

**LIMITACIONES DE DISPONIBILIDAD HIDRICA DEL RIO CHUBUT PARA NUEVAS
AREAS BAJO RIEGO O DERIVACIONES PARA OTROS FINES EN EL VALLE
INFERIOR**

Juan J. Serra (*); José Sainz Trápaga (**), Hector A. Malnero (***)

(*) Ingeniero en Recursos Hídricos, docente e investigador de la Facultad de Ingeniería

(**) Ingeniero Civil, docente e investigador de la Facultad de Ingeniería

(***) Ingeniero Civil, auxiliar docente e investigador de la Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de la Patagonia S.J.B., Trelew, Argentina

RESUMEN

El Valle Inferior del Río Chubut, en la Provincia del Chubut, se extiende desde el paraje de Boca Toma unos 60 km aguas abajo del Dique Florentino Ameghino, hasta su desembocadura en el mar en cercanías de la ciudad de Rawson. Propio de las regiones de clima semiárido, este Río constituye una vital y principal fuente de abastecimiento de agua dulce para la zona. El desarrollo de su antigua colonia agrícola bajo riego y el sostenido crecimiento de infraestructura poblacional e industrial, ha aumentado progresivamente el volumen de agua de uso consuntivo. Aún con el almacenamiento y regulación logrados por el embalse Ameghino tres décadas atrás, la aparición reciente de años secos ha mostrado algún grado de dificultad en satisfacer algunas demandas. Este trabajo, busca profundizar los conocimientos sobre las disponibilidades hídricas en el valle inferior y sus limitaciones a futuro. En su desarrollo, aparecen importantes conclusiones cuyo impacto más relevante es necesario tener presente en la planificación de posibles nuevas áreas bajo riego o de derivación de caudales importantes.

ABSTRACT

The Lower Chubut River Valley, in Chubut Province, extends from Boca Toma place, 60 km downstream from Florentino Amehino dam, to its mouth in the sea, near Rawson City. Characteristic of the semiarid climate regions, this river constitutes a vital and main source of sweet water supply for the zone. The development of the old agricultural colony with irrigation, and the sharp growth of population and industrial infrastructure has progressively increased the volume of water for consumptive use. In spite, of the storage and regulation obtained by Ameghino dam three decades ago, the recent appearance of dry years has shown a degree of difficulty in satisfying some demands. This work, looks for enlarging the knowledge about hydro availability in the lower valley and its limitation for the future. In its development, important conclusions appear, and their outstanding impact is necessary to remember in the planning of possible new irrigated areas, or derivation of important volumes.

INTRODUCCIÓN

La colonia de riego del Valle Inferior del Río Chubut tiene su origen hacia fines del siglo pasado, con la gesta de inmigración galesa. Propia de un clima semiárido, la necesidad del agua para los cultivos en la entonces colonia pastoril requirió de la construcción de una extensa red de canales de riego abastecidos desde el Río. La infraestructura de obras de hoy comprenden una extensa red de canales de riego, drenaje y sus obras anexas, que se desarrollan desde unos 60 km aguas abajo del Dique F. Ameghino y hasta su desembocadura en el mar. El sistema, abastece entre 16.000 y 24.000 hectáreas de tierras destinadas a la producción de pasturas naturales e implantadas, hortalizas y frutas de carozo. Su consumo, en la temporada de riego Setiembre-Marzo, insume en el orden de 20 m³/s de agua para este propósito.

Paralelamente, el crecimiento urbano de las localidades del Valle (28 de Julio, Dolavon, Gaiman, Trelew, Rawson, Playa Unión, incluida la ciudad de Puerto Madryn), requiere de una importante dosis de abastecimiento de agua dulce para el consumo poblacional e industrial. No menos importante resulta el caudal mínimo necesario en el cauce del río, para la preservación ambiental de éste y su entorno, si se consideran parámetros tales como el caudal mínimo de autodepuración, la satisfacción de los niveles mínimos en las plantas potabilizadoras, el caudal de autolimpieza del cauce u otros.

Con la regulación de la aguas por el Embalse Ameghino, las poblaciones del valle no han tenido mayores problemas de garantizar el abastecimiento y, consecuentemente, no se han producido conflictos importantes entre usuarios del agua de distintas categorías.

Sin embargo, -aún con las dificultades que las duras condiciones del mercado imponen-, es altamente probable considerar la posible expansión de los suelos bajo riego. Tanto en el alto y medio Chubut como en el valle inferior o la posible inclusión de la irrigación de la meseta intermedia.

Cualquiera sean los escenarios posibles de incremento del uso de las aguas nos obliga a un pormenorizado análisis de volúmenes de oferta hídrica, sea para riego u otro fin no determinado, y conocer en detalle las limitaciones y restricciones a que están sometidas, sin perjuicio de otras restricciones ambientales no consideradas en este análisis.

OBJETIVOS

Este trabajo, pretende aportar al mayor conocimiento de esa oferta hídrica de agua dulce en el valle inferior, y su probabilidad de ocurrencia mensual bajo las restricciones que imponen otros usos y la protección del medio ambiente, incluido el control de crecidas.

Siendo el Embalse Ameghino la principal fuente de provisión de aguas y no existiendo abajo otras fuentes importantes de provisionamiento que dicho Río, es posible caracterizar el entorno de tales limitaciones de oferta hídrica a partir del estudio estadístico de las erogaciones desde el Dique.

En base a la serie de caudales medios mensuales aforados en 50 años y con el auxilio de un modelo matemático de simulación de operación de embalse tipo cota objetivo con políticas de restricciones por uso aguas abajo, modificado y adaptado para el presente estudio, se formulan diferentes escenarios de proyección para los distintos usos del agua y sus prioridades y el análisis estadístico de sus aguas aprovechables.

DESARROLLO

OPERFA: Modelo de análisis de erogaciones desde embalse F. Ameghino con condiciones de operación de la central y restricciones por uso de aguas y control de crecidas en el valle inferior.

Antecedentes

Para el presente estudio, se adopta como herramienta de análisis el modelo OPERFA, que permite simular, con paso medio mensual, ingresos y erogaciones de caudales desde el dique Ameghino, bajo distintas hipótesis de caudales máximos y mínimos erogables, niveles máximos y mínimos de embalses, analizar la estadística de sus fallas y determinar la curva de frecuencia de caudales erogados asociadas a cada hipótesis o escenario de restricciones identificados.

El desarrollo matemático para el estudio de disponibilidad hídrica, programado en VBA, utiliza en la parte referida a “operación de embalse”, la estructura de algoritmos y rutinas de un modelo existente, tipo “cota objetivo”, modificado y readaptado para el caso. cuya estructura básica surge de un modelo anterior desarrollado en un proyecto de investigación aplicada¹ (Modelo de Operación de Embalse Ameghino con restricciones por uso aguas abajo, Ref.Bibl. 1,2 y 3, Sainz Trápaga J. y Malnero H. A.). Modelos estos, basados a su vez y en parte en la estructura básica del operado hasta entonces por AyEE (Ref. Bibl. 4).

Modelo de Análisis de disponibilidad hídrica

Con tal herramienta y teniendo presentes las publicaciones citadas, se reelaboró este nuevo modelo para que permitiera ingresar como entradas variables múltiples de las distintas hipótesis de consignas y de restricciones por uso o por limitaciones de protección ambiental en el valle inferior y obtener como resultados distintas variables hidráulicas de interés en el funcionamiento del sistema más los caudales erogados mes a mes con su tabla de frecuencias, gráficos y ábacos correspondientes.

A su vez, introduce rutinas de iteración de ingreso de variables de entrada, lo que permite ejecutar corridas de explotación integradas del modelo para múltiples escenarios, encontrar las cotas objetivos óptimas, deducir los volúmenes mensuales disponibles y estimar la probabilidad de ocurrencia de un determinado caudal mínimo en un mes dado. Desarrollado enteramente en VBA, todos los parámetros y variables de entrada son por planillas de hojas de cálculo y sus resultados, obtenidos también en hojas de cálculo, gráficos y ábacos automáticos programados.

Resumen de restricciones

Serie de datos de caudales medios mensuales: considera la serie 1.943 – 1.994 de la estación Los Altares, del Río Chubut (AyEE – EVARSA).

Caudales Máximos, medios mensuales, admitidos en el VIRCh: Adoptados en función de no producir desbordes de cauce de importancia en el valle inferior. Se analizan valores crecientes desde 70 m³/s (situación supuesta como capacidad máxima de conducción sin derrames en 1.994) hasta 120 m³/s (condición supuesta como capacidad de transporte del Río en el VIRCh luego de las obras de limpieza y dragado).

Caudales Mínimos, medios mensuales, admitidos en el VIRCh: para la determinación de los caudales mínimos, medios mensuales, necesarios para el abastecimiento, se consideran las siguientes parámetros:

Abastecimiento poblacional y de uso industrial: asume valores promedio del orden de 1,2 m³/s (1.995) a 4,5 m³/s proyectados a 30 años (2.025). El valor medio asumido para todas las localidades, se lo distribuye mensualmente para el año tipo.

Abastecimiento de agua para riego en el VIRCh: Se adopta en función de las derivaciones en Boca Toma, durante el período de riego, con caudales variables de un mínimo de 16 m³/s a 20 m³/s (Diciembre/Enero).

Caudal Mínimo Ambiental: se adopta una erogación mínima necesaria en el cauce del Río Chubut. Es un valor arbitrario, que considera entre otros aspectos la autodepuración por DBO, con valores medios mensuales supuestos entre 10 y 15 m³/s según el mes del año.

La superposición de estos tres criterios, determina la serie de caudales mínimos, medio mensuales, como restricción de ingreso al modelo.

¹ PI Desarrollo de técnica hídricas de manejo y control del Valle inferior del Río Chubut, UNPSJB 1985/89; y PI “Estimación de Crecidas en elVICRh”. Dtor. Ing. Juan Serra ScyT UNPSJB 1992/95

Diagrama I: OPERFA: modelo de análisis hidráulico del sistema Embalse Ameghino – Valle Inferior del Río Chubut: diagrama de bloques p/ explotación del modelo:

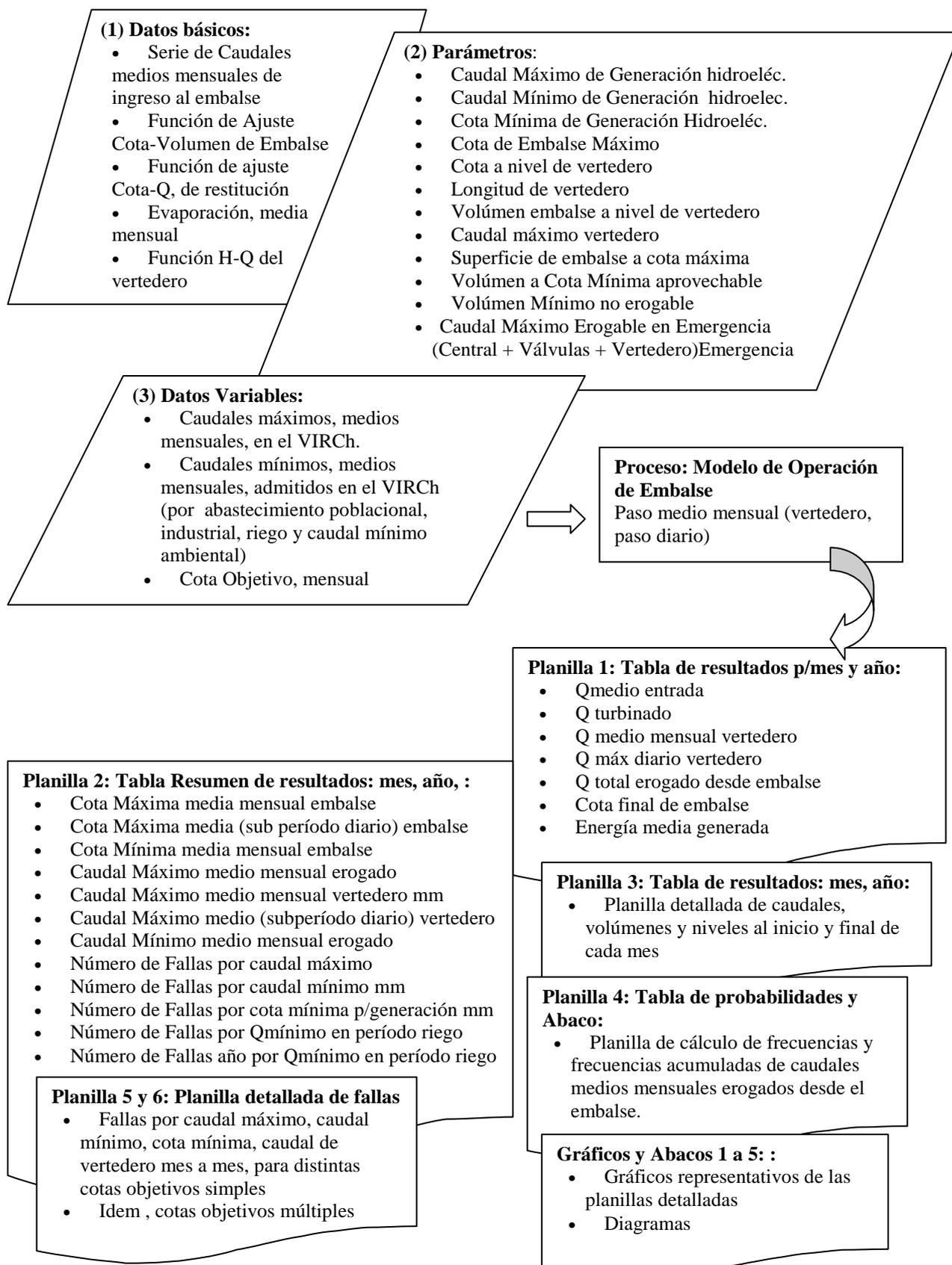


Diagrama II: diagrama de bloques de iteración en corridas de explotación integradas. Cota Objetivo Unica

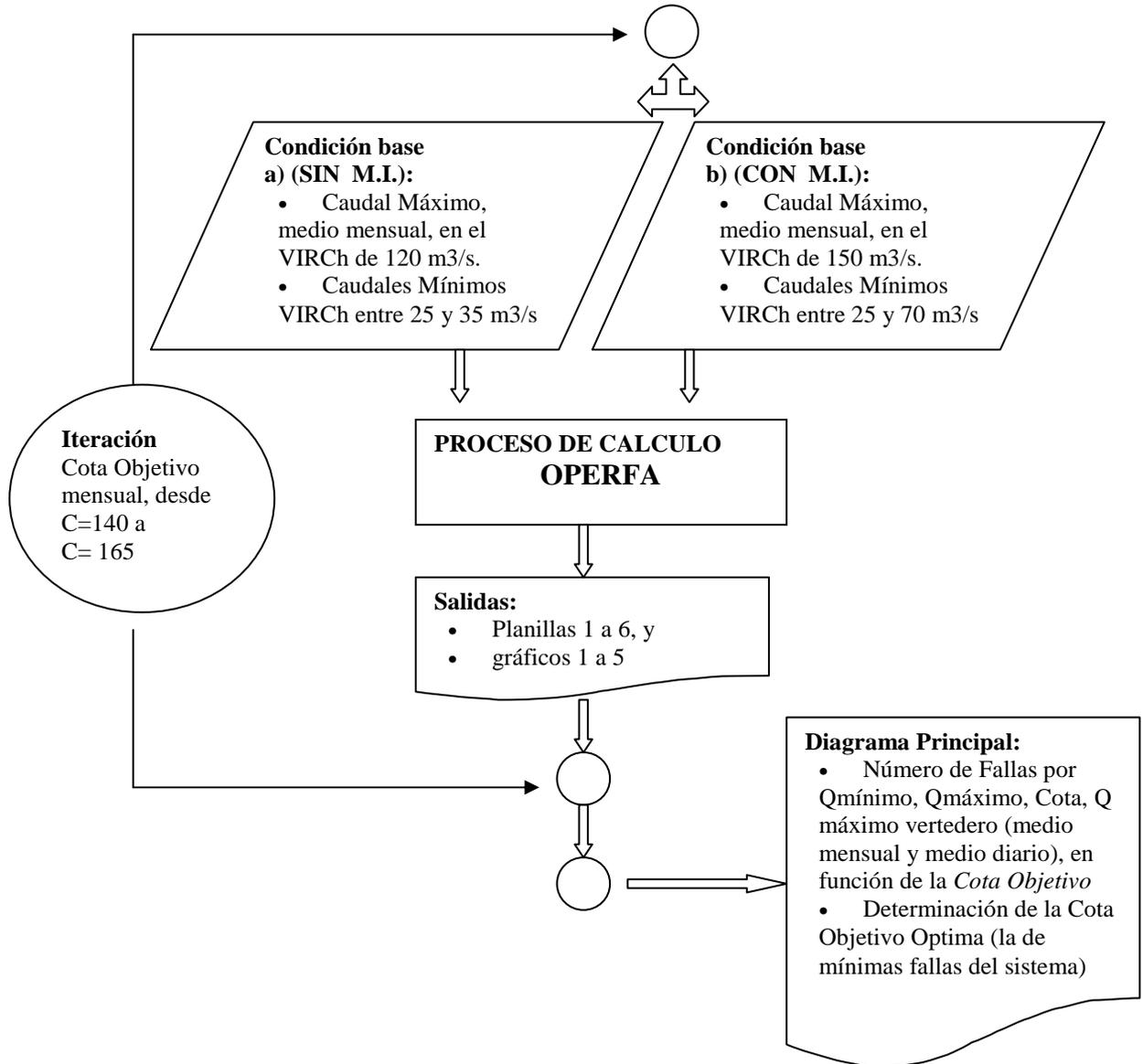


Diagrama III: diagrama de bloques de iteración en corridas de explotación integradas. Cota Objetivo Múltiple (doble), SIN y CON M.I.

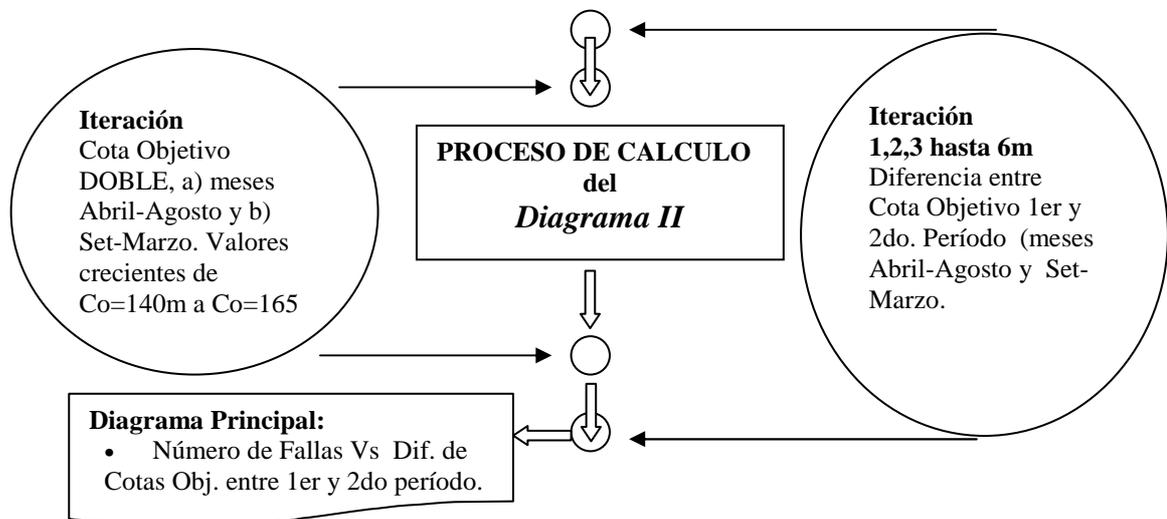


Diagrama IV: diagrama de bloques de iteración en corridas de explotación integradas con caudales mínimos incrementados para nuevas áreas bajo riego. Cota Objetivo Unica y Cota Objetivo Múltiple (doble)

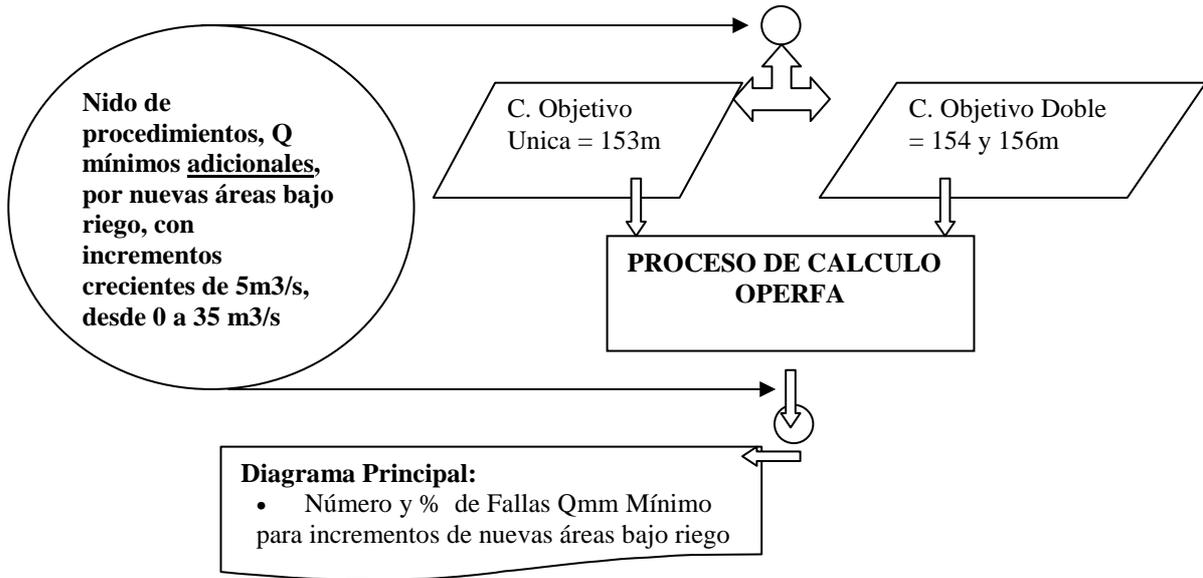


Diagrama de Fallas por Qmáx - Qmín - CotaMín
COTA OBJETIVO MULTIPLE

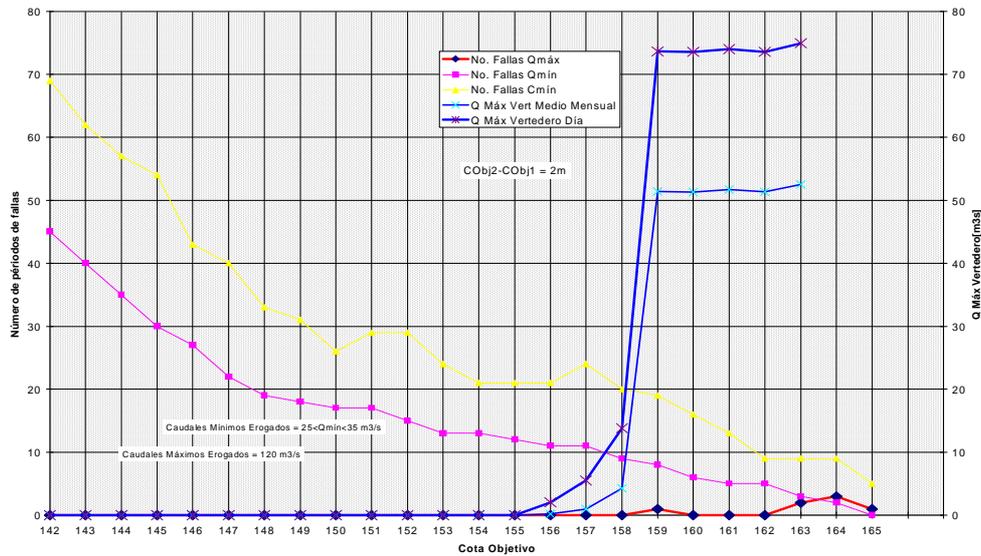
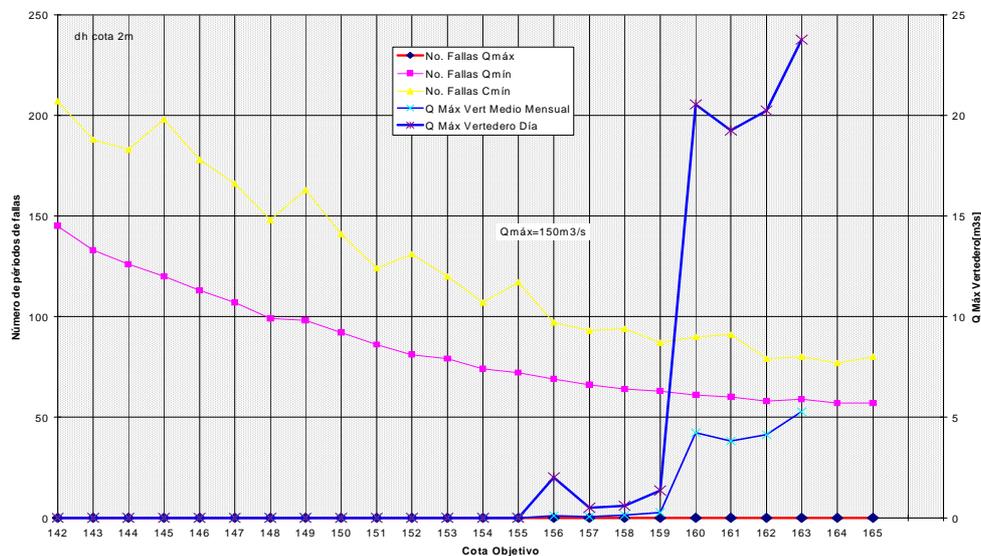


Diagrama de Fallas por Qmáx - Qmín - CotaMín
COTA OBJETIVO MULTIPLE



Caudales Mínimos de Emergencia: se ha incorporado una rutina adicional, de suponer condiciones de operatividad especiales de la central Ameghino en supuestos meses de sequías extremas, valores medios mensuales que se asumen en el orden de 8 m³/s para el mes menor a un máximo de 12 m³/s del mes mayor.

MESETA INTERMEDIA: Para todas las situaciones, se simulan a su vez dos escenarios posibles: Uno SIN MESETA INTERMEDIA (actual) y otro CON MESETA INTERMEDIA, esto es, en un escenario supuesto con la construcción y entrada en servicio del antiguo proyecto de derivación de aguas del Río Chubut desde el VIRCh e irrigación de unas 30.000 has adicionales conocido como “Proyecto de Azud Canal Derivador y Riego en la Meseta Intermedia”, (al noreste de Trelew hacia el mar).

ANALISIS DE FALLAS: Para una corrida dada, se analizan fallas (Ref. 1,2,3,4) y erogaciones por vertedero:

Fallas por Q Máximo: Períodos en que el caudal total erogado desde la presa superó al caudal máximo admitido para el VIRCh.

Fallas por Q Mínimo: Períodos en que el caudal total erogado desde la presa fue inferior al caudal mínimo admitido para el VIRCh.

Fallas por Cota Mínima: Períodos en que el nivel final del embalse fue inferior al Nivel mínimo de embalse para generación hidroeléctrica.

Qmm Máximo Vertedero: Caudal máximo medio mensual de períodos en que utilizó el vertedero.

Qmd Máximo Vertedero: Caudal máximo medio diario de períodos en que utilizó el vertedero.

Condición CON y SIN DRAGADO: Se entiende por tal, el estado del Río a 1.994, sin las Obras de Limpieza, restitución de cauce (dragado) y obras de protección y defensas (terraplenes) y otras obras aluvionales que componen el Plan Director de dichas Obras, y que tienen por fin, entre otros, devolver al cauce principal una capacidad dada de conducción, perdida por atrofiamiento desde la puesta en servicio del Embalse Ameghino (caudal máximo adoptado en el orden de 70m³/s).

NOTA IMPORTANTE: Los parámetros hidráulicos del conjunto de datos (2) de entradas del diagrama, corresponden a los actuales de presa, embalse y operatividad de la central y son considerados constantes. Los resultados obtenidos, no tienen presente la posibilidad de ser modificados -algunos de ellos-, previo estudio que así lo justificara en pos de mejorar estos resultados.

Iteraciones Anidadas del OPERFA:

Para la consideración de variables de entrada múltiples y comparación de resultados, se introdujeron rutinas de iteraciones anidadas que se representan a continuación.

Análisis 1: (Ref. operfa1, diagrama II):

Se presenta el esquema de bloques de corridas de explotación integradas o anidadas del modelo OPERFA, para **Cota Objetivo Unica** del embalse, haciendo variar la Cota Objetivo entre un valor mínimo ligeramente superior a la de mínima generación y un valor máximo ligeramente inferior a la cota del vertedero. Supuestos para dos escenarios básicos, (SIN y CON Meseta Intermedia), que condiciona los parámetros de caudal máximo admisible en el VIRCH (120m³/s o 150m³/s respectivamente), supuestos ambos con Río Dragado y demás obras de defensas concluidas, y los caudales mínimos admisibles en el VIRCH, en tanto deben considerarse las nuevas derivaciones necesarias para irrigación de la meseta intermedia.

Análisis 2: (Ref. operfa11, diagrama III):

Idem anterior SIN MESETA INTERMEDIA, pero considerando **Cota Objetivo múltiple (doble)** (una para los meses con riego en el Virch y otra para los meses sin riego). A su vez, una segunda iteración anidada, envuelve los procesos para diferencias de Cotas Objetivos entre el primer período (sin riego) y el segundo (con riego), de 1,2,3 hasta los 6 metros.

Análisis 3: (Ref. operfa12, diagrama III):

Idem anterior CON MESETA INTERMEDIA, pero considerando **Cota Objetivo múltiple (doble)** (una para los meses *sin riego*, y otra para los meses *con riego* en el VRCh). A su vez, una segunda iteración anidada, envuelve los procesos para diferencias de Cotas Objetivos entre el primer período (sin riego) y el segundo (con riego), de 1,2,3 hasta los 6 metros.

Análisis 4: (Ref. operfa1, operfa2, diagrama IV):

De los análisis anteriores, puede determinarse las cotas objetivo mensuales (única, doble o múltiple), que optimizan el sistema para una condición dada de falla o conjunto de fallas. En este análisis final, se seleccionan las *cota objetivo única (153m)* y *cotas objetivos doble (meses sin riego:154m, y meses con riego: 156m)* que minimizan el número de fallas. Se suponen concluidas las obras necesarias en el VIRCh que permitan la evacuación máxima de 150 m³/s.

Se anidan o iteran seguidamente las corridas del OPERFA, haciendo variar los caudales mínimos medios mensuales requeribles aguas abajo en el VIRCh, en forma creciente, desde la situación inicial supuesta sin *nuevas áreas bajo riego* hasta un máximo de 35.000 has *nuevas bajo riego*, variando el cálculo cada 5.000 hectáreas. Se adopta una dosis práctica media para las nuevas áreas bajo riego de 1 l/s/ha. De las tablas de salidas, se extraen los resultados de fallas de abastecimiento del sistema de aquellos períodos en que no satisface la consigna, discriminando para el año completo y para solo los períodos mensuales con riego de cada año.

Los resultados se presentan en un diagrama final, que resume el **Nro. de fallas** y el **% de fallas** (períodos en meses, en que no se cumplió la consigna de caudal mínimo) en función de la *superficie adicional incorporada bajo riego* en el Valle Inferior, supuesta a la dosis indicada (Obsérvese que para otra dosis supuesta, bastaría afectar la superficie por un factor de corrección respecto a la dosis unitaria utilizada, la que a su vez es menor a la actual de regadío en el VIRCh). Las gráficas del diagrama representan a) el Número de Años (o bien el % de años) que no se satisface el abastecimiento; b) El Nro. de períodos (o bien el %) que no se cumple la consigna de abastecimiento en períodos de riego.

RESULTADOS

Cota objetivo y capacidad del embalse:

Tal surge de las publicaciones citadas, se confirma que no se encuentra una cota objetivo simple o múltiples que logren CERO FALLAS para toda la serie de 50 años simulada.

O hay *Falla* por Q_{máx} y eroga el vertedero en Cotas Objetivos Altas, o hay *Falla* por Q_{mínimo} y Cota Mínima para Cotas objetivos Bajas. Las Cotas Objetivos que minimizan el número de fallas se desprenden de los ábacos resultantes y resultan, para Cota Objetivo Unica = 153m, para Cota Objetivo Doble, de 154m en períodos sin riego y 156 m en períodos con riego, obteniendo mejor resultado para C.O. doble. Si bien se logra reducir al mínimo las fallas por Q_{máximo}, no se logra evitar salidas por vertedero.

Fallas del sistema y capacidad de evacuación aguas debajo de la presa:

También se confirma que el *número de fallas* del sistema, para los consumos de agua sin nuevas áreas bajo riego, se reduce conforme se aumenta el caudal máximo admisible erogado desde la presa, es decir, depende de la capacidad de evacuación del Río Chubut aguas abajo, siendo prácticamente nulas cuando se admiten caudales máximos mayores de 120 m³/s y para las Cotas Objetivo señaladas. Aún así, para las hipótesis consideradas, las fallas por Caudal mínimo y Cota mínima son positivas y considerables en la serie.

Limitaciones de abastecimiento en nuevas áreas bajo riego

En el supuesto de considerar posibles nuevas derivaciones para riego y asociando una dosis media de agua por hectárea incorporada (1 l/s/ha), los períodos con fallas por Q_{mínimo} son crecientes conforme crece dicha superficie. (períodos en meses en que no se cumple la consigna de garantizar el abastecimiento del caudal solicitado y solo para el

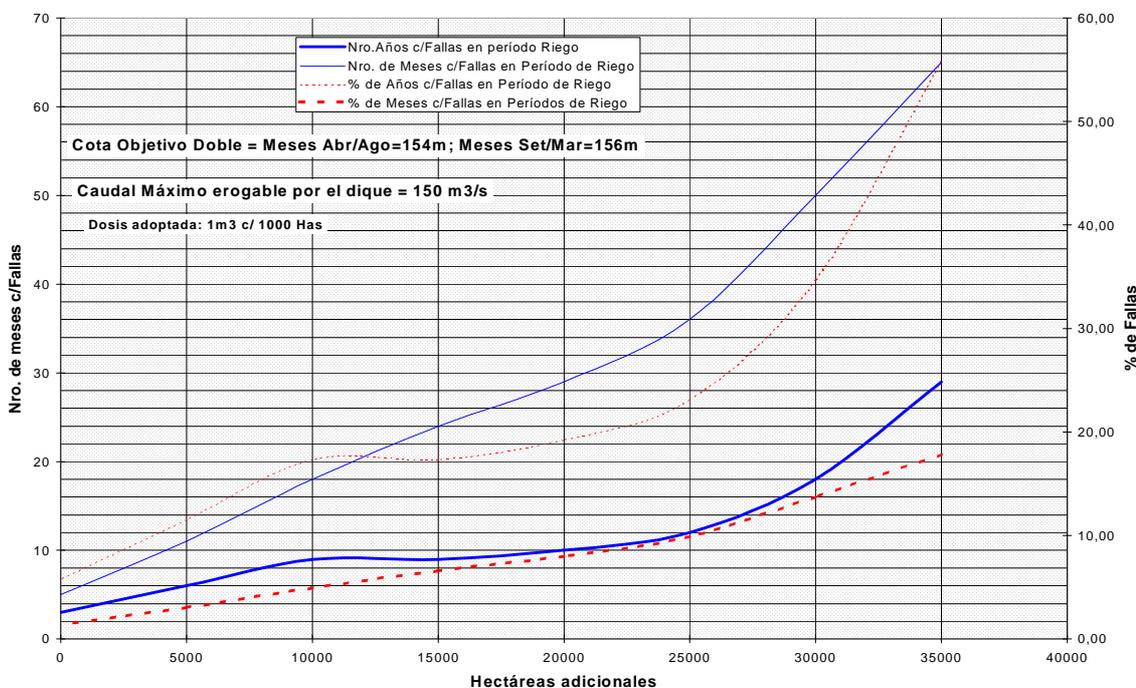
período anual de riego). El análisis, fue realizado supuesto en la ventajosa condición de estar finalizadas en el VIRCh las obras que permitan evacuar hasta 150 m³/s desde la presa, situación que hoy es prácticamente imposible. Las tabla y ábacos siguientes, muestran los resultados inferidos bajo las hipótesis consideradas. Obsérvese el importante número de años en que al menos un mes no se pudo satisfacer la consigna de abastecimiento requerida, para cada superficie de riego complementaria. Para la dosis dada, la cifra de 20.000 has adicionales tiene problemas de abastecimiento en uno 1 (uno) de cada 5 (cinco) años, valor creciente que alcanza a una falla cada 2 (dos) años para una superficie de 35.000 has. En tales períodos de escasez, el volumen de agua faltante afectaría en proporción equivalente a algunos de los usuarios o restricciones impuestos en la consigna de caudal mínimo garantido: abastecimiento poblacional, industrial, riego o caudal mínimo ambiental en el cauce inferior del Río Chubut.

Fallas Períodos de Riego Set-Marzo, (No cumple consigna de Q mínimo)				
Has	Nro. Años	% Años	Nro. Meses	% Meses
35000	29	55,77	65	17,86
30000	18	34,62	50	13,74
25000	12	23,08	36	9,89
20000	10	19,23	29	7,97
15000	9	17,31	24	6,59
10000	9	17,31	18	4,95
5000	6	11,54	11	3,02
0	3	5,77	5	1,37

Q Máx. = 150m³/s Cobj Doble =154/156m

Diagrama final de fallas de abastecimiento del caudal mínimo en el VIRCh para superficies crecientes bajo riego a dosis de 1 l/s/ha en períodos de riego (o derivaciones de caudales equivalentes para otros fines)

Diagrama de Fallas de Abastecimiento de Agua para Riego Adicional en el VIRCh



Los resultados expuestos, constituyen una selección muy resumida de los logrados, en virtud de la extensión de tablas, gráficos y ábacos de cada corrida y para cada escenario.

CONCLUSIONES

Resulta paradójico pensar en períodos de escasez de agua en el Valle Inferior, pero al ritmo de crecimiento poblacional actual se impone una obligada preservación y cuidado en calidad y cantidad de nuestra principal fuente de agua.

Con las hipótesis aquí consideradas, con parámetros seleccionados para las obras hidráulicas existentes o proyectadas, la incorporación masiva de nuevas áreas bajo riego o la derivación de caudales importantes para otros fines en el VIRCh aumentarían el riesgo de escasez de abastecimiento de aguas en períodos secos prolongados, dada la capacidad de regulación limitada del Embalse Ameghino.

Si bien el análisis está referido al valle inferior del Río Chubut, un efecto similar (aunque de magnitud desconocida) podría esperarse si ocurriera un uso consuntivo masivo en la alta y media cuenca, pero merecería ajustarse el cálculo para determinar dichas magnitudes.

Los resultados de riesgo de disponibilidad hídrica obtenidos para primavera-verano, podrían disminuirse sensiblemente si se incrementara el volumen de embalse, tal un embalse compensador. Para el supuesto de nuevas áreas bajo riego, también se podría lograr una sensible mejoría del riesgo de escasez de agua disminuyendo la dosis media de riego, es decir, aumentando la eficiencia del sistema de derivación y de regadío en la chacra o parcela.

REFERENCIAS

(1) VIRCh, Valle Inferior del Río Chubut

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) AyEE (Agua y Energía Eléctrica), Noviembre 1.986), "Operación de Embalse Florentino Ameghino (Río Chubut) para evitar inundaciones aguas abajo del mismo". Modelo de Cota Objetivo de Seguridad a inundaciones. Programa BEN 12, Simulación del Embalse con pronósticos de Caudales en el período Set-Marzo.
- (2) Sainz Trápaga, J. y H. A. Malnero, 1994, Operación de Embalse Florentino Ameghino bajo severas restricciones por capacidad de conducción del cauce en el Valle Inferior del Río Chubut;SCyT, UNPSJB
- (3) Sainz Trápaga, J. y Malnero H. A., Marzo 1990, Modelo de Operación de Embalse Florentino Ameghino: Formulación y evaluación de Modelos Básicos Alternativos, Proyecto de Investigación y Desarrollo de Técnica Hídrica de Manejo y Control del Río Chubut, publicación IDTH / 6 / CIUNPAT, Univ. Nac. de la Pat. S.J.B.
- (4) Sainz Trápaga, J. y Malnero H. A., Marzo 1988, Modelo de Operación de Embalse F. Ameghino: Informe de Avance, Proyecto de Investigación y Desarrollo de Técnica Hídrica de Manejo y Control del Río Chubut, publicación IDTH / 4 / CIUNPAT, Univ. Nac. de la Pat. S.J.B.