necesariamente eran incorporadas por el canal, se efectuó un estudio hidráulico de simulación (**Collins J. y otros**, (2004)) con el modelo ISIS FLOW, para los hidrogramas de aporte de las diferentes recurrencias estudiadas y diferentes geometrías y dimensiones del canal.

Como resultado de estos análisis (**Paoli, C. y otros**, (2004)) se conforman 3 subsistemas hídricos de características de funcionamiento hidrológico diferente, antes de entrar en la cuenca del ayo Pavón que son:

- La Picasa – Los Patos
- Los Patos – Quirno
- Quirno – Juncal

Se acepta que mientras se producen lluvias **de importancia** en las cuencas de aportes intermedias, **que es imposible no captar**, es decir **que si o si se incorporan** al canal proyectado, **el bombeo desde La Picasa se detiene**, evitando la superposición para permitir el escurrimiento de los excedentes de lluvias sin desbordamiento en el canal y de forma tal de no transferir aportes locales extraordinarios a la cuenca del Ayo Pavón.

Se acepta por lo tanto que cuando se dan las condiciones anteriores, en cada uno de los subsistemas indicados, los excedentes de lluvia locales deben manejarse internamente en cada subsistema y según sus salidas naturales o actuales (si existen), de forma tal de no transferir los mismos a través del nuevo canal proyectado hacia cuencas vecinas que actualmente no reciben dichos aportes.

En caso contrario se debería duplicar las dimensiones de los distintos tramos de canal proyectado y el aumento de los caudales conducidos serían incompatibles con los conducidos por el Ayo Pavón en la actualidad.

### **Subsistema La Picasa – Los Patos**

Como ya se expresó, la traza del canal discurre por una línea de bajos que vincula distintos cuerpos de agua hasta la laguna Los Patos, por lo que los excedentes pluviales de toda el área se incorporan al canal. Esto implica que mientras se produzcan precipitaciones en las zonas de aportes propias los excedentes se irán acumulando en los bajos y lagunas y escurriendo hacia la Laguna Los Patos, donde en la actualidad se retienen finalmente, mientras no se desborde siguiendo las zonas más bajas.

El criterio básico de diseño adoptado es el de tratar de retener al máximo dentro del área los excedentes pluviales y no transferirlos hacia aguas abajo y a la vez no bombear desde La Picasa mientras el canal esté ocupado en proporción importante con escurrimiento de lluvias locales.

Las condiciones y parámetros de diseño y operación que se adoptaron son:

- El canal existente de interconexión entre la Estación de bombeo en la Picasa y el ingreso a la laguna Los Patos, originalmente dimensionado para 5 m<sup>3</sup>/s, se redimensionó con 10 m<sup>3</sup>/s.
- Se dispuso de umbrales en los cuerpos de agua, de forma tal de retener un volumen mínimo en cada uno.
- La obra de control de Los Patos hacia Quirno, se dimensionó para un caudal de 15 m<sup>3</sup>/s, de los cuales 10 m<sup>3</sup>/s corresponden a situación de operación ordinaria y se dispone de un vano más de 5 m<sup>3</sup>/s para operaciones programadas de mantenimiento de compuertas y situaciones de emergencia.
- La obra de control de Los Patos hacia el sureste (actual alternativa norte cegada que va a la laguna El Chañar), se dimensionó para un caudal de 10 m<sup>3</sup>/s.
- Para la operación del sistema se prevé que no se bombeará agua de La Picasa mientras los excesos de las lluvias locales mantengan el canal ocupado.
- Mientras no se bombee de La Picasa, sino que solo se colecte escurrimiento de las áreas de aportes, no se deja pasar agua hacia la traza que va a Quirno, mientras el canal hacia aguas abajo esté ocupado.
- En el caso anterior, se analiza en que proporción se dejará pasar agua desde Los Patos hacia el sureste (actual alternativa norte cegada) en función de la capacidad de almacenamiento en Los Patos y aguas arriba.
- Se prevé una obra de evacuación de crecidas con salida hacia el sureste para funcionar en el caso de crecidas extraordinarias, con cota de vertedero a 98,50 m IGM.

Los aportes de este subsistema se resumen en la tabla N° 2 siguiente

Tabla N° 2 Aportes superficiales al canal para  $T = 10$  años en el Subsistema La Picasa – Los Patos

Hidrogramas de áreas de aporte	Recurrencia de 10 años		
	Q (m <sup>3</sup> /s)	Tp (h)	Volumen (hm <sup>3</sup> )
Area aporte de la Lag La Larga 311-308	19,2	607,67	0,7
Area aporte de la Lag La Larga 501-306	7,1	608,34	0,5
Area aporte de la Lag Tuerto Venado 307-309	18,6	611,12	1,1
Area aporte de la Lag Tuerto Venado 102	9,0	613,95	0,9
Area aporte de la Lag Tuerto Venado 310	7,4	607,06	0,2
Area aporte de la Lag La Infinita 103-104-119	22,3	607,09	1,0
Area aporte de la Lag La Infinita 321	8,2	606,66	0,2
Area aporte de aguas arriba de Ruta Nac 14	15,8	607,88	0,6
Area aporte de aguas debajo de Ruta Nac 14	23,0	607,92	1,0
Area aporte de la Lag Martín Garcia 504-333	8,21	609,30	1,0
Area aporte de la Lag Martín Garcia 124-126	37,5	631,1	6,2
Area aporte de la Lag Los Patos 117	23,3	630,81	4,3
Area aporte de la Lag Los Patos 112	11,1	612,40	1,2

### Subsistema Los Patos – Quirno

La principal característica de este subsistema es que la traza del canal no va en general por la parte más baja del terreno, sino que se desarrolla en sentido transversal a la dinámica general de escurrimiento, por lo que se interceptan subcuencas y áreas de aporte cuyos derrames debe pasar por debajo del canal o ser incorporados al mismo según las posibilidades topográficas. El canal que parte de la laguna Los Patos, concluye en la laguna Quirno.

La laguna Quirno ocupa en la actualidad un área de unos 53 km<sup>2</sup> (5267 Ha) para una cota de inundación de 94,50 m IGM siendo la totalidad del área de aportes directa de unos 138 km<sup>2</sup> (incluido el cuerpo de agua actual). Todos los excedentes pluviales del área de aportes directa confluyen al cuenco

Se prevé que este cuerpo de agua actúe como regulador de los aportes proveniente del canal y de su propia cuenca de aportes, por lo cual para el dimensionamiento de las obras de control y para fijar los niveles de operación del embalse,

Las condiciones y parámetros de diseño y operación que se adoptan son:

- Se dimensionó el canal principal para 15 m<sup>3</sup>/s y un tirante de operación normal de 1,5 m.
- Las obras de paso de cañadas que **no son interferidas**, se dimensionaron para dejar pasar las crecidas que corresponden a tormentas de diseño de  $T = 50$  años, excepto para el paso del Sistema de Las Encadenadas que por su importancia se dimensionó para  $T = 100$  años.
- Las obras de captación y control de excedentes que **son interferidos y se incorporan** al canal, son dimensionadas para  $T = 10$  años. Para mayores recurrencias se producirán anegamientos transitorios en margen izquierda del canal o los excesos pasarán hacia aguas abajo siguiendo la pendiente natural del terreno, según las cotas del canal principal
- La obra de control de Quirno hacia Juncal, se dimensionó para un caudal de 15 m<sup>3</sup>/s, de los cuales 10 m<sup>3</sup>/s corresponden a situación de operación ordinaria y se dispone de un vano más de 5 m<sup>3</sup>/s para operaciones programadas de mantenimiento de compuertas y situaciones

de emergencia. La Cota de umbral de vertedero 92,5 m IGM y la cota de solera del canal de salida hacia Juncal es de 91,50 m IGM

- El caudal de aporte desde Los Patos estará limitado por la capacidad máxima de conducción del canal, pero el volumen de ingreso dependerá por un lado del bombeo de La Picasa (con la posibilidad de interrupción del mismo), de la política de operación de Los Patos y de los aportes debido a lluvias de las áreas que se incorporan entre Los Patos y Quirno.

- Las lluvias en la cuenca propia deben ser almacenadas, para lo cual se adopta una recurrencia para operación normal de T = 10 años y una recurrencia para la revancha de T = 100 años. O sea no se prevé una obra para evacuación de crecida extraordinaria, sino que se almacena la misma.

- No se dejará pasar agua hacia aguas abajo mientras el canal de salida esté ocupado evacuando escurrimientos de lluvias locales entre Quirno y Juncal o mientras la capacidad de recepción del Pavón no lo permita.

Los aportes de este subsistema se resumen en la tabla N° 3 siguiente

Tabla N° 3 Aportes superficiales al canal para T = 10 años en el Subsistema Los Patos – Quirno

Hidrogramas de áreas de aporte	Recurrencia de 10 años		
	Q (m <sup>3</sup> /s)	Tp (h)	Volumen (hm <sup>3</sup> )
Area aporte Morgan 1 (381)	2,3	607,5	0,1
Area aporte El Porvenir (c+d)	6.0	612	0,6
Area aporte Zallio 3 (320)	3.0	610,3	0,2
Area aporte Zallio 1 (380)	2,9	613,4	0,2
Area aporte de la Laguna Quirno	39,5	615	6,3

### Subsistema Quirno – Juncal – Pavón

Entre la salida de la laguna Quirno y la intersección con el canal existente de Juncal (que forma parte de la cuenca del Ayo del Medio), el escurrimiento superficial esta asociado a un sistema de cañadas y lagunas interconectadas cuyo desarrollo tiene dirección noroeste-sureste, pero de una complejidad mayor y su interrelación con la traza del canal depende fuertemente de la ubicación de dicha traza. Se trata además de una zona altamente intervenida con canalizaciones de distintas trazas y capacidades. Se han desarrollado dos variantes de trazas denominadas “Variante Hughes y Variante Wheelwright”

Las condiciones y parámetros de diseño y operación que se adoptan son:

- Se dimensionó el canal principal para 15 m<sup>3</sup>/s y tirante normal de operación de 1,5 m.

- Las obras de paso de cañadas que **no son interferidas** se dimensionaron para dejar pasar las crecidas que corresponden a tormentas de diseño de T = 50 años, excepto para el paso de la Cañada Chañarito que por su importancia se dimensionó para T = 100 años.

- Las obras de captación y control de excedentes que **son interferidos y se incorporan** al canal son dimensionadas para T = 10 años. Para mayores recurrencias se producirán anegamientos transitorios en margen izquierda del canal o los excesos pasarán hacia aguas abajo siguiendo la pendiente natural del terreno, según las cotas del canal principal

- Mientras se está bombeando desde la Picasa y no hay aportes propios del Juncal por lluvias locales, se deja pasar todo el caudal hacia Arroyo Pavón.

- Mientras no se está bombeando de la Picasa y se producen aportes por lluvias locales del tramo Quirno-Juncal y propios del Juncal, se deja pasar una parte hacia el arroyo Pavón (si este lo permite) y otra parte hacia Arroyo del Medio.

- Para la situación anterior y en el caso de que el arroyo Pavón esté también drenando sus propios aportes, los excedentes son derivados hacia el ayo del Medio.

- La obra de control hacia la cuenca del arroyo Pavón, se dimensionó para un caudal de 20 m<sup>3</sup>/s, de los cuales 15 m<sup>3</sup>/s corresponden a situación de operación ordinaria y se dispone de un vano más de 5 m<sup>3</sup>/s para operaciones programadas de mantenimiento de compuertas y situaciones de emergencia.

- La obra de control hacia arroyo del Medio, se dimensionó para un caudal de 25 m<sup>3</sup>/s, de los cuales 20 m<sup>3</sup>/s corresponden a situación de operación ordinaria y se dispone de un vano más de 5 m<sup>3</sup>/s para operaciones programadas de mantenimiento de compuertas y situaciones de emergencia.

- Se prevé una obra de evacuación de crecidas con salida hacia el sureste para funcionar en el caso de crecidas extraordinarias.

- Se conforma un almacenamiento artificial en la intersección de el Pelado con el Juncal, necesario para la operación de las Obras de Control.

Los aportes de este subsistema se resumen en la tabla N° 4 siguiente

*Tabla N°4 Aportes superficiales al canal para T = 10 años en el Subsistema Quirno – Juncal*

Hidrogramas de áreas de aporte Alternativa Hughes	Recurrencia de 10años		
	Q (m <sup>3</sup> /s)	Tp (h)	Volumen (hm <sup>3</sup> )
Area aporte Spinetta (309)	1,8	612,5	0,2
Area aporte Chanarito 2-3s-3n	15,2	608,8	0,9
Area aporte Pelao	10,2	654	4,9
Area aporte A° Juncal	13,1	613	5,5
Hidrogramas de áreas de aporte – Alternativa Wheelwright	Recurrencia de 10años		
	Q (m <sup>3</sup> /s)	Tp (h)	Volumen (hm <sup>3</sup> )
Area aporte Spinetta (309)	3,3	612,5	0,4
Area aporte Chanarito 3n	8,4	608,7	0,4
Area aporte Pelao	10,2	654	4,9
Area aporte A° Juncal	13,1	613	5,5

## DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

### Obras de canalización

**Traza:** de acuerdo a lo indicado en la descripción general del Proyecto y de los parámetros de diseño, la traza del canal se encontraba predeterminada de la etapa de análisis de prefactibilidad e inclusive, la primera parte entre La Picasa y Los Patos se encuentra fijada por la tratarse de obra existente a adecuar. En el resto del recorrido solo se hicieron adaptaciones a partir de la topografía de detalle.

**Cotas y pendientes:** en los tres subsistemas descritos, las cotas de partida y llegada del canal están fijadas por los cuerpos de agua que se encuentran en los extremos, ya sea laguna Los Patos, laguna Quirno, canal Juncal y canal Alcorta, por lo que las pendientes estaban condicionadas a esas cotas y a la topografía intermedia.

**Tirante:** Con la finalidad de interferir lo menos posible con el nivel de la capa freática, se utilizó un tirante de cálculo hidráulico de 1,5 m.

**Talud:** se adoptó en función de las características geotécnicas del terreno y de los cortes previstos del terreno natural.

Las características del canal en los distintos tramos se presentan en las tablas N° 5 a 9. La verificación hidráulica se efectuó con los modelos ISIS-FLOW y MIKE11 (Collins, J. Brea, D. y otros, (2004))

*Tabla N° 5 Características de las obras de canalización en el tramo 1*

Tramo 1	Longitud (m)	Tirante (m)	Solera (m)	Talud	Pendiente
La Picasa –La Larga	9338	1.50	10.7	2	0.000109
La Larga –T. Venado	1800	1.50	10.3	2	0.000130
T.Venado –La Infinita	1700	1.50	10.3	2	0.000129
La Infinita –Pr 78.500	9.400	1.50	7	2	0.000255
Pr78.500-MartínGarcía	2400	1.50	4.5	2	0.001192
MartínGarcía–LosPatos	2400	1.50	6.5	2	0.00038

*Tabla N° 6 Características de las obras de canalización en el tramo 2*

Tramo 2	Longitud (m)	Tirante (m)	Solera (m)	Talud	Pendiente
Los Patos –Prog. 1218.49	47816	1.50	16.85	2.25	0.0001045
Prog. 1218.49 –Quirno	1218	1.50	6.7	2.25	0.000517

*Tabla N° 7 Características de las obras de canalización en el tramo 3*

Tramo 3	Longitud (m)	Tirante (m)	Solera (m)	Talud	Pendiente
Quirno –Juncal (alt.Hughes)	48549	1.50	14.05	2.25	0.000147
Quirno –Juncal (alt. Weelrig)	44475	1.50	13.40	2.25	0.000161

*Tabla N° 8 Características de las obras de canalización en el tramo 4*

Tramo 4	Longitud (m)	Tirante (m)	Solera (m)	Solera Mín (m)	Pendiente
Prog <b>105502</b> – 104233 (Emp. canal Juncal –Pelao)	11269	1.50	21.30	22	0.0012

*Tabla N° 9 Características de las obras de canalización en el tramo 5*

Tramo 5 (talud variable, curso natural)	Longitud (m)	Tirante (m)	Solera (m)	Solera Mín (m)	Pendiente
Prog <b>104233</b> (Camino Alcorta – Juncal) – 100783	3450	1.50	8.10	8	0.000678
Prog <b>100783</b> (Camino Alcorta – Juncal) – 97142	3641	1.50	6.15	8	0.00106
Prog <b>97142</b> (Camino pavim. Bigand – Pergamino) – 89390	7752	1.50	6.55	8	0.00096
Prog <b>89390</b> (Ingreso Arroyo Pavón) – 84464	4926	1.50	9.30	9	0.00054
Prog <b>84464</b> (Camino Pearson – Máximo Paz) – 81883	2581	1.50	9.20	9	0.00055
Prog <b>81883</b> (Camino Peyrano – Máximo Paz) – 80789	1094	1.50	5.65	9	0.0012
Prog <b>80789</b> (Puente ruta provincial. 90) – 78156	2633	1.50	8.40	9	0.00064
Prog <b>78156</b> (Puente ex FCGBM) – 67055	11101	1.50	6.90	9	0.00088
Prog <b>67055</b> (Puente camino Maizales Peyrano) – 57868	9187	1.50	7.75	9	0.00073
Prog <b>57868</b> (Pte. camino Pavón arriba- Ma. Teresa) – 55674	2194	1.50	7.50	9	0.00111
Prog <b>55674</b> (Puente RPN 178 Pergamino – Rosario) - 52011	3663	1.50	8.45	9	0.00063

## Obras de control

El diseño de las obras de control consiste en un vertederos de pared gruesa con compuertas planas, compuesto por módulos de 2.20 metros de ancho y cuenco dissipador a resalto tipo plano sin accesorios. En las Figuras N° 4, 5 y 6 se presentan esquemas en planta y corte de una de las obras de control, detallándose las dimensiones geométricas.

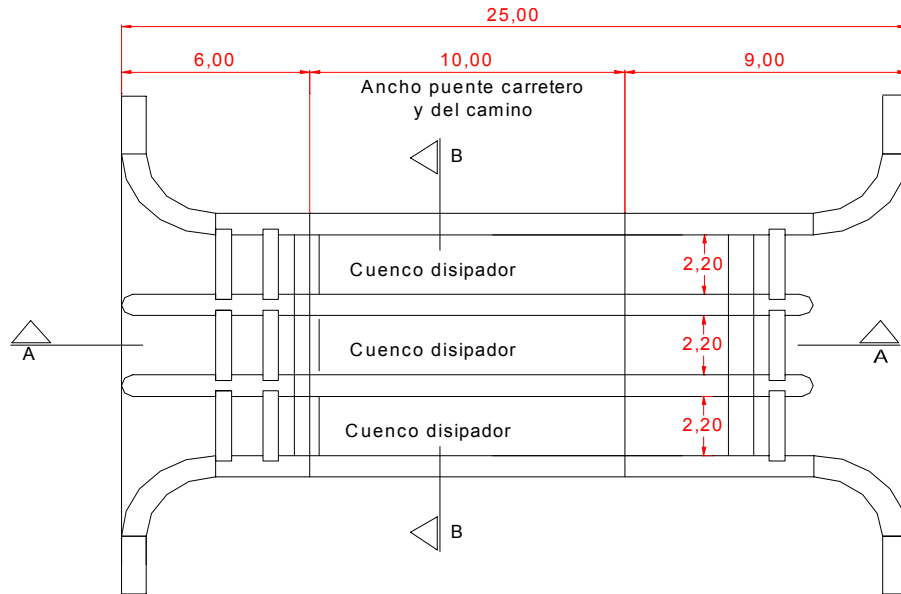


Figura N° 4.- Obra de Control, vista en planta

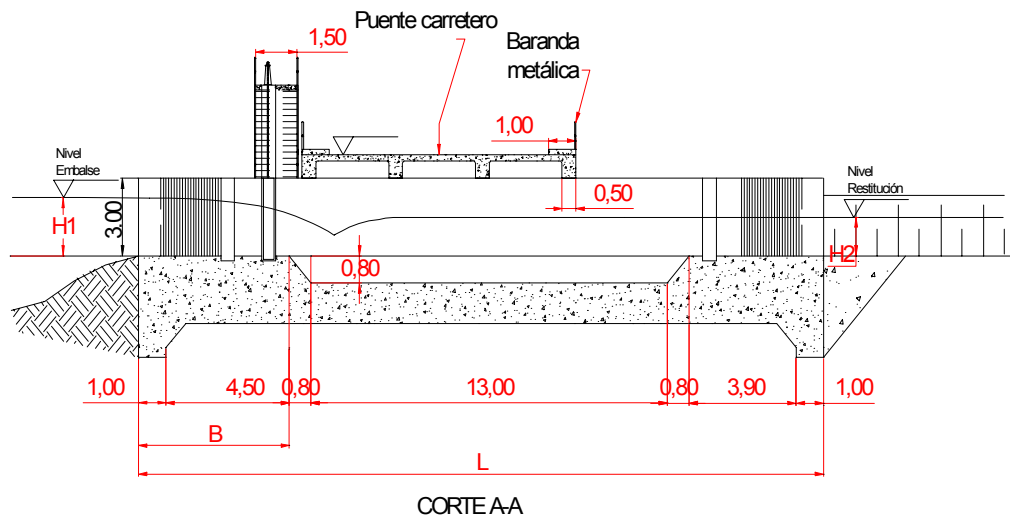
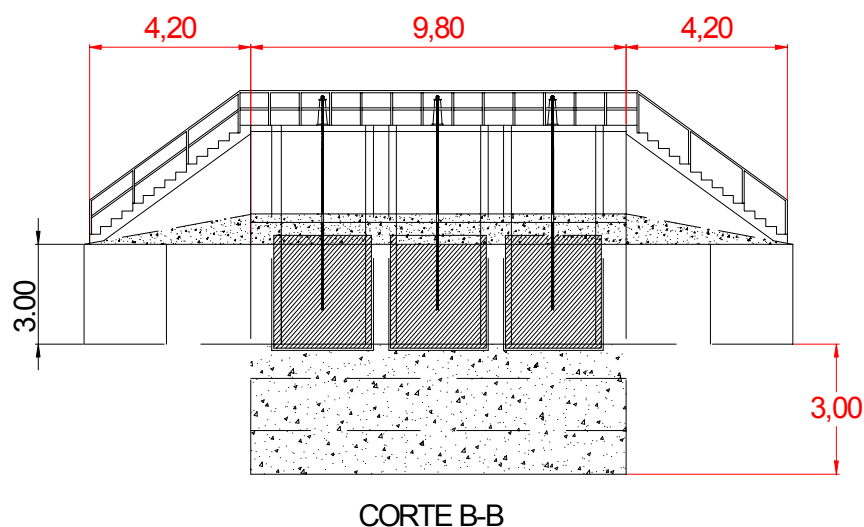


Figura N° 5.- Obra de control, vista corte longitudinal



*Figura N° 6.- Obra de Control, vista corte transversal*

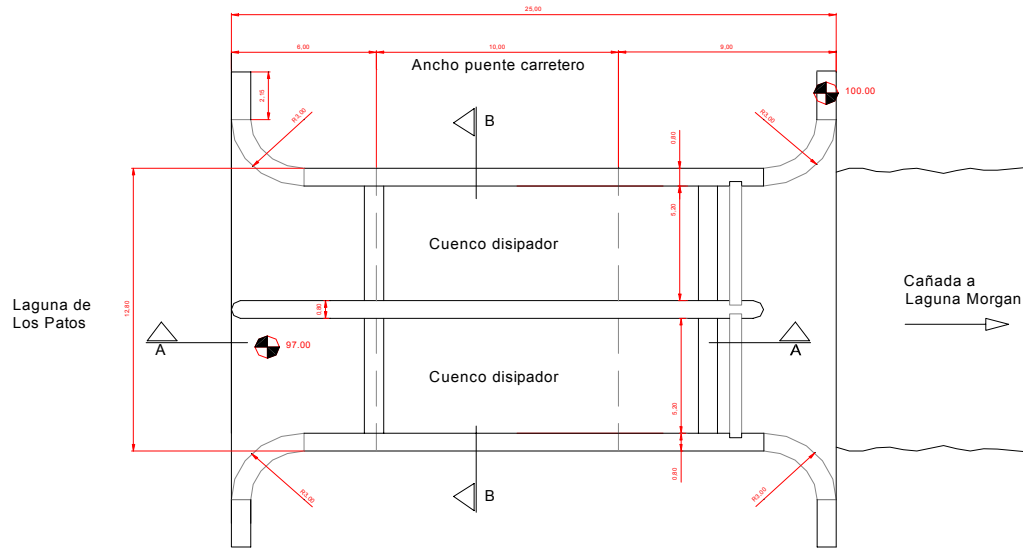
Las capacidades de las Obras de Control proyectadas que se verificaron con los modelos ISIS-FLOW y MIKE11 (Collins, J. Brea, D y otros, (2004)), se indican en la tabla N° 10 siguiente

*Tabla N° 10 Cotas de vertedero y caudal de diseño de las Obras de Control proyectadas*

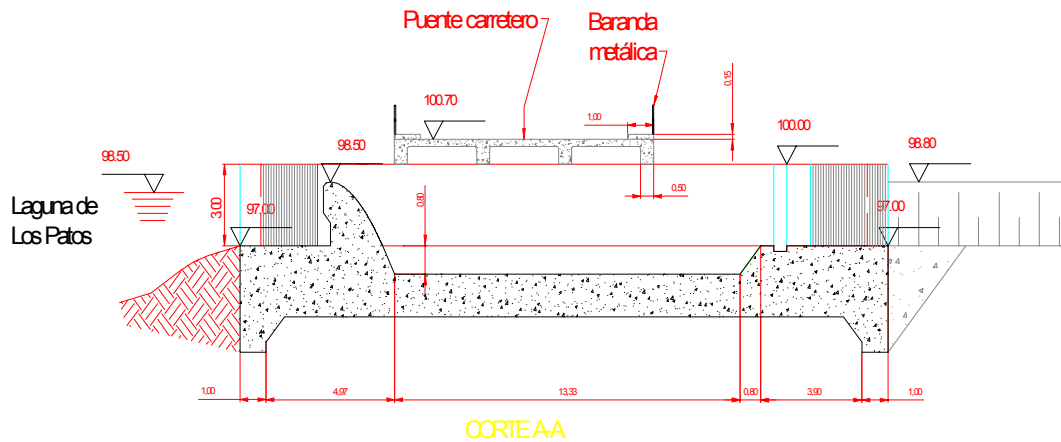
<b>Designación</b>	<b>Cota verted. [m IGM]</b>	<b>Caudal diseño [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>Numero de Vanos</b>	<b>Caudal máximo [m<sup>3</sup>/s]</b>
Obra de Control de laguna Los Patos hacia laguna Quirno	97.00	10,0	3	15,0
Obra de Control de laguna Los Patos hacia laguna Chañar	97.00	15,0	4	20,0
Obra de Control de laguna Quirno hacia Juncal	92.50	15.0	4	20,0
Obra de Control de Juncal hacia Ayo Pavón	84.08	15.0	4	20,0
Obra de Control de Juncal hacia Ayo del Medio	84.13	20.0	5	25,0

### **Evacuadores de crecidas**

El diseño de los evacuadores de crecida consiste en un vertedero sin compuerta de perfil normal tipo Creager y cuenco disipador a resalto tipo plano sin accesorios. En las Figuras N° 11 y 12 se presentan los esquemas en planta y corte de un evacuador de crecidas, detallándose las dimensiones geométricas.



**Figura N° 11.- Evacuador de Crecidas, vista en planta**



**Figura N° 12.- Evacuador de Crecidas, vista corte longitudinal**

Los evacuadores de crecidas se denominan de la siguiente manera:

- Laguna Los Patos con descarga hacia laguna el Chañar, con Q máximo de 44 m<sup>3</sup>/s.
- Empalme Juncal-Pelao con descarga hacia ayo del Medio, con Q máximo de 52 m<sup>3</sup>/s.

## OPERACIÓN DEL SISTEMA

Los escenarios Hidrológicos bajo los cuales se prevén la operación de todo el sistema de obras (Paoli, C. y otros, (2004)), que se resumen en la tabla N° 11, son los siguientes:

**Sin lluvias en la región y necesidad de bombeo:** La laguna La Picasa se encuentra en niveles que hace necesario el bombeo a través de las obras proyectadas y no se presentan lluvias en

las áreas de aportes que atraviesa el canal ni en la cuenca del arroyo Pavón, con lo cual se puede efectuar un bombeo continuo en el valor máximo de 10 m<sup>3</sup>/s.

**Con lluvias ordinarias y necesidad de bombeo:** La laguna La Picasa se encuentra en niveles que hace necesario el bombeo a través de las obras proyectadas y se presentan lluvias ordinarias de recurrencia T menor a 10 años en las áreas de aportes que atraviesa el canal y/o en la cuenca del arroyo Pavón, con lo cual el bombeo debe restringirse entre 5 a 10 m<sup>3</sup>/s según la magnitud de los aportes en ruta y la capacidad de conducción de las obras.

**Con lluvias extraordinarias:** Con lluvias de una magnitud correspondiente a 10 o más años de recurrencias en las áreas de aportes que atraviesa el canal y/o en la cuenca del arroyo Pavón, el bombeo desde la Picasa debe interrumpirse.

**Sin lluvias en la región y sin necesidad de bombeo:** La laguna La Picasa se encuentra en niveles que no hacen necesario el bombeo a través de las obras proyectadas y no se presentan lluvias en las áreas de aportes que atraviesa el canal ni en la cuenca del arroyo Pavón, con lo cual las obras de conducción transportarán solamente descarga de aguas subterráneas

*Tabla N° 11 Operación del sistema de obras bajo diferentes escenarios*

Dispositivo a Operar	Escenarios Hidrológicos			
	Sin lluvias en la región y necesidad de bombeo	Con lluvias ordinarias y necesidad de bombeo	Con lluvias extraordinarias	Sin lluvias en la región y sin necesidad de bombeo
Estación de bombeo La Picasa	Bombeando 10 m <sup>3</sup> /s	Bombeando entre 5 y 10 m <sup>3</sup> /s	Sin bombeo	Sin Bombeo
Obra control Los Patos-Quirno	Compuertas abiertas 10 m <sup>3</sup> /s	Compuertas abiertas 10 m <sup>3</sup> /s	Compuertas cerradas	Compuertas cerradas
Obra Control Los Patos-Chañar	Compuertas cerradas	Compuertas abiertas Q variable	Compuertas abiertas Q variable	Compuertas cerradas
Evacuador de Crecidas Los Patos-Chañar	Sin vertido	Sin vertido	Vertido libre Q variable	Sin vertido
Obra Control Quirno-Juncal	Compuertas abiertas 10 m <sup>3</sup> /s	Compuertas abiertas 10 m <sup>3</sup> /s	Compuertas cerradas	Compuertas cerradas
Obra Control Juncal-Ayo Pavón	Compuertas abiertas 10 m <sup>3</sup> /s	Compuertas abiertas 15 m <sup>3</sup> /s	Compuertas cerradas	Compuertas cerradas
Obra Control Juncal-Ayo del Medio	Compuertas cerradas	Compuertas abiertas Q variable	Compuertas abiertas Q variable	Compuertas abiertas Q variable
Evacuador de Crecidas Juncal-Ayo del Medio	Sin vertido	Sin vertido	Vertido libre Q variable	Sin vertido

El sistema de obras fue simulado en su comportamiento tanto con tormentas de diseño como con precipitaciones de años reales típicos, a partir de la modelación hidrológica continua con HEC-HMS (**Giacosa R y otros, (2004)**) y a partir de modelación hidráulica con ISIS-FLOW (**Collins, J. Brea, D y otros, (2004)**).

A modo de ejemplo se presentan en la tabla N° 12, los resultados de la simulación del comportamiento del canal proyectado y de las lagunas de laminación intermedias para una situación hidrológica continua extrema considerando como hipótesis las lluvias ocurridas en los años lluviosos 1999 y 2001. El sistema analizado corresponde al canal proyectado, las obras de control proyectadas y a un sistema de áreas de aporte como las indicadas. Las reglas operativas del funcionamiento de las compuertas en las obras de control, corresponden a los considerados anteriormente.

**Modo de operación con Bombeo**

Caudal de Bombeo en la Lag La Picasa  $10\text{m}^3/\text{s}$

Caudal hacia la Laguna El Chañar lo que sale por el vertedero

Caudal hacia la Laguna Quirno  $10\text{m}^3/\text{s}$

Caudal hacia el Canal Alcorta  $15\text{m}^3/\text{s}$

**Modo de operación sin Bombeo**

Caudal de Bombeo en la Laguna La Picasa  $0\text{m}^3/\text{s}$  50 hr. antes de las lluvias y mientras dura el evento

Caudal hacia la Laguna El Chañar lo que sale por el vertedero

Caudal hacia la Laguna Quirno  $0\text{m}^3/\text{s}$  50 hr. antes de las lluvias y mientras dura el evento

Caudal hacia el Canal Alcorta  $0\text{m}^3/\text{s}$  50 hr. antes de las lluvias y mientras dura el evento

Tabla N° 12 Cotas y caudales para la operación de las obras de control para lluvias del tipo 1999 y 2001

		<b>Alt. Wheelwright</b>	
<b>Los Patos-Chañar</b>		<b>Año 1999</b>	<b>Año2001</b>
Con Bombeo	H(m)=	99.75	100.35
	Q(m <sup>3</sup> /s)=	31.39	35.99
Sin Bombeo	H(m)=	99.84	99.85
	Q(m <sup>3</sup> /s)=	32.09	38.46
<b>Los Patos-Quirno</b>		<b>Año 1999</b>	<b>Año2001</b>
Con Bombeo	H(m)=	99.75	100.35
	Q(m <sup>3</sup> /s)=	11.09	10.6
Sin Bombeo	H(m)=	99.84	99.85
	Q(m <sup>3</sup> /s)=	2	1.5
<b>Quirno-Juncal</b>		<b>Año 1999</b>	<b>Año2001</b>
Con Bombeo	H(m)=	93.84	94.02
	Q(m <sup>3</sup> /s)=	9.7	10.05
Sin Bombeo	H(m)=	93.88	94.04
	Q(m <sup>3</sup> /s)=	1.39	1.9
<b>Juncal-Alcorta</b>		<b>Año 1999</b>	<b>Año2001</b>
Con Bombeo	H(m)=	86.20	86.69
	Q(m <sup>3</sup> /s)=	12	10.
Sin Bombeo	H(m)=	86.50	86.65
	Q(m <sup>3</sup> /s)=	2	2
<b>Juncal-Ayo del Medio</b>		<b>Año 1999</b>	<b>Año2001</b>
Con Bombeo	H(m)=	86.20	86.69
	Q(m <sup>3</sup> /s)=	6.4	22.
Sin Bombeo	H(m)=	86.50	86.7
	Q(m <sup>3</sup> /s)=	11	30

A partir de todas las simulaciones realizadas es evidente que resulta posible operar adecuadamente el sistema de obras para cumplir con todas las premisas fijadas, pero no es menos cierto que se requiere para ello un muy buen procedimiento para la operación y para la toma de decisión.

A tal efecto se ha proyectado un completo sistema de monitoreo hidrológico a tiempo real que alimentará a un modelo de transformación lluvia caudal, que a su vez será el input de un modelo explícito de operación del sistema de obras. Todo ello deberá ser operado por una Unidad Técnica específica.

Para que el contralor de todo esto resulte eficiente se propone también la conformación de un comité de usuarios del cual dependerá la Unidad Técnica de Operación del Sistema y además deberá encargarse de controlar las intervenciones no autorizadas (principalmente canales clandestinos) que pueden alterar las relaciones hidrológicas sobre las cuales se consideraron los aportes en ruta.

## CONCLUSIONES

El Proyecto de Descarga de la laguna La Picasa al Río Paraná, ha sido desarrollado para permitir el bombeo de 10 m<sup>3</sup>/s. desde dicho cuerpo de agua con el objeto de bajar su nivel.

Para lograrlo se requiere una vía de evacuación que realiza un recorrido total de unos 270 Km. entre canal construido, tránsito por lagunas y escurrimiento en cauces naturales.

Se ha procurado evitar al máximo la incorporación de caudales en ruta y para aquellas áreas de aportes que no es posible salvar, se considera una recurrencia de T = 10 años para su incorporación y para calcular los caudales en ruta.

Para cumplir con el requerimiento de trasvasar al Ayo Pavón solo el caudal de bombeo y un mínimo de aportes en ruta, de forma tal que sea compatible con los caudales propios y con su capacidad de conducción, se limita la capacidad de los canales al caudal que surge del bombeo más el aporte en ruta para T = 10 años.

Con el fin de cumplir además con los requerimientos de evitar el desbordamiento del canal, cuando se producen lluvias **de importancia** en las cuencas de aportes intermedias (superiores a las que corresponden a T = 10 años), **el bombeo desde La Picasa se detiene.**

Cuando se dan las condiciones anteriores, en cada uno de los subsistemas indicados, los excedentes de lluvia locales deben manejarse internamente en cada subsistema y según sus salidas naturales o actuales, de forma tal de no transferir los mismos a través del nuevo canal proyectado hacia cuencas vecinas que actualmente no reciben dichos aportes.

Para lograr lo anterior se requiere por lo tanto de las obras de control proyectadas y sus evacuadores de crecidas y una correcta operación de las mismas.

En sistemas tan complejos (natural y construido) donde la Operación del Sistema de Obras, resulta el principal componente de éxito de la propuesta, resulta imprescindible la disposición de un sistema de monitoro hidrológico a tiempo real y también la participación de los usuarios en el contralor y en la toma de decisiones.

Las herramientas de modelación utilizadas ARHYMO, HEC-HMS, ISIS-FLOW, MIKE-11 y MOD-FLOW, se han mostrado aptas tanto para la determinación de parámetros de diseño como para verificación y operación del sistema de obras proyectadas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Collins J; Brea, D y otros;** (2004). “*Capítulo V Estudios hidráulicos y de Simulación. - ológicos Proyecto Descarga de la laguna La Picasa al río Paraná.*”
- FICH-UNL** (2002) “Sistematización Cuenca Laguna La Picasa – Proyecto Ejecutivo Obras Internas” Convenio DPOH-MOSPyV Prov Santa Fe con FICH-UNL
- Giacosa R; Lenzi L; Paoli C;** (2004). “*Capítulo IV Estudios hidrológicos Proyecto Descarga de la laguna La Picasa al río Paraná.*”
- Paoli C y otros;** (2004). “*Capítulo I Descripción General y Capítulo XII Operación y Monitoreo. - Proyecto Descarga de la laguna La Picasa al río Paraná.*”
- Sosa, D; Palazzo R. y otros;** (2004). “*Capítulo VI Estudios hidrogeológicos Proyecto Descarga de la laguna La Picasa al río Paraná.*”
- SSRH de la Nación** (2002) “ Alternativas de Evacuación de excedentes de alta recurrencia de la Cuenca de la laguna La Picasa a través de los Arroyos del Medio y Pavón”