

MODELO DEL RÍO BRAVO EN RIVERWARE

**Reunión con el Grupo Especializado de Modelación (GEM) del
Consejo de Cuenca del Río Bravo**

Febrero 2018

Antecedentes

En septiembre de 2016, la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) entregó el Informe Final del proyecto **“Refinamiento y calibración del modelo matemático para el análisis de la distribución de las aguas superficiales de la cuenca del río Bravo y generación de políticas de operación”** en conformidad con el Convenio de Colaboración CILA-UACH-2015.

- Este proyecto tiene por objetivo construir un modelo de distribución de aguas superficiales para la Cuenca del Río Bravo que funcione como herramienta de análisis de propuestas para formular el Proyecto de Reglamentación.
- El Riverware es un software que permite simular sistemas complejos de distribución y uso del agua.
- Existen 9 archivos de modelación Riverware con los datos hidrológicos necesarios para diversos escenarios, entre ellos los propuestos por los estados involucrados.
- Dada la importancia del proyecto, **en 2017 se conformó un Equipo Especializado de Modelación** en la Subdirección General Técnica junto con el Organismo de Cuenca Río Bravo para evaluar y mejorar los avances actuales

Equipo especializado de modelación de la Conagua

- **M.I. Alfredo Ocón Gutiérrez**, Gerente de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos
- **M.I. Horacio Rubio Gutiérrez**, Gerente de Ingeniería y Asuntos Binacionales del Agua
- **M.I. Edwin Fernando Zetina Robleda**, Jefe de Proyecto de Atención a Asuntos Fronterizos
- **M.I. Martín Elizalde Lecuona**, Especialista Técnico de la Subgerencia de Asuntos Binacionales
- **Dr. Javier Aparicio**, Consultor de la CONAGUA
- **Mtro. Amalio Cardona Rodríguez**, Director Técnico del OCRB

Si bien el modelo representa un avance muy significativo como herramienta para el análisis del sistema del río Bravo, el equipo **ha detectado oportunidades de mejora y se están actualizando los algoritmos implementados en las reglas de operación del sistema** con el objetivo de contar con un modelo que permita simular las condiciones actuales de operación de las presas y evaluar políticas de operación equitativas para todos los usuarios

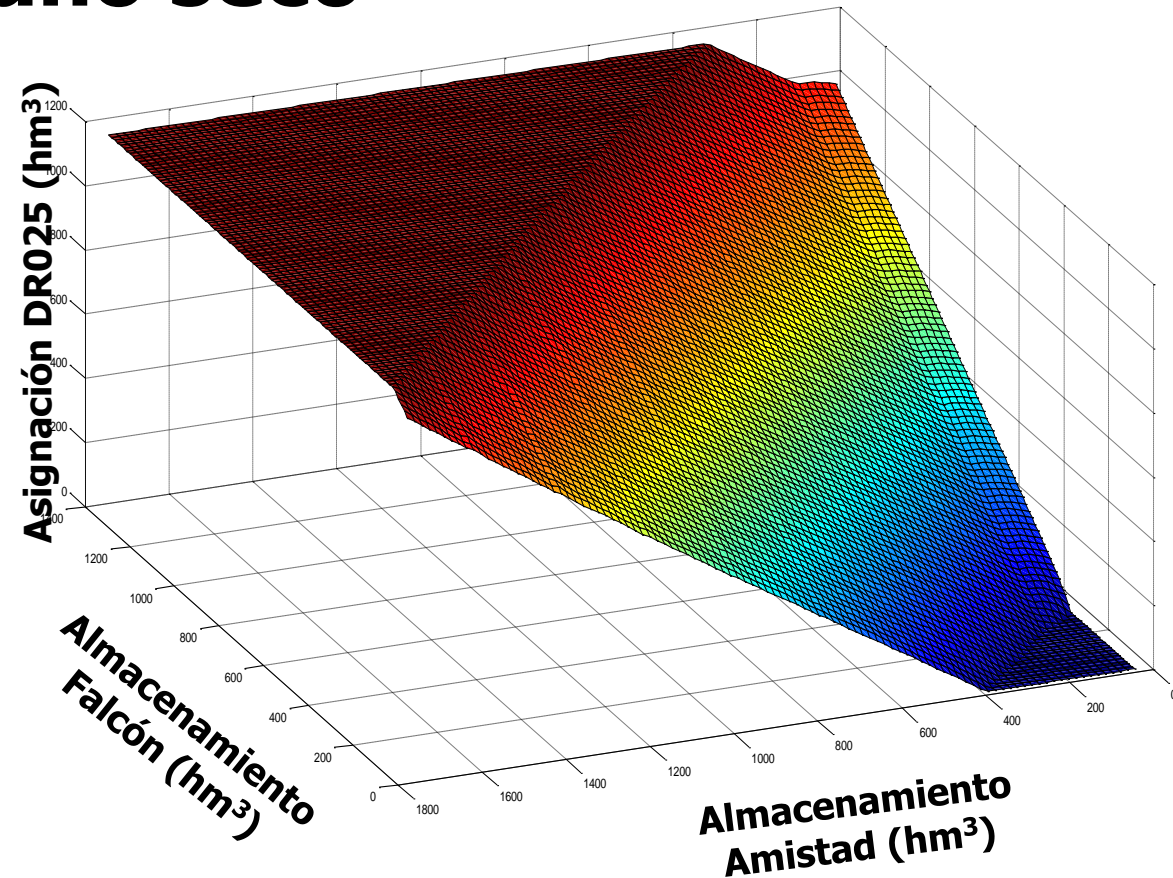
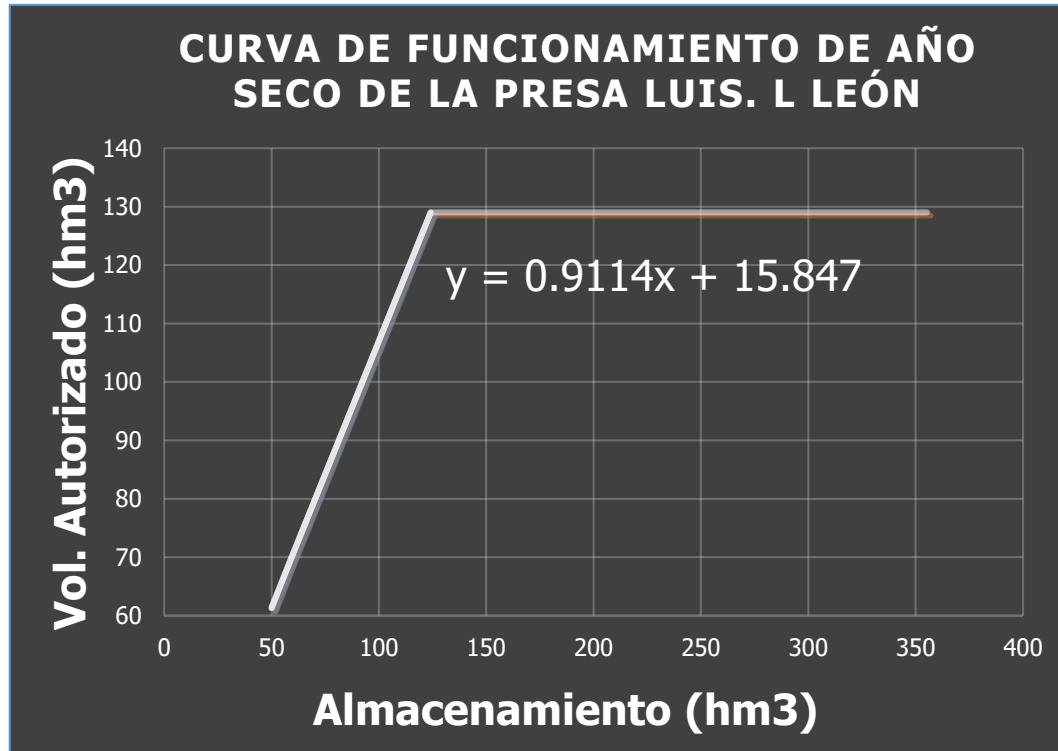
Mejoras y cambios hechos al modelo en su fase de calibración para el desarrollo de un modelo dinámico

1. Funcionamiento de vasos con entradas de año seco (98% de probabilidad)
2. Corrección de condiciones de operación de las presas
3. Análisis y corrección del cálculo de volúmenes de pérdidas y ganancias
4. Generación de registros sintéticos para la ampliación de los periodos de simulación
5. Propuesta de inclusión de la lluvia (temporal), para modelar escenarios de extracciones de presas

1. Asignación con base en el funcionamiento de vasos con entradas de año seco (98% de probabilidad)



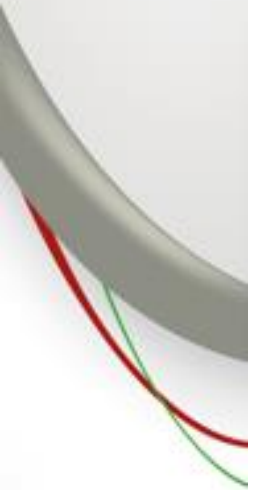
Metodología para el cálculo de autorización de volúmenes anuales mediante el funcionamiento de vaso con entradas de año seco



Con los resultados del algoritmo se caracteriza una curva/superficie de autorización de volumen anual en función del nivel de la presa al inicio del ciclo agrícola.

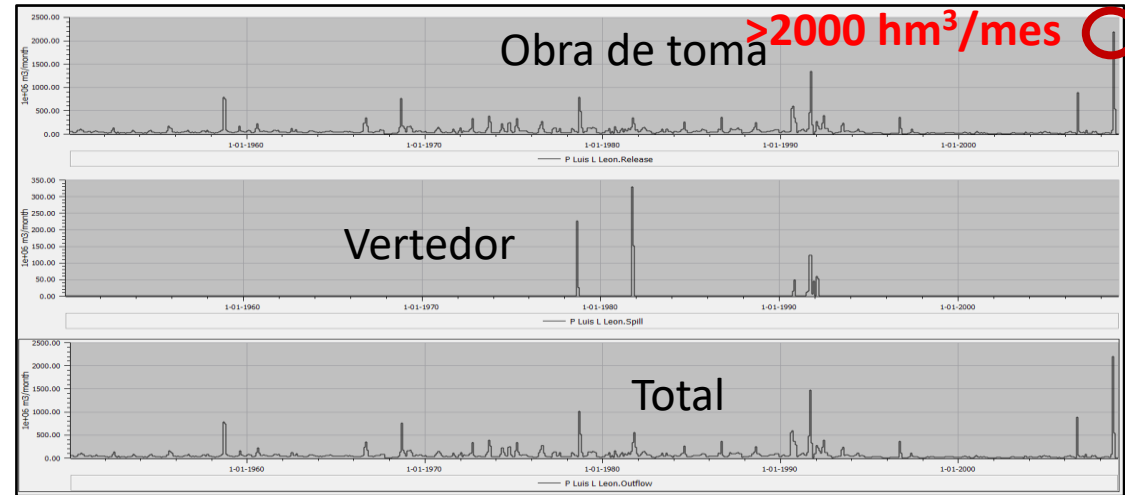
Anteriormente, no se tenía programado ninguna metodología para el sistema Amistad-Falcón

2. Corrección de condiciones de operación de las presas



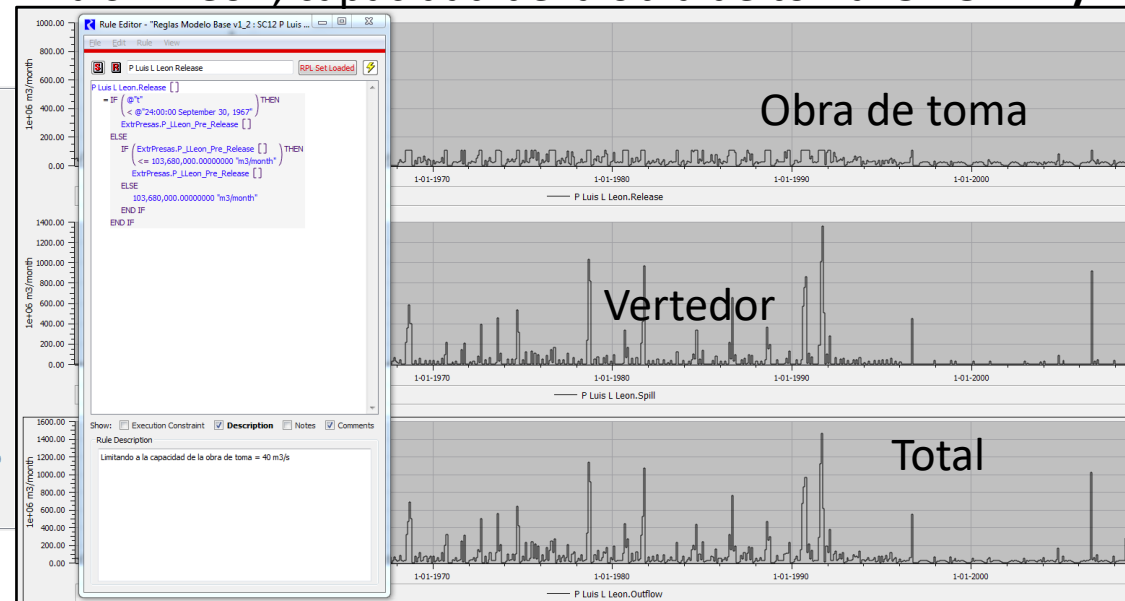
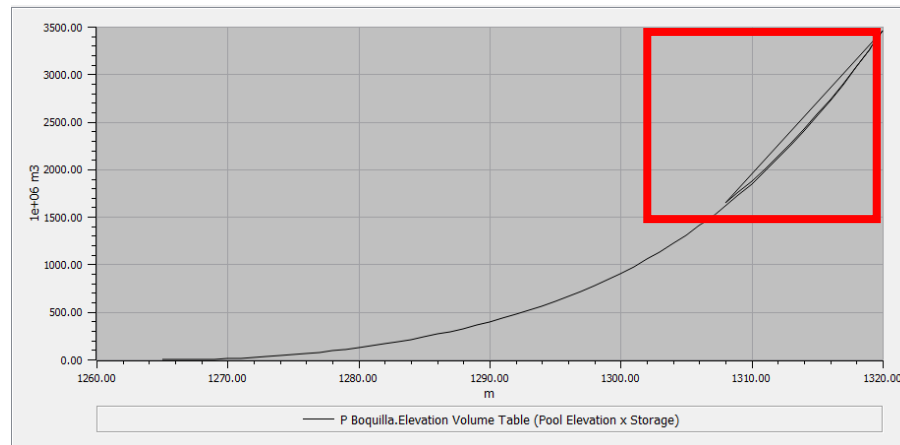
Corrección de condiciones físicas y de operación de las presas

- En el modelo original el volumen total de agua que era liberado por la presa se asignaba en un solo bloque y en un solo paso de tiempo, **sin diferenciar entre obra de toma y vertedor**
- Se detectaron irregularidades en las Curvas Capacidad-Elevación-Área y de funcionamiento del vertedor



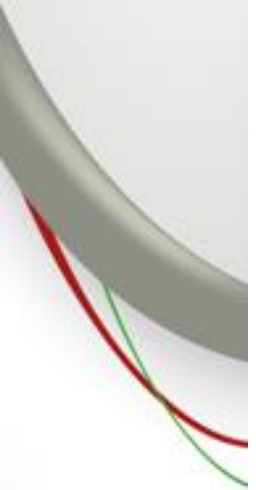
Modelo fase calibración

Luis L. León; capacidad de la obra de toma: 52.5 hm³/mes

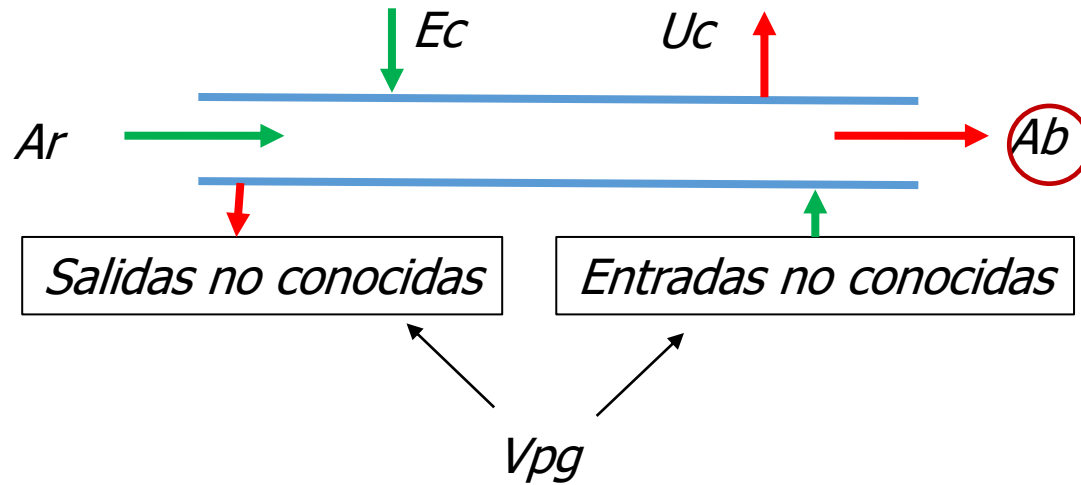


Modelo fase dinámica operativa

3. Análisis y corrección del cálculo de volúmenes de pérdidas y ganancias



Análisis y corrección del cálculo de volúmenes de pérdidas y ganancias



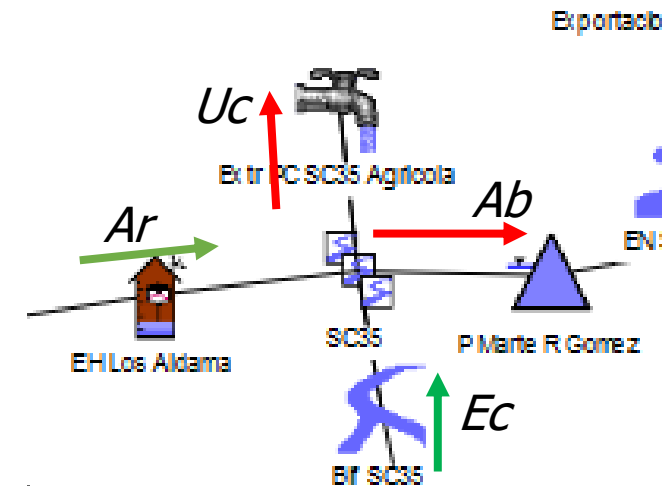
$$Vpg = CarAr + CabAb + D \quad (1)$$

$$Ab = Ar + Ec - Uc + Vpg \quad (2)$$

$$Vpg = \frac{CarAr + Cab(Ar + Ec - Uc) + D}{1 - Cab} \quad (3)$$

SC35
Value: 0.071134515999999995
Jan 1950

	Car NONE	Cab NONE	D 1e+06 m3/month	CabAb 1e+06 m3/month
01-1950	0.07 I 0	0.07 I 0	-10.86 I 0	3.96 I 0
02-1950	0.03 I 0	0.03 I 0	-3.40 I 0	4.52 I 0
03-1950	0.06 I 0	-0.02 I 0	-1.97 I 0	-0.54 I 0



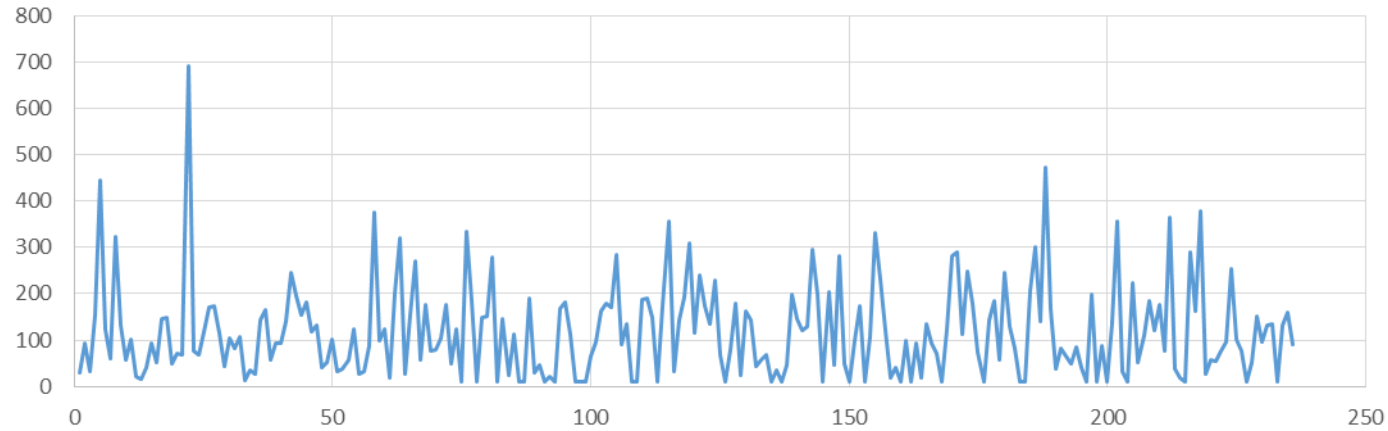
En el modelo original se usaba en la ecuación de pérdidas y ganancias el producto $CabAb$ como constante, independientemente de las condiciones de flujo aguas arriba

4. Generación de registros sintéticos para la ampliación de los periodos de simulación



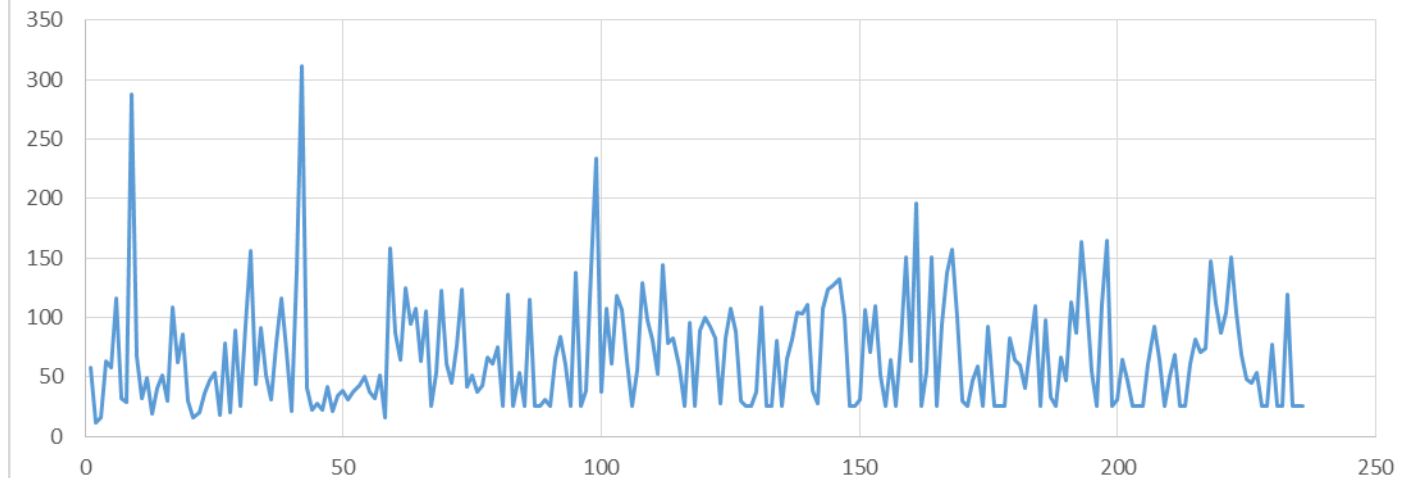
Registros sintéticos. ARMA(1,1)

ARMA (1,1) EnSC 25



41 subcuencas

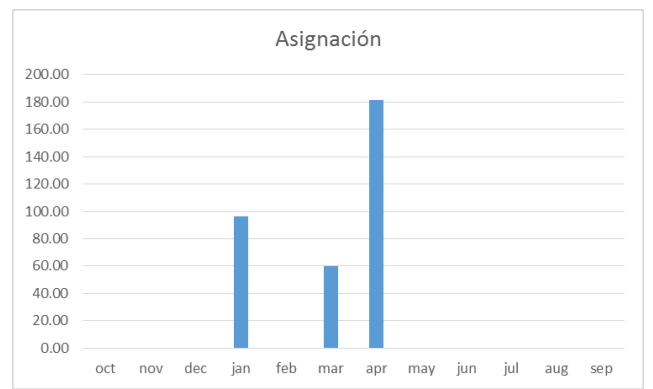
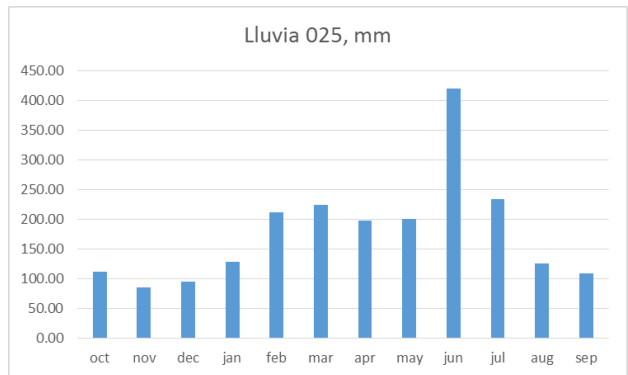
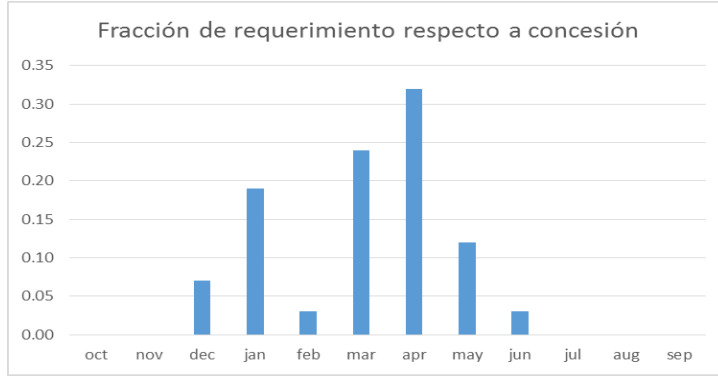
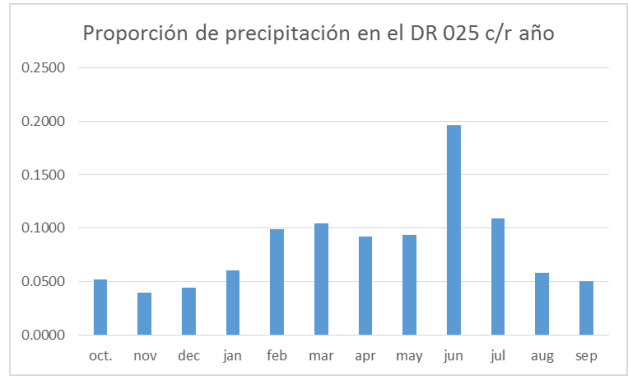
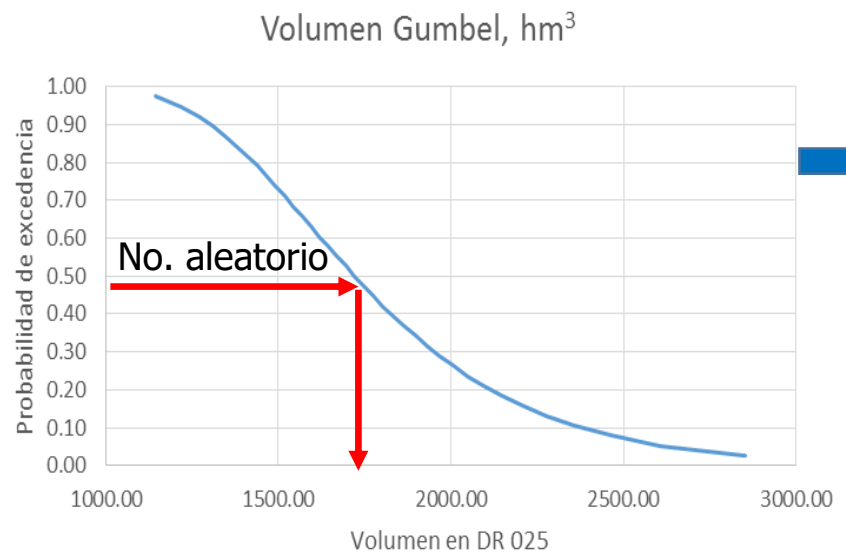
ARMA (1,1) EnSC4



5. Propuesta de inclusión de la lluvia (temporal), para modelar escenarios de extracciones de la presa



Propuesta de inclusión de la lluvia en el DR025 para modelar escenarios de extracciones de la presa



Volumen o lluvia media

Estaciones:
Control, Matamoros, P. Anáhuac, Reynosa,
Río Bravo, Valle Hermoso

Resumen comparativo

Característica	Modelo en fase de calibración	Modelo en fase dinámica operativa	Beneficios
Autorización de volumen anual	Histórico y curvas Z	Funcionamiento de vaso con entradas de año seco	Obedece mejor a la operación actual real del sistema
Sistema Amistad-Falcón	Sin curva Z. Asignación histórica	Funcionamiento conjunto con trasvases optimizados y todos los usuarios de las presas	Obedece mejor a la operación actual del sistema y la vuelve dinámica.
Diferencia OT-Vertedor	No se considera	Corregido	Se representan adecuadamente las restricciones físicas de las presas.
Curvas E-A-C y E-Q	Errores/omisiones	Corregido	Se representan adecuadamente las características físicas de las presas.
Cálculo de pérdidas y ganancias	Pérdidas históricas	Modelo dinámico	Permite una representación dinámica del sistema.
Registros sintéticos		Desarrollados	Permitirá ampliar el periodo de modelación para una mejor representación de los indicadores.
Errores menores (no conceptuales)	Índices temporales, declaración de variables	Corregidos y en continua mejora	Mejora el modelo.



PASOS A SEGUIR

Trabajo futuro

- Prueba de diversos escenarios por parte del GEM y Conagua
- Hidráulica y operación de obras de excedencia para las presas internacionales
- Descargas y retornos Centenario y San Miguel
- Revisión de operación conjunta Boquilla – FIM e incorporación al modelo
- Asignación de volúmenes en DR con temporal considerando lluvia y humedad del suelo
- Análisis de pérdidas por tramos entre presas y puntos de interés
- Corridas de largo plazo con registros sintéticos para evaluar reglas propuestas
- Mejoramiento de la modelación en el río San Juan: acueductos, topología y presa Cerro Prieto
- Mejoramiento de los tramos de Falcón al Golfo
 - Canales de alivio
 - Pérdidas por creciente