



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**POSGRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA Y
USO INTEGRAL DEL AGUA**

**SIMULACIÓN DE LA OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE
PRESAS DE ALMACENAMIENTO CON HEC-ResSim**

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA Y USO
INTEGRAL DEL AGUA**

PRESENTA:

BELTRÁN BELTRÁN RAMÓN JESÚS

BAJO LA SUPERVISIÓN DE:

DRA. LAURA ALICIA IBÁÑEZ CASTILLO



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DIRECCIÓN DE EXÁMENES PROFESIONALES

Chapingo, Estado de México, 14 de Diciembre del 2017

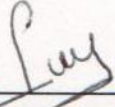


**SIMULACIÓN DE LA OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE PRESAS DE
ALMACENAMIENTO CON HEC-ResSim**

Tesis realizada por **BELTRÁN BELTRÁN RAMÓN JESÚS** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

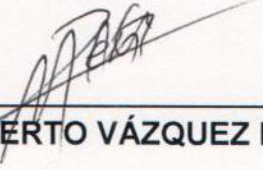
MAESTRO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA Y USO INTEGRAL DEL AGUA

DIRECTOR:



DRA. LAURA ALICIA IBÁÑEZ CASTILLO

ASESOR:



DR. MARIO ALBERTO VÁZQUEZ PEÑA

ASESOR:



DR. RAMÓN ARTEAGA RAMIREZ

DEDICATORIA

A MI ESPOSA GABY

POR TU GRAN AMOR, POR TU GRAN PACIENCIA, POR TU COMPRENSIÓN Y SOBRE TODO POR CREER SIEMPRE EN MÍ, ESTE LOGRO ES DE AMBOS...

A MIS HIJAS ROMINA Y CAMILA

POR SER LAS NIÑAS MÁS DULCES, LINDAS, AMOROSAS. SOLO POR SER USTEDES MIS PEQUEÑAS

A LA VIDA

PORQUE LA VIDA ES EL REGALO MÁS HERMOSO, HOY MÁS QUE NUNCA VALORO CADA DÍA.

AGRADECIMIENTOS

Al CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (CONACyT) por brindar los recursos económicos para poder aportar conocimiento a la comunidad científica.

A la Universidad Autónoma Chapingo por darme lo más valioso que es la Educación, no solo una vez, sino dos.

Al Posgrado Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua por brindarme la oportunidad de seguir creciendo profesionalmente

A la Dra. Laura A. Ibáñez Castillo por todo su conocimiento aportado a este trabajo de investigación, por su valioso tiempo y sobre todo por toda la confianza depositada dentro y fuera de la investigación.

Al Dr. Ramón Arteaga Ramírez por sus pertinentes observaciones y recomendaciones para la mejora de este trabajo.

Al Dr. Mario A. Vázquez Peña por sus recomendaciones aportadas a este trabajo de tesis.

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos personales

Nombre	Ramón Jesús Beltrán Beltrán
Fecha de nacimiento	24 de Diciembre de 1988
Lugar de nacimiento	Lomas de Chapultepec, Distrito Federal
No. Cartilla militar	C-9056484
CURP	BEBR881224HDFLLM00
Profesión	Ingeniero en Irrigación
Cedula Profesional	10316753

Desarrollo académico

Bachillerato En julio de 2003 ingresó a la Universidad Autónoma Chapingo donde realizó sus estudios de nivel medio superior en el Departamento de Preparatoria Agrícola

Licenciatura En julio de 2006 ingresó al Departamento de Irrigación de la Universidad Autónoma Chapingo, egresó en el año 2010.

En agosto de 2015 ingresó a la Maestría en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua en la Orientación Uso integral del Agua bajo la dirección de la Dra. Laura A. Ibáñez Castillo.

CONTENIDO

CONTENIDO.....	i
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE ANEXOS	ix
RESUMEN GENERAL	x
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Ecurrimiento.....	4
2.2. Cuenca	4
2.3. Evaporación.....	4
2.4. Elementos básicos de vasos de almacenamiento	5
2.4.1. Componentes de un vaso de almacenamiento	5
2.5. Antecedentes del software HEC-ResSim	7
2.5.1. Principales características de HEC - ResSim	7
2.5.1.1. Interfaz gráfica del usuario.....	8
2.5.1.2. Esquema basado en mapas	8
2.5.1.3. Operaciones basadas en reglas	9
2.6. Estudios previos de aplicación del software HEC-ResSim en el mundo	10
2.7. Estudios previos de aplicación del software HEC-ResSim en México.	12
2.8. Literatura citada	13
3. EVOLUCIÓN PROBABLE DE ALMACENAMIENTOS CON APORTACIONES DE AÑOS SECOS 2016 Y 2017.....	14
3.1. Resumen	14
3.2. Abstract.....	15
3.3. Introducción	17
3.4. Materiales y Métodos.....	19

3.4.1. Materiales.....	19
3.4.2. Método - Construcción del Modelo del Funcionamiento Del Sistema del Río Fuerte	19
3.4.2.1. Delimitación de la zona de estudio	20
3.4.2.2. Descripción de la zona de estudio	21
3.4.2.3. Registro Histórico de evaporaciones netas.....	24
3.4.2.4. Registro Histórico de escurrimientos	25
3.4.2.5. Usos Consuntivos de aprovechamientos de las aguas superficiales	26
3.4.2.6. Demanda de agua en el uso agrícola	27
3.4.2.7. Memoria descriptiva de la presa del sistema del río Fuerte	28
3.4.2.8. Tablas de Elevaciones – Áreas - Capacidades	33
3.4.2.9. Funcionamiento de vaso en la presa Josefa Ortiz de Domínguez	33
3.4.2.10. Funcionamiento de vaso en la presa Miguel Hidalgo y Costilla ..	36
3.4.2.11. Funcionamiento de vaso en la presa Luis Donaldo Colosio	39
3.4.2.12. Aplicación del HEC-ResSim al Sistema de Presas del Río Fuerte	42
3.4.2.13. Modelo de la Cuenca del Río Fuerte en HEC-ResSim	47
3.5. Resultados y Discusión.....	49
3.5.1. Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones del año seco del 2016 Miguel Hidalgo y Costilla.....	49
3.5.2. Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones del año seco del 2016 Josefa Ortiz de Domínguez.....	53
3.5.3. Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones del año seco del 2016 Luis Donaldo Colosio	57
3.5.4. Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones del año seco del 2017 Miguel Hidalgo y Costilla.....	61
3.5.5. Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones del año seco del 2017 Josefa Ortiz de Domínguez.....	64

3.5.6. Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones del año seco del 2016 Luis Donaldo Colosio	67
3.5.7. Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones para dos años secos consecutivos 2016 -2017	70
3.6. CONCLUSIONES	74
3.7. LITERATURA CITADA	75
4. CONCLUSIONES GENERALES	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Componentes de un vaso de almacenamiento (Breña et al., 2013). ...	7
Figura 2. Comparación de cuencas HEC-GeoHMS e INEGI.	21
Figura 3. Región Hidrológica-Administrativa 3 (Elaboración propia).	21
Figura 4. Cuenca del río Fuerte (Elaboración propia).	22
Figura 5. Clima de la Cuenca del río Fuerte (Elaboración propia).	24
Figura 6. Distribución espacial de la precipitación (Elaboración propia).	25
Figura 7. Presa Miguel Hidalgo y Costilla (CONAGUA, 2014).	29
Figura 8. Presa Luis Donaldo Colosio (CONAGUA, 2014).	30
Figura 9. Presa Josefa Ortiz de Domínguez (CONAGUA, 2014).	32
Figura 10. Modulo “Watershed” de la cuenca del río Fuerte en HEC-ResSim..	44
Figura 11. Editor “Reservoir” de cuenca del río Fuerte rn HEC-ResSim.	45
Figura 12. Menú de Operación de la cuenca del río Fuerte en HEC-ResSim...	46
Figura 13. Software HEC-DSS como herramienta de apoyo para la introducción de información de entradas de cuenca propia en la cuenca del río Fuerte.	46
Figura 14. Modulo “Simulation” de la cuenca del río Fuerte en HEC-ResSim. .	47
Figura 15. Modelo de la Cuenca del Río Fuerte en HEC-ResSim.	48
Figura 16. Balance de masas del ciclo agrícola 2015 -2016 para Miguel Hidalgo y Costilla con respecto al nivel de almacenamiento.	50
Figura 17. Recta de regresión por mínimos cuadrados en la presa Miguel Hidalgo y Costilla.	51
Figura 18. Balance de masas del ciclo agrícola 2015 -2016 para Miguel Hidalgo y Costilla con respecto a la ecuación 2.	52
Figura 19. Reporte de operación de la Miguel Hidalgo y Costilla del ciclo agrícola 2015 -2016.	53

Figura 20. Balance de masas del ciclo agrícola 2015 -2016 para Josefa Ortiz de Domínguez con respecto al nivel de almacenamiento.....	54
Figura 21 Recta de regresión por mínimos cuadrados en la presa Josefa Ortiz de Domínguez.....	55
Figura 22. Balance de masas del ciclo agrícola 2015 -2016 para Josefa Ortiz de Domínguez con respecto a la ecuación 1.	56
Figura 23. Reporte de operación de la presa Josefa Ortiz de Domínguez del ciclo agrícola 2015 -2016.	57
Figura 24. Balance de masas del ciclo agrícola 2015 -2016 para Luis Donaldo Colosio con respecto al nivel de almacenamiento.	58
Figura 25. Recta de regresión por mínimos cuadrados en la presa Luis Donaldo Colosio para el ciclo agrícola 2015 - 2016.	59
Figura 26. Balance de masas del ciclo agrícola 2015 -2016 para Luis Donaldo Colosio con respecto a la ecuación 3.	60
Figura 27. Reporte de operación de la presa Luis Donaldo Colosio del ciclo agrícola 2015 -2016.	61
Figura 28. Balance de masas del ciclo agrícola 2016 -2017 para Miguel Hidalgo y Costilla con respecto al nivel de almacenamiento.....	62
Figura 29. Recta de regresión por mínimos cuadrados en la presa Miguel Hidalgo y Costilla para el ciclo agrícola 2016 - 2017.	63
Figura 30. Balance de masas del ciclo agrícola 2016 -2017 para Miguel Hidalgo y Costilla con respecto a la ecuación 2.	64
Figura 31. Balance de masas del ciclo agrícola 2016 -2017 para Josefa Ortiz de Domínguez con respecto al nivel de almacenamiento.....	65
Figura 32. Recta de regresión por mínimos cuadrados en la presa Josefa Ortiz de Domínguez para el ciclo agrícola 2016 -2017.....	66
Figura 33. Balance de masas del ciclo agrícola 2016 -2017 para Josefa Ortiz de Domínguez con respecto a la ecuación 1.	67

Figura 34. Balance de masas del ciclo agrícola 2016 -2017 para Luis Donaldo Colosio con respecto al nivel de almacenamiento.	68
Figura 35. Recta de regresión por mínimos cuadrados en la presa Luis Donaldo Colosio para el ciclo agrícola 2016 - 2017.	69
Figura 36. Balance de masas del ciclo agrícola 2016 -2017 para Luis Donaldo Colosio con respecto a la ecuación 3.	70
Figura 37. Balance de masas del ciclo agrícola 2015 -2017 para Miguel Hidalgo y Costilla con respecto al nivel de almacenamiento.....	71
Figura 38. Balance de masas del ciclo agrícola 2015 -2017 para Josefa Ortiz de Domínguez con respecto al nivel de almacenamiento.....	72
Figura 39. Balance de masas del ciclo agrícola 2015 -2017 para Luis Donaldo Colosio con respecto al nivel de almacenamiento.	73

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Presas de la Cuenca del río Fuerte.....	23
Cuadro 2. Presas con uso de generación eléctrica.....	23
Cuadro 3. Usos Consuntivos de Aprovechamiento de Aguas Superficiales en la cuenca del río Fuerte.	27
Cuadro 4. Estadísticas agrícolas del ciclo 2013/2014.....	28
Cuadro 5. Política de entrada 2016 para la presa Josefa Ortiz de Domínguez.	34
Cuadro 6. Política de entrada 2017 para la presa Josefa Ortiz de Domínguez.	34
Cuadro 7. Política de extracción 2016 para la presa Josefa Ortiz de Domínguez.	35
Cuadro 8. Política de extracción 2017 para la presa Josefa Ortiz de Domínguez.	35
Cuadro 9. Política de entrada 2016 para la presa Miguel Hidalgo y Costilla. ...	37
Cuadro 10. Política de entrada 2017 para la presa Miguel Hidalgo y Costilla. .	37
Cuadro 11. Política de extracción 2016 para la presa Miguel Hidalgo y Costilla.	38
Cuadro 12. Política de extracción 2017 para la presa Miguel Hidalgo y Costilla	38
Cuadro 13. Política de entrada 2016 para la presa Luis Donaldo Colosio.....	40
Cuadro 14. Política de entrada 2017 para la presa Luis Donaldo Colosio.....	40
Cuadro 15. Política de extracción 2016 para la presa Luis Donaldo Colosio....	41
Cuadro 16. Política de extracción 2017 para la presa Luis Donaldo Colosio....	41
Cuadro 17. Simulaciones de pronósticos de funcionamiento de vaso para 2016 y 2017.....	49
Cuadro 18. Volúmenes de almacenamiento en la presa Miguel Hidalgo y Costilla para el ciclo agrícola 2015 - 2016.....	51

Cuadro 19. Volúmenes de almacenamiento en la presa Josefa Ortiz de Domínguez para el ciclo agrícola 2015 - 2016.....	55
Cuadro 20. Volúmenes de almacenamiento en la presa Luis Donaldo Colosio para el ciclo agrícola 2015 - 2016.....	59
Cuadro 21. Volúmenes de almacenamiento en la presa Miguel Hidalgo y Costilla para el ciclo agrícola 2016 -2017.....	63
Cuadro 22. Volúmenes de almacenamiento en la presa Josefa Ortiz de Domínguez para el ciclo agrícola 2016 -2017.....	66
Cuadro 23. Volúmenes de almacenamiento en la presa Luis Donaldo Colosio para el ciclo agrícola 2016 - 2017.....	69

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A Registro histórico de Escurrimientos hm^3	78
ANEXO B Registro histórico de Evaporaciones netas hm^3	89
ANEXO C Tablas Elevación – Areas – Capacidades	99
ANEXO D Pronósticos de Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones de años secos del 2016 y 2017	108

RESUMEN GENERAL

Simulación De La Operación De Un Sistema De Presas De Almacenamiento Con Hec-Ressim

En este trabajo se realizan las adaptaciones necesarias del software HEC-ResSim para trabajarlo en la Cuenca del Río Fuerte ubicado en la parte Noroeste de la Región Hidrológica 10 Sinaloa. Se realizó el pronóstico de Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones del año seco de los ciclos agrícolas 2016 y 2017 y dos años consecutivos de año seco 2016 – 2017. Los resultados muestran que las tres presas que conforman el sistema satisfacen la política de extracción propuesta para los ciclos agrícolas sin secar la presa, pero al analizar el segundo escenario se detecta que se tiene un déficit en el momento de aplicar la política de extracción lo que conllevaría a limitar el uso para el cual fue proyectado.

Palabras clave: HEC-ResSim, Política de extracción, Ciclos agrícolas.

Tesis de Maestría en Ingeniería

Posgrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Ramón Jesús Beltrán Beltrán

Director de Tesis: Dra. Laura Alicia Ibáñez Castillo

GENERAL ABSTRACT

Simulation Of The Operation Of A System Of Storage Reservoirs With Hec-Ressim

In this work, the necessary adaptations of the HEC-ResSim software are made to work in the Cuenca del Río Fuerte located in the Northwest part of the 10 Sinaloa Hydrological Region. The prediction of Probable Evolution of Storage was made with contributions from the dry year of the agricultural cycles 2016 and 2017 and two consecutive years of dry year 2016 - 2017. The results show that the three reservoirs, conforming the system, satisfy the proposed extraction policy for the agricultural cycles without drying the reservoirs, but when analyzing the second scenario it is detected that there is a deficit at the moment of applying the extraction policy, which would lead to limiting the use for which it was projected.

Keywords: HEC-ResSim, Extraction policy, Agricultural cycles

Master's Thesis in Engineering

Postgraduate in Agricultural Engineering and Integral Use of Water, Autonomous University Chapingo

Author: Ramón Jesús Beltrán Beltrán

Thesis Director: Dr. Laura Alicia Ibáñez Castillo

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La tendencia mundial en países del primer mundo y en muchos países en vías de desarrollo, es que la construcción de grandes presas ha disminuido, por lo que ahora la tendencia es mantenerlas y operarlas de la manera óptima posible para satisfacer los múltiples propósitos para los que fueron construidas (Labadie, 2004). La operación de una presa se complica cuando ésta forma parte de un sistema de presas interconectadas entre sí, ya sea de forma paralela, en cascada y/o en una combinación de dichas distribuciones; dicha operación y/o toma de decisiones sobre cuanto extraer de las presas a través de una escala temporal de decisión (mensual, quincenal o semanal) se complica, cuando los usos a satisfacer son múltiples. Existen algunos sistemas de presas en el estado de Sinaloa, en los cuales se trata de satisfacer diversos usos tales como irrigación, generación de energía eléctrica, control de avenidas, agua potable y en próximos años hasta volúmenes ecológicos (modificado de Arganis et al, 2013).

Los operadores se auxilian de simulaciones de los sistemas de presas tan simples como las realizadas en hojas de cálculo Excel, un programa específico para el sistema desarrollado en algún lenguaje (Ibáñez et al., 1997), y/o paquetería de acceso gratuito usado por otros países. Alguna de esa paquetería y/o software puede ser modelos de simulación y/o optimización. Sin embargo los modelos de optimización tratan de optimizar el uso del agua a un mediano y largo plazo (años), afectando algunas veces lo que pasa a un corto plazo. En el mundo se ha trabajado más desde la academia con modelos de optimización (Labadie 2004; Arganis et al., 2013; Besdekas, 2014; Smith et al., 2016; Zeng et al., 2015), pero lo cierto es que en países como en Estados Unidos, El cuerpo de ingenieros de la armada, tiene considerable experiencia, desde 1968 (HEC-ResSim previamente tenía el nombre de HEC-5 en su versión para sistema operativo DOS), en paquetes que simulan la operación de sistemas de presas (USACE, 2013) más que optimizar (USACE, 2003) . Sin embargo, algunos expertos señalan que los operadores actuales de un sistema de presas pueden no estar listos para la optimización (Basdekas, 2014).

En México las instituciones encargadas de la toma de decisiones sobre la operación de presas son la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Los técnicos que toman decisiones tienen que realizar un análisis de éste intrincado sistema de presas y usos para decidir sobre permitir o denegar las extracciones de agua y/o desfogar las presas cuando se acerca una avenida importante.

El sistema de presas del río Fuerte en Sinaloa está formado por tres presas: Miguel Hidalgo y Costilla (Mahome), Josefa Ortiz de Domínguez (El Sabino) y Luis Donaldo Colosio (Huites). El sistema de presas tiene como objetivo satisfacer, principalmente, demandas de agua para riego, generación de energía eléctrica y control de avenidas; en menor medida hay demandas de agua para algunas comunidades rurales y para algunas industrias (Kuri 2016; Ibáñez et al., 1997). Se espera que al implementar la simulación del sistema de presas en el software HEC-ResSim, el sistema computarizado sea un auxiliar en la toma de decisiones que a diario tienen que decidir los operadores de las presas del río Fuerte en Sinaloa. Finalmente cabe agregar que en el sistema del río Fuerte hay dos distritos de riego, 075 Río Fuerte y 076 El Carrizo, que en conjunto riegan 280,000 hectáreas de tierras agrícolas.

Literatura citada

Arganis-Juárez Maritza, L; Mendoza-Ramírez Rosalva; Domínguez-Mora Ramón; Hernández-Ruíz Alma A; Berezowsky-Verduzco Moises. Influence of Guidance Curves in the optimal management of a hydropower system. (2013). Water Resources Management 27 (4): 4989-5001. Springer.

Basdekas, L. (2014). Is Multiobjective Optimization Ready for Water Resources Practitioners? Utility's Drought Policy Investigation. J. Water Resour. Plann. Manage. 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000415, 275-276.

Ibañez-Castillo Laura A., Chávez-Morales J., Mariño M.A. 1997. A planning model for the Fuerte-Carrizo Irrigation System, Mexico. Journal of water resources management 11(3): 165-184. Netherlands. 184. Netherlands.

Kuri Abdala Antonio. (2016). Apuntes sobre planeación: Conceptos y descripción del sistema hidráulico El Fuerte Sinaloa. <http://www.ingenieria.unam.mx/~jkuri/>. UNAM. Consultado el 21 de Enero del 2016.

Labadie, J. (2004). Optimal Operation of Multireservoir Systems: State-of-the-Art Review. Journal of Water Resources Planning and Management, 10.1061/ (ASCE) 0733-9496(2004)130:2(93), 93-111.

Smith, R., Kasprzyk, J., and Zagana, E. (2016). "Many-Objective Analysis to Optimize Pumping and Releases in Multireservoir Water Supply Network." Journal of Water Resources Planning and Management, 10.1061/ (ASCE) WR.1943-5452.0000576, 04015049.

U.S. Army Corps Engineers. (2003). HEC-PRM: Prescriptive Reservoir Model. User's Manual Version 1.0. 118 pp.

U.S. Army Corps Engineers. (2013). HEC-ResSim: Reservoir System Simulation. User's Manual Version 3.1. 556 pp.

Zeng, X., Hu, T., Xiong, L., Cao, Z., and Xu, C. (2015). "Derivation of operation rules for reservoirs in parallel with joint water demand." Water Resources Research, 10.1002/2015WR017250, 9539-9563. Online publication date: 1-Dec-2015.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Aldama et al. (2006) indican que: Los beneficios que las presas brindan a los países, particularmente a México, son múltiples: permiten regar grandes extensiones de tierras áridas convirtiéndolas en vergeles; protegen poblaciones de los catastróficos daños originados por crecientes extraordinarias; y posibilitan la generación de energía eléctrica de manera limpia, entre los más importantes. La construcción de nuevas presas es un tema que hoy en día se debate con mucha frecuencia ya que la tendencia mundial ahora es mantenerla y operarlas.

2.1. Esguerrimiento

Se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca (Aparicio, 2013).

Según (Campos, 1984) es la parte de la precipitación que fluye por gravedad por la superficie dl terreno, o en el interior del mismo.

2.2. Cuenca

Es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida (Aparicio, 2013).

Según (Campos, 1984) es el área que contribuye al esguerrimiento y que proporciona parte o todo el flujo de la corriente principal y sus tributarios.

2.3. Evaporación

Es el proceso por el cual el agua pasa del estado líquido en que se encuentra en los almacenamientos, conducciones y en el suelo, en las capas cercanas a su superficie, ha estado gaseoso y se transfiere a la atmósfera (Aparicio, 2013).

Según (Campos, 1984) es el proceso, por medio del cual el agua cambia del estado líquido al gaseoso, retornado directamente a la atmósfera en forma de vapor.

2.4. Elementos básicos de vasos de almacenamiento

Breña et al. (2013) mencionan que: un vaso de almacenamiento se conforma al colocar en forma perpendicular al paso de una corriente un obstáculo, llamado comúnmente cortina, provocando un remanso que limita el escurrimiento del agua.

Un vaso de almacenamiento puede tener uno o varios de los usos siguientes:

- Irrigación.
- Generación de energía eléctrica.
- Control de avenidas.
- Abastecimiento de agua potable.
- Navegación.
- Acuacultura.
- Recreación.
- Retención de sedimentos.
- Y otros más.

2.4.1. Componentes de un vaso de almacenamiento

Breña et al. (2013) indican que: los componentes de un vaso de almacenamiento a partir de los siguientes conceptos, se observan en la Figura 1.

NAMINO (Nivel de aguas mínimas de operación). Es el nivel más bajo con el que puede operar la presa. Cuando ésta es para irrigación y otros usos, el NAMINO o también llamado NAMIN, coincide con el nivel al que se encuentra la entrada de la obra de toma. En el caso de presas para generación de energía eléctrica, el NAMINO se fija de acuerdo con la carga mínima necesaria para que las turbinas operen en condiciones satisfactorias.

Volumen muerto. Es el que queda abajo del Nivel de aguas mínimas de operación (NAMINO) y es un volumen del que no se puede disponer.

Volumen de azolves. Es el que queda abajo del nivel de la toma y se reserva para recibir el acarreo de sólidos por el río durante la vida útil de la presa. Es conveniente señalar que el depósito de sedimentos en una presa no se

produce con un nivel horizontal como está mostrado en la Figura 1, sino que los sedimentos se reparten a lo largo del embalse, teniéndose los más gruesos al principio del mismo y los más finos cerca de la cortina. De hecho, en algunos casos existe movimiento de los sedimentos depositados dentro del vaso, fenómeno que se conoce como corriente de densidad.

NAMO (Nivel de aguas máximas ordinarias o de operación). Es el máximo nivel con que puede operar la presa para satisfacer las demandas, cuando el vertedor de excedencias (estructura que sirve para desalojar los volúmenes excedentes de agua que pueden poner en peligro la seguridad de la obra) no es controlado por compuertas, el NAMO coincide con la cresta o punto más alto del vertedor. En el caso de que la descarga por el vertedor esté controlada, el NAMO puede estar por arriba de la cresta e incluso puede cambiar a lo largo del año. Asimismo, en época de estiaje es posible fijar un NAMO mayor que en época de avenidas, pues la probabilidad de que se presente una avenida en la primera época es menor que en la segunda época. El volumen que se almacena entre el NAMO y el NAMINO se llama volumen o capacidad útil y es con el que se satisfacen las demandas de agua. Además, la operación de la presa se lleva a cabo entre el NAMINO y el NAMO.

NAME (Nivel de aguas máximas extraordinarias). Es el nivel más alto que puede alcanzar el agua en el vaso de almacenamiento bajo cualquier condición. El volumen que queda entre este nivel y el NAMO, llamado superalmacenamiento, sirve para controlar las avenidas que se presentan cuando el nivel en el vaso está cercano al NAMO.

Bordo libre. Es el espacio que queda entre el NAME y la máxima elevación de la cortina (corona) y está destinado a contener el oleaje y la marea producidos por el viento, así como a compensar las reducciones en la altura de la cortina provocadas por sus asentamientos.

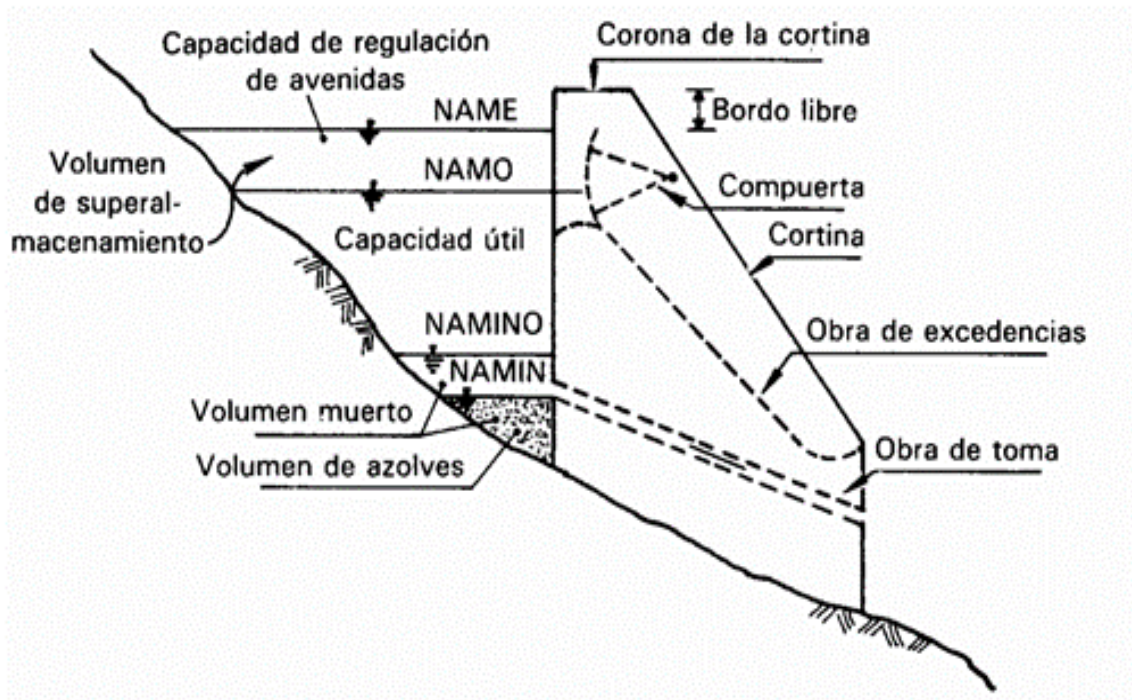


Figura 1. Componentes de un vaso de almacenamiento (Breña et al., 2013).

2.5. Antecedentes del software HEC-ResSim

HEC-ResSim no está publicado como trabajo científico pero la realidad es que se ocupa por los modeladores de Estados Unidos para la operación en el sistema de presas de almacenamiento ya que tiene experiencia desde el año de 1968.

(USACE, 2013) El software HEC - ResSim fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de EE.UU, tiene considerable experiencia, desde 1968 (HEC-ResSim previamente tenía el nombre de HEC-5 en su versión para sistema operativo MS-DOS). Se utiliza para modelar las operaciones de las presas en uno o más almacenamientos para una variedad de objetivos y restricciones operacionales.

2.5.1. Principales características de HEC - ResSim

- Interfaz gráfica del usuario
- Esquema basado en mapas
- Operaciones basadas en reglas

2.5.1.1. Interfaz gráfica del usuario

Diseñado para cumplir con los estándares de desarrollo de software de Windows®, la interfaz de HEC - ResSim no requiere un extenso tutorial para aprender a usar características de entrada. Las funciones familiares de ingreso de datos facilitan el desarrollo del modelo, y los "mini gráficos" localizados grafican los datos ingresados en la mayoría de las tablas para que los errores puedan verse y corregirse rápidamente (USACE, 2013).

Una variedad de gráficos e informes predeterminados, junto con herramientas para crear gráficos e informes personalizados, facilitan el análisis de resultados.

2.5.1.2. Esquema basado en mapas

HEC-ResSim proporciona una vista realista del sistema físico de río / almacenamiento utilizando un esquema basado en mapas con un conjunto de herramientas de dibujo de elementos. Además, con la estructura de salida jerárquica, el modelador puede representar cada salida del depósito en lugar de limitarse a una única (USACE, 2013).

Esquema: Interfaz de usuario del programa permite al usuario dibujar los mapas de la red de almacenamiento ya sea como un diagrama o una superposición en una o más mapas georreferenciados de la cuenca.

Herramientas de dibujo: HEC - ResSim representa un sistema de embalses como una red compuesta por cuatro tipos de elementos físicos: uniones, ríos, desvíos y embalses. Mediante la combinación de estos elementos, el modelador HEC - ResSim es capaz de construir una red idónea de representar cualquier cosa, desde un solo depósito en una sola corriente a un sistema altamente desarrollado e interconectado.

La presa es el elemento más complejo de la red de almacenamiento y está compuesto por un depósito en una presa. HEC-ResSim supone que el conjunto está y su comportamiento hidráulico está completamente definido por una tabla

de elevación áreas capacidades. La verdadera complejidad de la red de embalses de HEC-ResSim comienza con la presa.

Estructura de salida: La presa es la raíz de una jerarquía de salida o "árbol" que permite al usuario describir los diferentes puntos de salida del depósito con tanto detalle cómo se considere necesario. Hay dos tipos de puntos básicos de salida y dos avanzados. Los tipos básicos de salida son controlados y no controlados. Una salida no controlada puede usarse para representar una salida del depósito, como un vertedor, que no tiene una estructura de control para regular el flujo. Las salidas controladas se pueden usar para representar cualquier salida capaz de regular el flujo, como una compuerta o válvula. Los tipos de salidas avanzadas son la planta de energía y la bomba, ambas son salidas controladas con características adicionales para representar sus propósitos especiales. La planta de energía tiene la capacidad de calcular la producción de energía. La bomba es aún más especializada debido a que su dirección de flujo es opuesta a la de los otros tipos de salidas, y puede extraer agua hacia el depósito desde el almacenamiento de otro depósito. El tipo de salida de la bomba se agregó para permitir al usuario modelar la operación de bombeo en sistemas hidroeléctricos, aunque no se requiere energía hidroeléctrica para su operación.

2.5.1.3. Operaciones basadas en reglas

La mayoría de los embalses se construyen para uno o más de los siguientes propósitos: control de inundaciones, generación de energía, suministro de agua, recreación y calidad ambiental. Estos propósitos típicamente definen las metas y restricciones que describen los objetivos de la operación del almacenamiento. Otros factores que pueden influir en estos objetivos incluyen: la época del año, las condiciones hidrológicas, la temperatura del agua, la elevación de la presa y las operaciones simultáneas de otros embalses en un sistema. HEC-ResSim es único entre los modelos de simulación de almacenamientos porque intenta reproducir el proceso de toma de decisiones que los operadores deben usar para establecer las entregas (USACE, 2013).

2.6. Estudios previos de aplicación del software HEC-ResSim en el mundo

Firoz et al. (2017) evaluó; datos hidroclimáticos para el período de 1980 a 2013, datos de operación de almacenamientos, las alteraciones de la red hidrológica en el flujo de la corriente aguas abajo y el riesgo de sequía en la cuenca del río Vu Gia Thu Bon (VGTB) en Vietnam. Este trabajo realizó la construcción del modelo de operación del reservorio con HEC-ResSim donde simuló el flujo de salida del almacenamiento desde ocho principales centrales hidroeléctricas, así como el flujo de las corrientes principales del río Vu Gia y Thu Bon. Los resultados encontrados mostraron que el modelo tiene una alta eficiencia en la representación del sistema real. Las estadísticas de eficiencia para ambos modelos muestran un buen rendimiento del modelo. Un fuerte impacto de la operación del almacenamiento en aguas abajo. Se detectó una descarga a la escala diaria, mensual, estacional y anual para cuatro estaciones de descarga relevantes para el agua puntos de asignación de la cuenca del río. La incorporación de la dimensión adaptada a su vez permitió cuantificar las diferencias de volumen. Se llegó a la conclusión de que la configuración del modelo calibrado proporciona una herramienta valiosa para respaldar la gestión del agua intersectorial y planificación en la región adecuada para ser transferido a regiones similares. El método de nivel de inicio demostró ser un método

eficiente para estimar la sequía en la zona dominada por los monzones tropicales, que sin embargo tienen fuertes características estacionales.

Jebbo & Awchi (2016) estudió, el comportamiento de operación del almacenamiento y la capacidad del programa HEC-ResSim para representar y simular el sistema real de la presa Mosul, Irak. El estudio se basó en datos mensuales para el período de 1988 a 2006. Los resultados mostraron que el modelo tiene una alta eficiencia en la representación del sistema real. Se observa que las curvas de parámetros simulados y observados son muy cerradas entre sí, esto se debe a que muchas variables no se tuvieron en cuenta en estudios previos como el uso de curvas de capacidad de compuertas, ingresando los valores reales de las eficiencias de la central eléctrica, teniendo en cuenta las pérdidas hidráulicas, el cambio en la elevación del agua de la cola y la filtración del depósito.

Alemaw et al. (2016) realizó un estudio sobre, el Manejo de Suministro de agua en almacenamiento bajo un ambiente árido y urbanizado en Notwane, Botswana donde la confiabilidad del suministro de agua actual y futura es desafiada por el clima y factores antropológicos. El modelo fue analizado por un período de calibración de diez años (1993-2002), y período de verificación de ocho años (2003-2010). Se consideraron escenarios para determinar las fuentes plausibles de incertidumbre y desafío para la operación y administración de los almacenamientos de suministro de agua considerando: población y urbanización, sedimentación, filtración, cambio climático, operacional aspectos, entre otros. Encontrando como resultados que el escenario de Cambio Climático reduce la confiabilidad del suministro de agua para las presas 7%, 13% y 44% en comparación con el período histórico. El escenario de Población y Urbanización disminuye en gran medida la confiabilidad de los almacenamientos de Gaborone, Bokaa y Nnywane en un 66%, 2% y 49% respectivamente.

Thach (2016) investigó la operación del almacenamiento en condiciones hidrológicas extremas debido al cambio climático con el fin de presentar la planificación del manejo de las inundaciones para la cuenca de Yuba-Feather en

California. El estudio adopta y utiliza los modelos de almacenamiento HEC-RESSIM para los sistemas de Lake Oroville y New Bullard's, Se simuló un conjunto de escenarios de entrada de flujo de base y futuro usando el modelo HEC-RESSIM para depósitos de Yuba-Feather y sistemas de canales. Encontrando como resultado que la escorrentía estimada crezca un 6.31%, 10.05% y 15.78% en el embalse de Oroville en el río Feather para Near-Century (2025), mediados de siglo (2055) y finales del siglo (2085), mientras que los cambios de elevación aumentarán 0.49%, 0.56% y 0.67%, respectivamente. De manera similar, se espera que la afluencia estimada de inundaciones aumente en el embalse de New Bullard's Bar en un 4.30%, 12.99% y 17.32%, para los tres escenarios de cambio climático respectivamente en comparación con la condición climática base. Mientras que la elevación del yacimiento aumentará 0.18%, 0.53% y 0.65%, respectivamente. Se espera que los flujos máximos de inundación en el cruce de Feather River y Yuba River aumenten en 1.10%, 1.96% y 7.03%, respectivamente.

Lara et al. (2014) construyó; un modelo en HEC-ResSim con la finalidad de analizar la operación a lo largo del periodo 2001 y 2006 para la presa Tucurui la cual fue el primer proyecto de hidroelectricidad a gran escala construido en la selva tropical amazónica en Brasil. En sus resultados encontraron que a fines de 2002 se observó una elevación del almacenamiento de menos de 58 m, lo que indica problemas operacionales debido a una liberación programada inapropiada además menciona que HEC-ResSim es una alternativa interesante para reducir las incertidumbres de los pronósticos de salida y apoyar la mejora del programa de advertencia de inundaciones de la presa Tucuruí.

2.7. Estudios previos de aplicación del software HEC-ResSim en México

No existen trabajos previos publicados en México empleando el software HEC-ResSim, en consecuencia, se plantea realizar las adaptaciones necesarias para aplicarlo en el sistema del Río Fuerte, Sinaloa.

2.8. Literatura citada

Aldama, A. A., Ramírez, A. I., Aparicio, J., Mejía, R., & Ortega, G. E. (2006). Seguridad hidrológica de las presas en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos.

Alemaw, B. F., Keaitse, E. O., & Chaoka, T. R. (2016). Management of Water Supply Reservoirs under Uncertainties in Arid and Urbanized Environments. *Journal of Water Resource and Protection*, 8(11), 990.

Aparicio Mijares, F. J. (2013). Fundamentos de hidrología de superficie (No. 551.48 A639f). Limusa,.

Breña Puyol, A., & Jacobo Villa, M. (2013). Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial. Universidad Autónoma Metropolitana.

Campos, D. F. A. (1984). Procesos del ciclo hidrológico. UASLP.

Firoz, A. B. M., Nauditt, A., Fink, M., & Ribbe, L. (2017). Quantifying human impacts on hydrological drought using a combined modelling approach in a tropical river basin in Central Vietnam.

Jebbo, B. E., & Awchi, T. A. (2016). Simulation Model for Mosul Dam Reservoir Using HEC-ResSim 3.0 Package. *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*, 28(2).

Lara, P. G., Lopes, J. D., Luz, G. M., & Bonuma, N. B. (2014). Reservoir Operation Employing Hec-Ressim: Case Study Of Tucuruí Dam, Brazil.

Thach, B. N. (2016). An investigation on reservoir operation for the flood management planning in the Yuba Feather watershed.

U.S. Army Corps Engineers. (2013). HEC-ResSim: Reservoir System Simulation. User's Manual Version 3.1. 556 pp.

3. EVOLUCIÓN PROBABLE DE ALMACENAMIENTOS CON APORTACIONES DE AÑOS SECOS 2016 Y 2017

3.1. Resumen

El sistema cuenta con; tres presas de almacenamiento Miguel Hidalgo y Costilla (MHC) Josefa Ortiz de Domínguez y Luis Donaldo Colosio (LDC) con relaciones de transferencia entre ellas. La metodología utilizada no está publicada como trabajo científico pero es la que ocupan los operadores en las presas de almacenamiento de USA. En los Distritos de Riego 075 Río Fuerte y 076 Valle del Carrizo, Sinaloa se auxilian de simulaciones de los sistemas de presas tan simples como las realizadas en hojas de cálculo Excel ó el programa de computo SISPIR. Por lo tanto, se aplican todos los elementos del sistema del Río Fuerte al programa HEC-ResSim donde se simula la Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones de año seco de los ciclos agrícolas 2016 y 2017 y dos años consecutivos de año seco 2016 – 2017. Los resultados muestran que las tres presas que conforman el sistema satisfacen la política de extracción propuesta para los ciclos agrícolas 2016 y 2017 sin secar la presa, pero al analizar el segundo escenario se detecta que se tiene un déficit lo que conllevaría a limitar el uso para el cual fue proyectado.

Palabras clave: SISPIR, HEC-ResSim, relación de transferencia, funcionamiento de vaso, año seco y pronóstico.

Tesis de Maestría en Ingeniería

Posgrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua, Universidad
Autónoma Chapingo

Autor: Ramón Jesús Beltrán Beltrán

Director de Tesis: Dra. Laura Alicia Ibáñez Castillo

3.2. Abstract

The system has; three storage dams Miguel Hidalgo and Costilla (MHC) Josefa Ortiz de Dominguez and Luis Donaldo Colosio (LDC) with transfer relations between them. The methodology used is not published as the scientific work but is the same as the operators in the storage areas of the United States. In the Irrigation District 075 Río Fuerte and 076 Valle Del Carrizo, Sinaloa will help simulations of dam systems as simple as those carried out in Excel spreadsheets or the SISPIR computer program. Therefore, all the elements of the Río Fuerte system are applied to the HEC-ResSim program, obtaining as a result the forecast of operation of the vessel for the year to make decisions regarding the extraction policy. This allows us to analyze the feasibility of increasing the volume of consumption for different uses in real time, and not until the event occurs. From this model, different results can be obtained that allow concluding that the model is capable of representing the system.

Key words: SISPIR, HEC-ResSim, transference ratio, vessel operation, dry year and forecast.

Master's Thesis in Engineering

Postgraduate in Agricultural Engineering and Integral Use of Water, Autonomous
University Chapingo

Author: Ramón Jesús Beltrán Beltrán

Thesis Director: Dr. Laura Alicia Ibáñez Castillo

3.3. Introducción

De acuerdo con la Comisión Mundial de Presas (WCD por sus siglas en inglés), grandes proyectos de almacenamiento en todo el mundo no logran producir nivel de beneficios que proporcionan la justificación económica para su desarrollo. La construcción de nuevas presas es un tema que hoy en día se debate con mucha frecuencia. Al evaluar las ventajas y desventajas de las presas resulta indispensable emplear las mejores herramientas que la ciencia y la ingeniería tienen que ofrecer. Esto permite caracterizar desde una fase de proyecto y de modo más preciso, los impactos socioambientales que puede producir una presa y, en su caso, proponer oportunamente las medidas de mitigación más adecuadas (Aldama et al., 2006).

En México las instituciones encargadas de la toma de decisiones sobre la operación de presas son la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE). En la Cuenca del Río Fuerte, Sinaloa es importante realizar las adaptaciones necesarias para la aplicación del software HEC-ResSim, ya que los operadores se auxilian de simulaciones de los sistemas de presas tan simples como las realizadas en hojas de cálculo Excel, un programa específico para el sistema desarrollado en algún lenguaje (Ibáñez et al., 1997), y/o paquetería de acceso gratuito usado por otros países. alguna de esa paquetería y/o software puede ser modelos de simulación y/o optimización. Sin embargo los modelos de optimización tratan de optimizar el uso del agua a un mediano y largo plazo (años), afectando algunas veces lo que pasa a un corto plazo. En el mundo se ha trabajado más desde la academia con modelos de optimización (Labadie 2004; Arganis et al., 2013; Besdekas, 2014; Smith et al., 2016; Zeng et al., 2015). Mientras que los modelos de simulación en HEC-ResSim tienen una alta eficiencia en la representación del sistema real. En el cual parte de datos hidrológicos, aspectos operacionales, almacenamientos, sedimentación, filtración, cambio climático, caudal ecológico, antropológicos entre otros (Firoz et al., 2017; Alemaw et al., 2016; Jebbo & Awchi 2016; Thach 2016; Lara et al., 2014), pero lo cierto es que en países como en Estados Unidos,

El cuerpo de ingenieros de la armada, tiene considerable experiencia, desde 1968 (HEC-ResSim previamente tenía el nombre de HEC-5 en su versión para sistema operativo DOS), en paquetes que simulan la operación de sistemas de presas (USACE, 2013) más que optimizar (USACE, 2003) . Sin embargo, algunos expertos señalan que los operadores actuales de un sistema de presas pueden no estar listos para la optimización (Basdekas, 2014).

La Cuenca del Río Fuerte está ubicada en la parte Noroeste de la Región Hidrológica 10 Sinaloa, la cual pertenece a la Región Hidrológico-Administrativa 3 Pacífico Norte (CONAGUA 2015), en la parte baja de la cuenca se cuenta con tres presas de almacenamiento Miguel Hidalgo y Costilla mejor conocida como “El Mahome”, su uso es para Generación Energía, Riego con una capacidad instalada de 59 MW y Control de avenidas, administrada por el Distrito de Riego 075 El Fuerte; la presa Luis Donaldo Colosio mejor conocida como “Huites” su uso es Generación de Energía con una capacidad efectiva instalada de 422 MW y control de avenidas, administrada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA); y la presa Josefa Ortiz de Domínguez también conocida como “El Sabino”, sus usos son Riego y Usos Secundarios, administrado por el Distrito de Riego 076 El Valle del Carrizo (PRONACOSE, 2014). La superficie sembrada en el DR 075 fue de 274 770 ha con una producción de 2 939 661 Ton y para el DR 076 66 035 con una producción de 445 474 Ton, esto para el ciclo agrícola 2013/2014 (CONAGUA 2015).

En la actualidad los Distritos de Riego realizan los pronósticos de evolución probable de almacenamientos con aportaciones de año seco, esto quiere decir que su política de operación es limitada y se define de este modo para evitar déficit en las presas del sistema, ya que tienen como objetivo satisfacer, principalmente, demandas de agua para riego, generación de energía eléctrica y control de avenidas; en menor medida hay demandas de agua para algunas comunidades rurales y para algunas industrias (Kuri 2016; Ibáñez et al., 1997). Se espera que al implementar la simulación del sistema de presas en el software HEC-ResSim, el sistema computarizado sea un auxiliar en la toma de decisiones

que a diario tienen que decidir los operadores de las presas del río Fuerte en Sinaloa.

3.4. Materiales y Métodos

3.4.1. Materiales

- Software HEC-ResSim 3.1
- Software HEC-DSSVue 2.0.1
- Software ArcGIS 10.1
- Software Hec-GeoHMS
- Modelo Digital de Elevaciones de INEGI a 30 m
- Subcuencas Hidrológica escala 1:250000 de INEGI
- Estaciones de aforo de CONABIO
- Registro Histórico de evaporaciones netas del 1 de enero de 1949 al 31 de diciembre de 2015
- Registro Histórico de escurrimientos del 1 de enero de 1949 al 31 de diciembre de 2015
- Usos Consuntivos de aprovechamientos de las aguas superficiales
- Pronósticos de evolución probable de almacenamientos con aportaciones de año secos de los ciclos agrícolas 2015 - 2016 y 2016 - 2017.
- Memoria descriptiva de la presas

3.4.2. Método - Construcción del Modelo del Funcionamiento Del Sistema del Río Fuerte

HEC-ResSim no está publicado como trabajo científico pero la realidad es que se ocupa por los modeladores de Estados Unidos para la operación en el sistema de presas de almacenamiento ya que tiene experiencia desde el año de 1968. (USACE, 2013) El software HEC - ResSim fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de EE.UU, tiene considerable experiencia, desde 1968 (HEC-ResSim previamente tenía el nombre de HEC-5 en su versión para sistema operativo MS-DOS). Se utiliza para modelar las operaciones de las presas en uno o más almacenamientos para una variedad de objetivos y restricciones operacionales

Para realizar la simulación de la operación en el sistema del Río Fuerte se consideran los escenarios de año seco para los ciclos agrícolas 2016 y 2017, además de 2 años consecutivos secos 2016 -2017, primeramente, se calibrara el modelo con los Funcionamiento de Vaso para los años secos de los ciclos agrícolas 2016 y 2017, posteriormente podrá realizarse con dos años consecutivos secos.

Antes de tomar decisiones en los trabajos de modelación se tiene la necesidad de valorar las rutas a seguir para poder desarrollar el trabajo, todas conllevan un análisis de la información con que se cuenta y con los recursos que se disponen, siempre un modelo se podrá mejorar debido a que continuamente los software se van actualizando o por el simple hecho que el lugar o zona que se está modelando tiene alteraciones físicas ya sea por causa natural o artificial.

Una de las principales dificultades con las que nos enfrentamos es que no existen trabajos aplicados en México con este tipo de software por tal motivo lleva un análisis del funcionamiento de dicho programa, posteriormente se realizan las adaptaciones necesarias para poder obtener un modelo que simule el comportamiento de la operación en el sistema de presas de almacenamiento.

3.4.2.1. Delimitación de la zona de estudio

Utilizando el programa ArcGIS 10.1 y un modelo digital de elevación a 30 m, se delimitó de manera automatizada la cuenca del río Fuerte empleando la extensión Hec-GeoHMS, Una vez de recopilada toda la información necesaria se realiza una serie de procedimiento los cuales no se muestran en este apartado, pero como referencia se utiliza el manual de usuario de Hec-GeoHMS. Al comparar la delimitación con HEC_GeoHMS y la delimitación de subcuencas que proporciona el (INEGI, 2016) podemos observar y analizar que corresponde a la misma subcuenca tal y como se puede en la Figura 2. Comparación de cuencas HEC-GeoHMS e INEGI

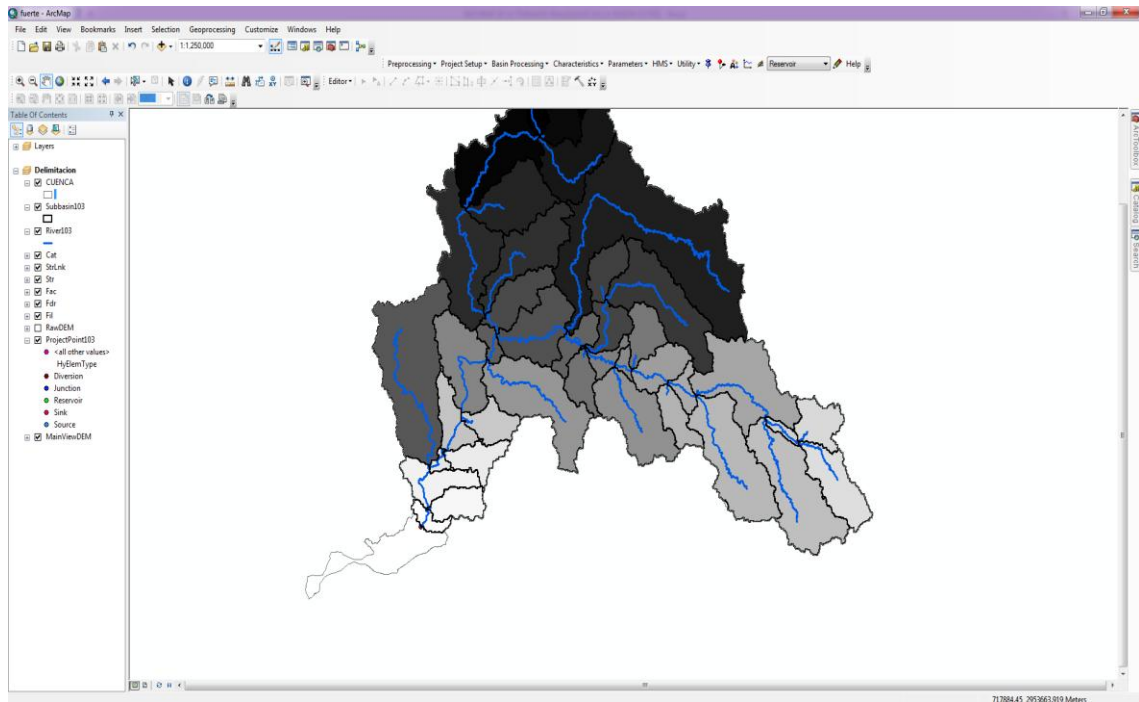


Figura 2. Comparación de cuencas HEC-GeoHMS e INEGI.

3.4.2.2. Descripción de la zona de estudio

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Cuenca del Río Fuerte está ubicada en la parte Noroeste de la Región Hidrológica 10 Sinaloa, la cual pertenece a la Región Hidrológico-Administrativa 3 Pacífico Norte (Figura 3. Región Hidrológica-Administrativa 3



Figura 3. Región Hidrológica-Administrativa 3 (Elaboración propia).

La cuenca del río Fuerte se localiza en la zona Noroeste de México, en los estados de Sinaloa, Sonora, Durango y Chihuahua, Geográficamente se ubica entre los 25.68° y 28.24° de Latitud Norte, y entre -106.12 ° y -109.43 ° de Longitud Oeste, y tiene un área total de 34 562 km² (Figura 4).

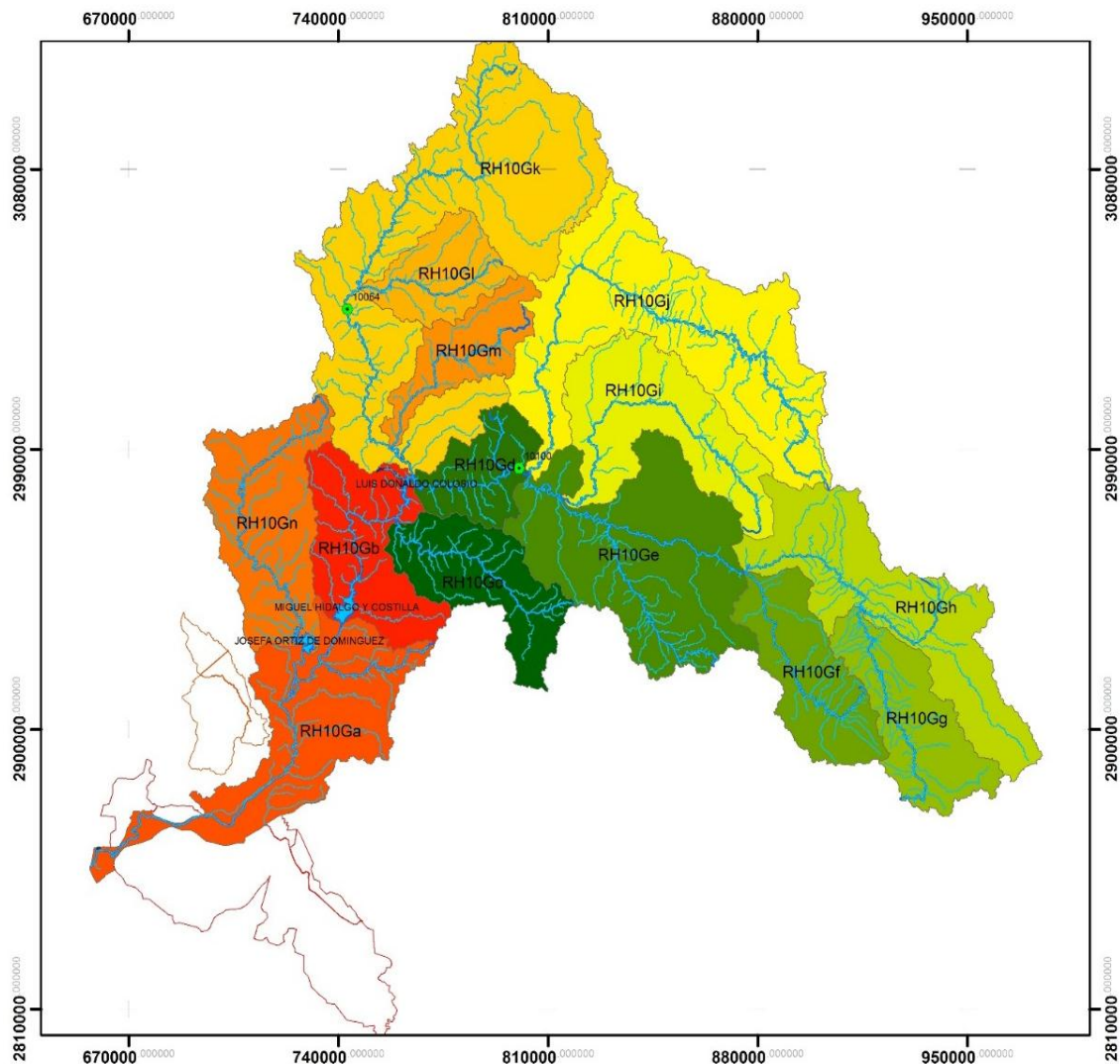


Figura 4. Cuenca del río Fuerte (Elaboración propia).

El cauce principal es el río Fuerte, pero tiene un tributario importante llamado Arroyo de Álamos. En la cuenca del río Fuerte existen tres presas importantes, las cuales riegan 274,770 hectáreas agrícolas en el DR 075 El Fuerte 66,035 hectáreas del DR 076 El Carrizo. Las presas son (Cuadro 1);

Cuadro 1. Presas de la Cuenca del río Fuerte.

Nombre oficial	Nombre común	Capacidad al NAMO (Millones m ³)	Año de terminación	Usos	Admin	Río
Miguel Hidalgo y Costilla	El Mahone	2921.4	1956	Generación Energía Riego Control de las avenidas	DR. # 075	Río Fuerte
Luis Donaldo Colosio	Huites	2908.1	1995	Generación Energía Control de las avenidas	CONAGUA	Río Fuerte
Josefa Ortiz de Domínguez	El Sabino	595.3	1967	Riego Usos Secundarios	DR. # 076	Río Álamos

Fuente: (PRONACOSE, 2014).

Las presas que tienen como uso generación de energía son dos, que corresponde a las presas Miguel Hidalgo y Costilla y Luis Donaldo Colosio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Presas con uso de generación eléctrica.

Nombre de la central	Unidades	Fecha de entrada en operación	Capacidad efectiva instalada (MW)	Ubicación
Luis Donaldo Colosio	2	15 de Septiembre de 1996	422	Presa Luis Donaldo Colosio, Choix, Sinaloa
27 de Septiembre	3	27 de Agosto de 1960	59	Presa Miguel Hidalgo y Costilla, EL Fuerte, Sinaloa

Fuente: (PRONACOSE, 2014).

3.4.2.3. Registro Histórico de evaporaciones netas

El clima en la Cuenca del Río Fuerte posee una gran variabilidad (Figura 5). En la cuenca alta prevalece un clima templado, húmedo con régimen de lluvias uniformemente repartidas, con verano fresco y largo. La oscilación térmica se caracteriza por temperaturas medias mensuales entre 10.7°C y 22.7°C y una precipitación media anual de 1067 milímetros. Mientras que en la cuenca media, el clima es semiseco, cálido, con régimen de lluvias en verano, las temperaturas medias anuales oscilan entre 23.9 y 24.9 y la precipitación media anual es de 723 milímetros por año. La cuenca baja posee un clima seco, cálido con lluvias en verano, con oscilación anual de las temperaturas medias mensuales mayor de 23.1° C y una precipitación media anual de 407 milímetros. La evaporación es hasta el 550 por ciento mayor que la precipitación, lo que presenta un gran desafío para la conservación del recurso hídrico (PRONACOSE, 2014).

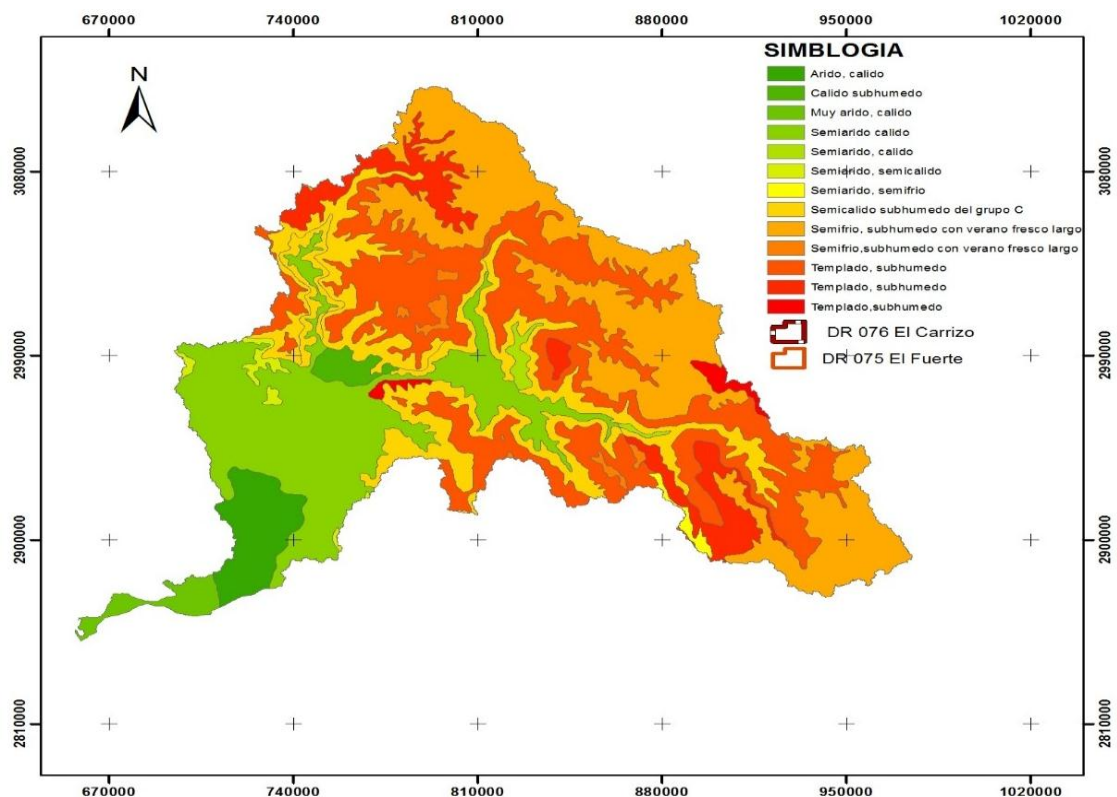


Figura 5. Clima de la Cuenca del río Fuerte (Elaboración propia).

Se presenta en el ANEXO B el registro histórico de evaporaciones netas, proporcionados por la CONAGUA.

3.4.2.4. Registro Histórico de escurrimientos

En cuanto a la distribución temporal de la precipitación (Figura 6), se tienen definidos dos periodos de lluvias en la zona: las lluvias de verano y las de invierno. Las primeras son producidas por la temporada normal de lluvias y eventos meteorológicos como ciclones, los cuales se presentan con regularidad, generalmente en los meses de julio a septiembre. La segunda etapa lluviosa es producto de los frentes fríos, durante los meses de diciembre a febrero. Por otro lado, el periodo de estiaje ocurre de marzo a mayo. La evaporación media anual es de 2,178 milímetros, es decir, es mayor a la precipitación en un 314% (PRONACOSE, 2014).

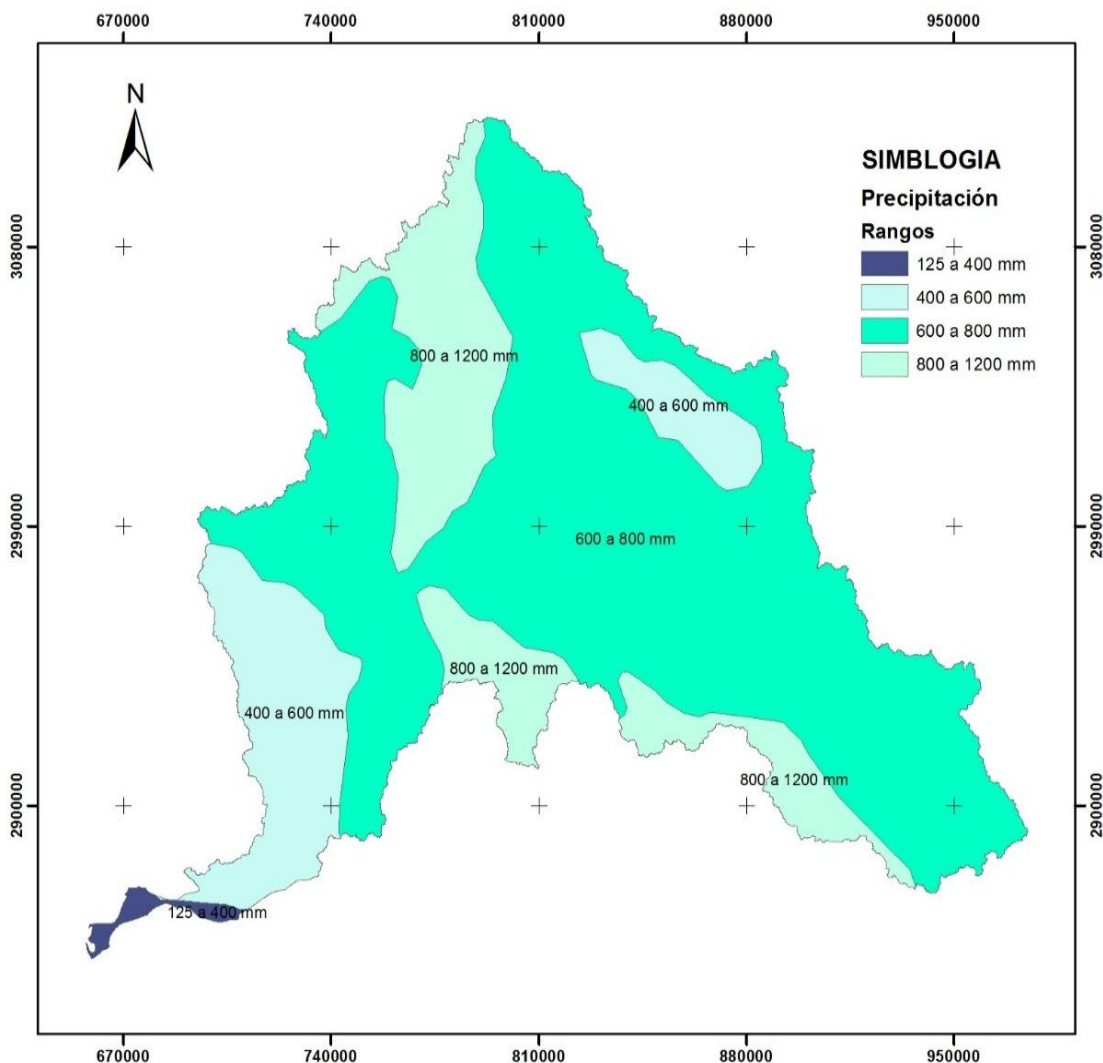


Figura 6. Distribución espacial de la precipitación (Elaboración propia).

En el Río Fuerte el volumen medio anual de escurrimiento natural es de 5024 Mm³, el volumen concesionado en el REPDA es de 11 305 Mm³ y la disponibilidad media anual es de 410 Mm³, asumiendo una precipitación normal anual.

Aportaciones a las presas; Con el propósito de establecer la relación entre las condiciones meteorológicas y la disponibilidad del recurso hídrico en las presas, se analizaron los registros de almacenamiento del 1 de enero de 1949 hasta el 31 de diciembre de 2015 (ANEXO A).

3.4.2.5. Usos Consuntivos de aprovechamientos de las aguas superficiales

Los usos consuntivos de aprovechamiento de aguas superficiales por usuario por cuenca se muestran en el Cuadro 3. Los módulos de riego de esta cuenca representan el uso mayoritario del agua, el agrícola, por lo cual, demandan una gran parte de los volúmenes de agua que se generan en la cuenca. Dada la distancia de la obra de toma de la presa al punto de control de cada módulo donde esta concesionada el agua, existe una pérdida de volumen en este trayecto, por lo que se tiene asignada una eficiencia diferente en ellos.

En la Cuenca del Arroyo Álamos no existen grandes demandantes de agua superficial y su uso mayor le corresponde al agrícola con 1.5 Mm³, en la subcuenca del Río Fuerte, el uso mayoritario le corresponde al agrícola, debido a que se encuentran localizados en esta cuenca, el Distrito de Riego 075 Río Fuerte y el Distrito de Riego 076 Valle de El Carrizo, los cuales en su conjunto demandan 4,203.0 Mm³ y sumados a 103.0 Mm³ también para uso agrícola fuera de ambos distritos, representan el 97.4% de los usos demandados para las aguas superficiales. El uso para la generación de energía eléctrica, no está considerada en el Cuadro 3, debido a que se considera un uso no consuntivo, el cual tiene una concesión de 3,723.45 Mm³ en la Presa Huites y 3,118.64 Mm³ en la Presa Miguel Hidalgo, que equivaldrían al 99.47% y 42.01% del total de aprovechamiento de agua para las subcuencas de los Ríos Fuerte (CONAGUA, 2009).

Cuadro 3. Usos Consuntivos de Aprovechamiento de Aguas Superficiales en la cuenca del río Fuerte.

Usuario	Rio Fuerte	Rio Choix	Arroyo los Álamos	Rio Fuerte	%
Volumen en Mm3					
Agrícola	2.37	0	1.5	4211.75	97.4
Domestico	0.01	0	0	0.06	0
Múltiple	1.29	0	0.07	0.17	0.04
Pecuario	0	0	0.07	0.52	0.01 1
Público Urbano	15.75	0.55	0.22	65.92	1.91
Industrial	0	0.21	0	25.93	0.6
Servicios	0.15	0	0	0.34	0.01
Agroindustria	0	0	0	0.12	0.12
Otros	0	0	0	0.3	0.01
Total	19.87	0.76	1.86	4305.75	100

Fuente: CONAGUA, 2009.

3.4.2.6. Demanda de agua en el uso agrícola

El sector agrícola es el mayor consumidor, representando el 96.7% del volumen de agua demandado. En la parte baja de las cuencas la presión para cubrir las demandas de agua ha aumentado, sobre todo en el sector agrícola, debido a que no se ha alcanzado el nivel óptimo respecto a la eficiencia en el uso y manejo del agua, tanto en los sistemas de distribución como a nivel parcelario, lo que ocasiona baja productividad agrícola, limitaciones al desarrollo socioeconómico del área, impactos negativos en los sistemas ecológicos y los consecuentes conflictos por el agua entre los usuarios. La eficiencia global del uso del agua en la agricultura es inferior al 50%, es decir, se estima que más del 40% del agua aplicada al riego se traduce en pérdidas del recurso (Cuadro 4).

Cuadro 4. Estadísticas agrícolas del ciclo 2013/2014.

N°	Nombre	Sembrada (ha)	Cosechada (ha)	Producción (Ton)	Eficiencia promedio (%)
75	Río Fuerte, Sin.	274 770	273 152	2 939 661	42.6
76	Valle del Carrizo, Sin.	66 035	66 035	445 474	49.3

Fuente: (CONAGUA, 2015).

3.4.2.7. Memoria descriptiva de la presa del sistema del río Fuerte

Descripción de La Presa Miguel Hidalgo y Costilla

Construcción inicial: Con objeto de aprovechar en riego y generación de energía eléctrica las aguas del río Fuerte, se construyó la presa "Miguel Hidalgo" con una capacidad total de dos mil trescientos millones de metros cúbicos, habiendo quedado constituida por una cortina, sobre el cauce del río, del tipo de roca; 3 diques, localizados en la margen derecha; de una obra de toma, alojada en la ladera izquierda, formada por dos túneles de sección circular (CONAGUA, 2014).

Propósito: Construcción inicial: Para riego de 200 000 ha, regularización de avenidas, generación de energía eléctrica y otros usos secundarios.

Datos hidrológicos: Río: Fuerte; Cuenca: Con un área de 29 616 km², localizada en los Estados de Durango, Chihuahua y Sinaloa.

Obra de excedencias: Está ubicada en la margen izquierda del río intercalada en la cortina, constituida por un vertedor del tipo de abanico, cresta libre y cimacio Creager, que converge a un tanque amortiguador, del cual descarga a una hondonada que conduce las aguas al cauce del río Fuerte.

Avenida de diseño: 22 500 m³/s; Capacidad máxima de descarga; Construcción inicial 17 850 m³/s; Gasto máximo de la estructura de control 7 550 m³/s; Gasto máximo del vertedor de cresta libre 8 900 m³/s.



Figura 7. Presa Miguel Hidalgo y Costilla (CONAGUA, 2014).

Obra de toma principal: Ubicada en la ladera izquierda, quedó constituida por 2 túneles de sección circular, revestidos de concreto, los que se destinan para riego y para alimentar las turbinas de la planta hidroeléctrica. Gasto máximo de diseño: 360 m³/s.

Obra de toma auxiliar: Esta estructura, cuyo fin primordial es alimentar a la presa "Josefa Ortiz de Domínguez", está ubicada en la margen derecha, localizada en un crestón existente entre los diques núm. 6 y 7 y está constituida por un conducto cerrado y un túnel con diferentes secciones y el gasto es controlado por compuertas deslizantes operadas por malacates eléctricos desde la corona del dique. Gasto máximo de diseño: 100 m³/s

Descripción de La Presa Luis Donaldo Colosio

Construcción inicial Y Propósito: La presa tiene una capacidad total de 4568 millones de m³ y se destina a controlar los escurrimientos del río Fuerte para aprovecharlos en riego de 70,000 ha, las cuales se ubican 35,000 en Sinaloa y

35,000 en Sonora; además en la generación de energía eléctrica de 911 gigawatts-hora al año y el beneficio adicional de reducir daños por inundación al ejercer el control de las avenidas conjuntamente con la presa Miguel Hidalgo (CONAGUA, 2014).

Hidrología: Región Hidrológica 10, río Fuerte; Área de la cuenca hasta el sitio 26,000 km².

Obra de excedencias: Esta estructura está situada a la izquierda, sobre los primeros cuatro monolitos de la cortina sección gravedad, los cuales se modificaron levemente en la parte superior para formar el cimacio de apoyo de las compuertas y el canal de descarga de la estructura.

En cada vano, limitado por pilas de concreto reforzado, se instaló una compuerta radial, ancho 15.50 m por altura 21.00 m, dimensiones obtenidas del análisis del tránsito de la avenida máxima probable, con una política de operación propuesta para no sobrepasar en el vaso la elevación 290.0 m, considerando el vaso normalmente lleno a la elevación 270.0 m (NAMO). La descarga máxima de la estructura vertedora trabajando libremente es de 22 445 m³/s.

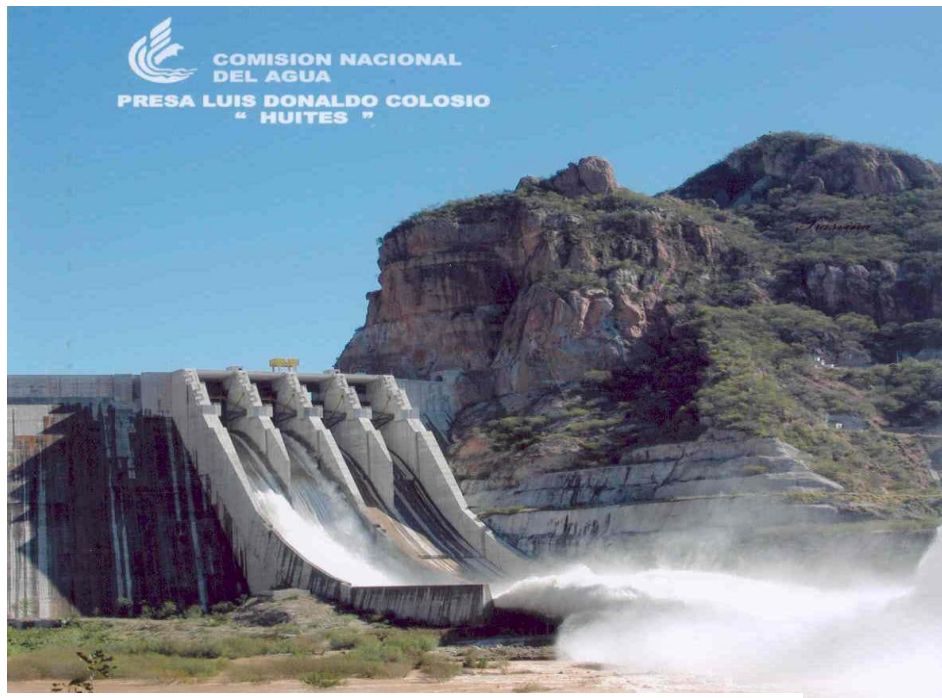


Figura 8. Presa Luis Donaldo Colosio (CONAGUA, 2014).

Obra de toma: Se encuentra ubicada a la derecha sobre el tramo en arco, en virtud de alojarse la planta para generación, a cielo abierto, en el mismo lado; por constar la planta de dos unidades independientes, cada una con su tubería de presión para conducción a las unidades de generación, la obra de toma quedó también dividida en dos estructuras independientes, las cuales se inician aguas arriba, en las estructuras de rejillas, con umbral de entrada a la elevación 190.00 m.

La capacidad de las tomas es de 235 m³/s por cada una, totalizando un gasto de 470 m³/s.

Descripción de La Presa Josefa Ortiz de Domínguez

Construcción inicial: Con el fin de aprovechar en riego las aguas del río Álamos, y parte de los sobrantes de las aguas del río Fuerte, se construyó la presa "Josefa Ortiz de Domínguez", que consiste esencialmente en una cortina de roca con una obra de toma y una de control y excedencias, sobre la margen derecha de la corriente. Mediante un canal de conexión, este vaso recibe aguas sobrantes de la presa "Miguel Hidalgo", que en su dique No. 6 tiene una obra de toma para este fin (CONAGUA, 2014).

Propósito: Riego de 40 000 ha. en el valle del Carrizo y otros usos secundarios.

Datos hidrológicos: Río: Álamos; Cuenca: Con un área de 2 268 km², localizada en los Estados de Sinaloa y Sonora.

Obra de excedencias: Se encuentra alojada en la margen derecha, en el extremo de la cortina. Es una estructura de concreto, formada por un cimacio vertedor con 3 compuertas radiales que se apoyan en el perfil del cimacio y quedan alojadas entre pilas y muros extremos, desplantados sobre el cimacio. El soporte de las compuertas en pilas y muros se hizo mediante estructuras de concreto preesforzado. El vertedor descarga a una rápida que termina en un tanque amortiguador. Sobre las pilas y los muros se apoya un puente para el tránsito de vehículos y grúa para maniobras.

Avenida de diseño: 5 000 m³/s; Longitud de cresta: 27.0 m; Capacidad máxima de descargas: 1 870 m³/s.

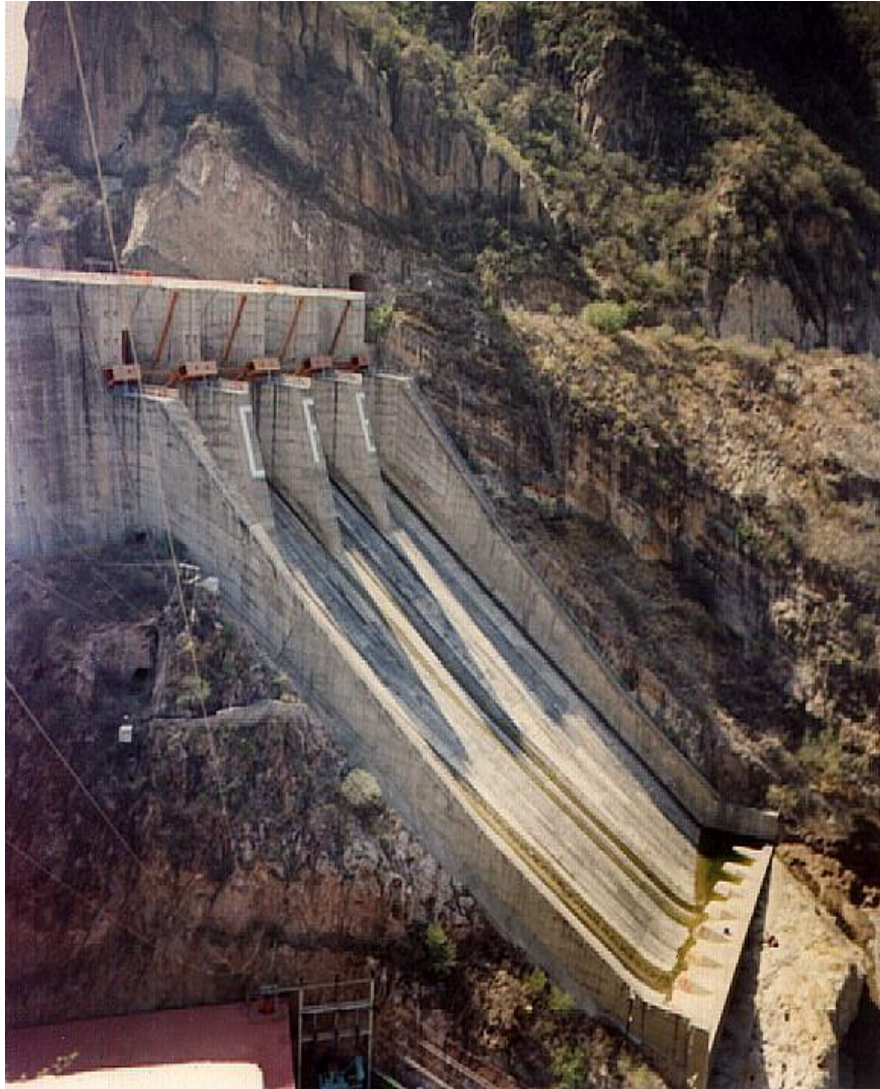


Figura 9. Presa Josefa Ortiz de Domínguez (CONAGUA, 2014).

Obra de toma principal: Está localizada en la ladera derecha y consiste básicamente en un conducto de sección de herradura, que aguas arriba está provisto de una rejilla y de compuertas deslizantes para servicio de emergencia, operadas desde una torre, cuyo acceso se hace mediante un puente. En el extremo de aguas abajo del conducto, se tiene un tanque amortiguador del cual se inicia el canal de conducción al valle "El Carrizo". Gasto máximo de diseño: 100 m³/s.

3.4.2.8. Tablas de Elevaciones – Áreas - Capacidades

En el ANEXO C se encuentra los levantamientos Topobatimétrico de la Presa Josefa Ortiz De Domínguez actualizado al año 2012, Miguel Hidalgo y Costilla (El Mahone), al año 2013 De La Presa Luis Donaldo Colosio, al año 2014 proporcionado por la CONAGUA.

3.4.2.9. Funcionamiento de vaso en la presa Josefa Ortiz de Domínguez

El balance de masas mensual en la presa Josefa Ortiz de Domínguez se define como sigue: el volumen almacenado al final de un mes, es igual al volumen almacenado al inicio de ese mes, más los volúmenes de aportaciones por corrientes y trasferencias de la presa Miguel Hidalgo y Costilla, menos volúmenes de evaporación neta, extracción para demandas del carrizo y derrames (Ecuación 1).

$$VJ_{i+1} = VJ_1 + \sum_{i=1}^t AJ_1 + \sum_{i=1}^t TMJ_1 - \sum_{i=1}^t ENJ_1 - \sum_{i=1}^t EXJ_1 - \sum_{i=1}^t DEJ_1 \quad (1)$$

Donde:

VJ_{i+1} = Volumen almacenado al final del periodo t, 10^6 m^3 ;

VJ_1 = Volumen almacenado al inicio del periodo t, 10^6 m^3 ;

AJ_1 = Aportación mensual por corrientes, 10^6 m^3 ;

TMJ_1 = Transferencia mensual de la presa MH a JOD, 10^6 m^3 ;

ENJ_1 = Volumen de evaporación neta mensual, 10^6 m^3 ;

EXJ_1 = Extracciones para demanda del DR 076 El Carrizo, 10^6 m^3 ;

DEJ_1 = Derrames en la presa mensuales, 10^6 m^3 ;

t= Índice de acumulación para el periodo a analizar, adimensional; (t =1, 2,..., 12).

i= Índice del número de mes, adimensional; (i =1, 2,..., 12).

En el Cuadro 5 se presentan las entradas a la presa Josefa Ortiz de Domínguez por evolución probable de almacenamiento con aportaciones de año seco 2016. Y para el ciclo agrícola 2017 se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 5. Política de entrada 2016 para la presa Josefa Ortiz de Domínguez.

Meses	Almacenamiento inicial	Entradas hm ³		
		Cuenca Propia	De Miguel Hidalgo	Total
Octubre 2015	615.2	0	0	0
Noviembre	580.1	0	0	0
Diciembre	477.5	0	0	0
Enero 2016	349.4	0	246.2	246.2
Febrero	450.4	0	214.5	214.5
Marzo	498.9	0	0	0
Abril	319.4	0	0	0
Mayo	253	0	0	0
Junio	216.4	0	0	0
Julio	189.9	0	0	0
Agosto	165.6	0	0	0
Septiembre	140.6	8.5	0	8.5
Octubre 2016	115.1			
Total		8.5	460.7	469.2

Fuente: (CONAGUA, 2016)

Cuadro 6. Política de entrada 2017 para la presa Josefa Ortiz de Domínguez.

Meses	Almacenamiento inicial	Entradas hm ³		
		Cuenca Propia	De Miguel Hidalgo	Total
Octubre 2016	521.3	0	0	0
Noviembre	489.9	0	44.3	44.3
Diciembre	434.3	0	142.8	142.8
Enero 2017	454.7	0	126.1	126.1
Febrero	434.7	0	192.1	192.1
Marzo	468.9	0	41.3	41.3
Abril	328.2	0	0	0
Mayo	255.8	0	0	0
Junio	201.7	0	0	0
Julio	174.3	0	0	0
Agosto	148.8	0	0	0
Septiembre	117.7	8.500	0	8.5
Octubre 2017	107.1			
Total		8.5	546.6	555.1

Fuente: (CONAGUA, 2017)

En el Cuadro 7 se presentan las salidas a la presa JOD por evolución probable de almacenamiento con aportaciones de año seco 2016. Y para el ciclo agrícola 2017 se presentan en el Cuadro 8.

Cuadro 7. Política de extracción 2016 para la presa Josefa Ortiz de Domínguez.

	Almacenamiento inicial	Salidas hm ³			Total
		Evaporación Neta	Riego + O. U. DR 076	Otras DR 075	
Octubre 2015	615.2	9.5	25.6	0	35.1
Noviembre	580.1	5.5	97.2	0	102.7
Diciembre	477.5	0.5	127.6	0	128.1
Enero 2016	349.4	3.5	141.7	0	145.2
Febrero	450.4	5.6	160.4	0	166
Marzo	498.9	8.3	171.3	0	179.6
Abril	319.4	7.5	58.9	0	66.4
Mayo	253	10	26.6	0	36.6
Junio	216.4	6.9	19.6	0	26.5
Julio	189.9	-0.4	24.7	0	24.3
Agosto	165.6	-0.3	25.3	0	25
Septiembre	140.6	0.4	33.5	0	33.9
Octubre 2016	115.1				
Total		57	912.4	0	969.4

Fuente: (CONAGUA, 2016)

Cuadro 8. Política de extracción 2017 para la presa Josefa Ortiz de Domínguez.

	Almacenamiento inicial	Salidas hm ³			Total
		Evaporación Neta	Riego + O. U. DR 076	Otras DR 075	
Octubre 2016	521.3	8.5	25.6	0	34.1
Noviembre	489.9	5.1	97.2	0	102.3
Diciembre	434.3	0.5	127.6	0	128.1
Enero 2017	454.7	3.9	141.7	0	145.6
Febrero	434.7	5.5	160.4	0	165.9
Marzo	468.9	8.4	171.3	0	179.7
Abril	328.2	7.6	58.9	0	66.5
Mayo	255.8	9.9	26.6	0	36.5
Junio	201.7	6.5	19.6	0	26.1

Julio	174.3	-0.4	24.7	0	24.3
Agosto	148.8	-0.3	25.3	0	25
Septiembre	117.7	0.4	33.5	0	33.9
Octubre 2017	107.1				
Total		55.6	912.4	0	968

Fuente: (CONAGUA, 2017)

3.4.2.10. Funcionamiento de vaso en la presa Miguel Hidalgo y Costilla

El balance de masas mensual en la presa Miguel Hidalgo y Costilla se define como sigue: el volumen almacenado al final de un mes, es igual al volumen almacenado al inicio de ese mes, más los volúmenes de aportaciones por corrientes y trasferencias de la presa Luis Donaldo Colosio, menos volúmenes de evaporación neta, extracción para demandas del DR 075 El Fuerte, transferencias a la presa Josefa Ortiz de Domínguez y derrames (Ecuación 2).

$$VM_{i+1} = VM_1 + \sum_{i=1}^t AM_1 + \sum_{i=1}^t TLM_1 - \sum_{i=1}^t ENM_1 - \sum_{i=1}^t EXM_1 - \sum_{i=1}^t DEM_1 \quad (2)$$

Donde:

VM_{i+1} = Volumen almacenado al final del periodo t, 10^6 m^3 ;

VM_1 = Volumen almacenado al inicio del periodo t, 10^6 m^3 ;

AM_1 = Aportación mensual por corrientes, 10^6 m^3 ;

TLM_1 = Transferencia mensual de la presa MHC a JOD, 10^6 m^3 ;

ENM_1 = Volumen de evaporación neta mensual, 10^6 m^3 ;

EXM_1 = Extracciones para demanda del DR 075 El Fuerte, 10^6 m^3 ;

DEM_1 = Derrames en la presa mensuales, 10^6 m^3 ;

t= Índice de acumulación para el periodo a analizar, adimensional; (t =1, 2,..., 12).

i= Índice del número de mes, adimensional; (i =1, 2,..., 12).

En el Cuadro 9 se presentan las entradas a la presa Miguel Hidalgo y Costilla por evolución probable de almacenamiento con aportaciones de año seco 2016. Y para el ciclo agrícola 2017 se presentan en el Cuadro 10.

Cuadro 9. Política de entrada 2016 para la presa Miguel Hidalgo y Costilla.

	Almacenamiento inicial	Entrada hm ³		
		Cuenca Propia	De Huites	Total
Octubre 2015	2902.4	0	380	380
Noviembre	2872.9	0.3	380	380.3
Diciembre	2823.9	12.9	237.5	250.4
Enero 2016	2696.5	23.6	237.5	261.1
Febrero	229.7	0	95	95
Marzo	1573.5	0	19	19
Abril	1129.5	0	19	19
Mayo	860.2	0	47.5	47.5
Junio	755.6	0	190	190
Julio	874.1	0	190	190
Agosto	1050.1	7.8	190	197.8
Septiembre	1232.3	82.6	118.8	201.4
Octubre 2016	1229.6			
Total		127.2	2104.3	2231.5

Fuente: (CONAGUA, 2016)

Cuadro 10. Política de entrada 2017 para la presa Miguel Hidalgo y Costilla.

	Almacenamiento inicial	Entrada hm ³		
		Cuenca Propia	De LDC	Total
Octubre 2016	3165.2	0	529.3	529.3
Noviembre	2900.4	0.3	380	380.3
Diciembre	2810.9	12.9	285	297.9
Enero 2017	2598.8	23.6	285	308.6
Febrero	2323.3	0	95	95
Marzo	1716.7	0	95	95
Abril	1290.7	0	95	95
Mayo	1068.1	0	95	95
Junio	993	0	95	95
Julio	1011.1	0	190	190
Agosto	1183.4	7.8	190	197.8
Septiembre	1365.6	82.6	237.5	320.1
Octubre 2017	1484			
Total		127.2	2571.8	2699

Fuente: (CONAGUA, 2017)

En el Cuadro 11 se presentan las salidas a la presa Miguel Hidalgo y Costilla por evolución probable de almacenamiento con aportaciones de año seco 2016. Y para el ciclo agrícola 2017 se presentan en el Cuadro 12.

Cuadro 11. Política de extracción 2016 para la presa Miguel Hidalgo y Costilla.

	Almacenamiento inicial	Salidas hm ³			
		Evaporación Neta	Riego + O. U. DR 075	Trasvaso a JOD	Total
Octubre 2015	2902.4	14	395.6	0	409.6
Noviembre	2872.9	8	421.3	0	429.3
Diciembre	2823.9	0.5	377.4	0	377.9
Enero 2016	2696.5	7	461.8	259.2	728
Febrero	229.7	8.6	516.9	225.8	751.3
Marzo	1573.5	14.3	448.7	0	463
Abril	1129.5	13.5	274.8	0	288.3
Mayo	860.2	12	140.1	0	152.1
Junio	755.6	12.7	58.8	0	71.5
Julio	874.1	-6.7	20.7	0	14
Agosto	1050.1	-1	16.7	0	15.7
Septiembre	1232.3	4.4	199.6	0	204
Octubre 2016	1229.6				
Total		87.3	3332.4	485	3904.7

Fuente: (CONAGUA, 2016)

Cuadro 12. Política de extracción 2017 para la presa Miguel Hidalgo y Costilla

	Almacenamiento inicial	Salidas hm ³			Total
		Evaporación Neta	Riego + O. U. DR 076	Otras DR 075	
Octubre 2016	3165.2	14.1	387.7	0	401.8
Noviembre	2900.4	8	415.1	46.7	469.8
Diciembre	2810.9	0.5	359.3	150.3	510.1
Enero 2017	2598.8	6.9	444.5	132.7	584.1
Febrero	2323.3	8.9	490.6	202.2	701.7
Marzo	1716.7	15.2	472.7	33.1	521
Abril	1290.7	15.1	302.5	0	317.6
Mayo	1068.1	13.9	156.2	0	170.1

Junio	993	14.4	62.5	0	76.9
Julio	1011.1	-7.3	25	0	17.7
Agosto	1183.4	-1.1	16.7	0	15.6
Septiembre	1365.6	4.8	196.9	0	201.7
Octubre 2017	1484				
Total		3329.7	565	3988.1	968

Fuente: (CONAGUA, 2017)

3.4.2.11. Funcionamiento de vaso en la presa Luis Donaldo Colosio

El balance de masas mensual en la presa Luis Donaldo Colosio se define como sigue: el volumen almacenado al final de un mes, es igual al volumen almacenado al inicio de ese mes, más los volúmenes de aportaciones por corrientes, menos volúmenes de evaporación neta, extracción para generación de energía eléctrica y derrames (Ecuación 3).

$$VL_{i+1} = VL_1 + \sum_{i=1}^t AL_1 - \sum_{i=1}^t ENL_1 - \sum_{i=1}^t EXL_1 - \sum_{i=1}^t DEL_1 \quad (3)$$

Donde:

VM_{i+1} = Volumen almacenado al final del periodo t, 10^6 m^3 ;

VM_1 = Volumen almacenado al inicio del periodo t, 10^6 m^3 ;

AM_1 = Aportación mensual por corrientes, 10^6 m^3 ;

ENM_1 = Volumen de evaporación neta mensual, 10^6 m^3 ;

EXM_1 = Extracciones para generación de energía eléctrica, 10^6 m^3 ;

DEM_1 = Derrames en la presa mensuales, 10^6 m^3 ;

t= Índice de acumulación para el periodo a analizar, adimensional; (t =1, 2,..., 12).

i= Índice del número de mes, adimensional; (i =1, 2,..., 12).

En el Cuadro 13 se presentan las entradas a la presa LDC por evolución probable de almacenamiento con aportaciones de año seco 2016. Y para el ciclo agrícola 2017 se presentan en el Cuadro 14.

Cuadro 13. Política de entrada 2016 para la presa Luis Donaldo Colosio.

	Almacenamiento inicial	Entrada hm ³		
		Cuenca Propia	Otras	Total
Octubre 2015	2727.9	137.7	0	137.7
Noviembre	2460.5	33.9	0	33.9
Diciembre	2092.9	27.9	0	27.9
Enero 2016	1874.4	43.3	0	43.3
Febrero	1665.5	29.3	0	29.3
Marzo	1592.3	24.1	0	24.1
Abril	1591.4	17.5	0	17.5
Mayo	1580.4	11.5	0	11.5
Junio	1526.2	18.7	0	18.7
Julio	1331.9	327.7	0	327.7
Agosto	1459.5	528.3	0	528.3
Septiembre	1791.5	173.2	0	173.2
Octubre 2016	1839.2			
Total		1373.1	0	1373.1

Fuente: (CONAGUA, 2016)

Cuadro 14. Política de entrada 2017 para la presa Luis Donaldo Colosio.

	Almacenamiento inicial	Entrada hm ³		
		Cuenca Propia	Otras	Total
Octubre 2016	3073.9	137.7	0	137.7
Noviembre	2649.1	33.9	0	33.9
Diciembre	2281.4	27.9	0	27.9
Enero 2017	2013.1	43.3	0	43.3
Febrero	1754.1	29.3	0	29.3
Marzo	1680.8	24.1	0	24.1
Abril	1599.8	17.5	0	17.5
Mayo	1508.9	11.5	0	11.5
Junio	1405.4	18.7	0	18.7
Julio	1311.5	327.7	0	327.7
Agosto	1439.2	528.3	0	528.3
Septiembre	1771.1	173.2	0	173.2
Octubre 2017	1693.8			
Total		1373.1	0	1373.1

Fuente: (CONAGUA, 2017)

En el Cuadro 15 se presentan las salidas a la presa Luis Donaldo Colosio por evolución probable de almacenamiento con aportaciones de año seco 2016. Y para el ciclo agrícola 2017 se presentan en el Cuadro 16.

Cuadro 15. Política de extracción 2016 para la presa Luis Donaldo Colosio.

	Almacenamiento inicial	Salidas hm3			
		Evaporación Neta	Generación de energía	Otras	Total
Octubre 2015	2727.9	5.1	400	0	405.1
Noviembre	2460.5	1.5	400	0	401.5
Diciembre	2092.9	-3.6	250	0	246.4
Enero 2016	1874.4	2.5	250	0	252.5
Febrero	1665.5	2.5	100	0	102.5
Marzo	1592.3	5	20	0	25
Abril	1591.4	8.6	20	0	28.6
Mayo	1580.4	15.7	50	0	65.7
Junio	1526.2	13	200	0	213
Julio	1331.9	0	200	0	200
Agosto	1459.5	-3.7	200	0	196.3
Septiembre	1791.5	0.5	125	0	125.5
Octubre 2016	1839.2				
Total		47.1	2215	0	2262.1

Fuente: (CONAGUA, 2016)

Cuadro 16. Política de extracción 2017 para la presa Luis Donaldo Colosio.

	Almacenamiento inicial	Salidas hm3			
		Evaporación Neta	Generación de energía	Otras	Total
Octubre 2016	3073.9	5.3	400	0	405.3
Noviembre	2649.1	1.6	400	0	401.6
Diciembre	2281.4	-3.8	300	0	296.2
Enero 2017	2013.1	2.2	300	0	302.2
Febrero	1754.1	2.6	100	0	102.6
Marzo	1680.8	5.1	100	0	105.1
Abril	1599.8	8.5	100	0	108.5
Mayo	1508.9	15.1	100	0	115.1
Junio	1405.4	12.6	100	0	112.6

Julio	1311.5	0	200	0	200
Agosto	1439.2	-3.7	200	0	196.3
Septiembre	1771.1	0.5	250	0	250.5
Octubre 2017	1693.8				
Total		46	2550	0	2596

Fuente: (CONAGUA, 2017)

3.4.2.12. Aplicación del HEC-ResSim al Sistema de Presas del Río Fuerte

HEC-ResSim ofrece tres series distintas de las funciones, llamadas módulos que proporcionan acceso a determinados tipos de datos dentro de una cuenca. Estos módulos se dividen en: configuración de cuencas, embalse de la red, y la simulación. Cada módulo tiene un propósito único y un conjunto asociado de funciones accesibles a través de menús, barras de herramientas y elementos esquemáticos (USACE, 2013).

Módulo Watershed

El propósito del módulo de configuración de cuencas es proporcionar un marco común para la creación de las cuencas hidrográficas y la definición entre las diferentes aplicaciones del modelo.

Una cuenca hidrográfica se asocia con una región geográfica para que múltiples modelos y coberturas de área se pueda configurar, puede incluir la totalidad de los arroyos, los proyectos (por ejemplo, embalses, diques), áreas de impacto, las ubicaciones de series de tiempo y datos hidrológicos e hidráulicos para un área específica. Todos estos datos juntos, una vez configurados, forman un marco de cuenca.

En el módulo de configuración de cuencas, se introducen los elementos que describen la disposición física de una cuenca hidrográfica. Una vez que haya creado una nueva cuenca, se puede importar mapas de fuentes externas, especificar las unidades de medida, añadir capas que contienen información adicional sobre la cuenca, crear una alineación corriente común, y configurar los elementos. También puede agregar proyectos y crear iconos de series de tiempo dentro del módulo de configuración de cuencas.

En la Figura 10 se describe los elementos que contiene la configuración de cuenca:

1. **Cuenca:** Se visualiza para tener el panorama de la cuenca en la que se está trabajando.
2. **Ríos:** Sirve para digitalizar o importar nuestra alineación de corriente.
3. **Stream Alignment Tool:** Se utiliza para crear, eliminar y editar los elementos de transmisión que conforman la alineación corriente.
4. **Stream Node Tool:** Se utiliza para crear, eliminar y editar los nodos de transmisión en la alineación corriente.
5. **Computation Point Tool:** Se utiliza para crear, editar, cambiar el nombre, y eliminar puntos de cálculo.

Los puntos de cálculo son lugares donde las información de series de tiempo se van a intercambiar entre los modelos. Para HEC-ResSim podría ser un lugar de control para las operaciones del almacenamiento, un lugar donde los flujos serán de entrada, un lugar donde se necesita un hidrógrama.

6. **Reservoir Tool:** Se utiliza para crear, eliminar y cambiar el nombre de embalses.

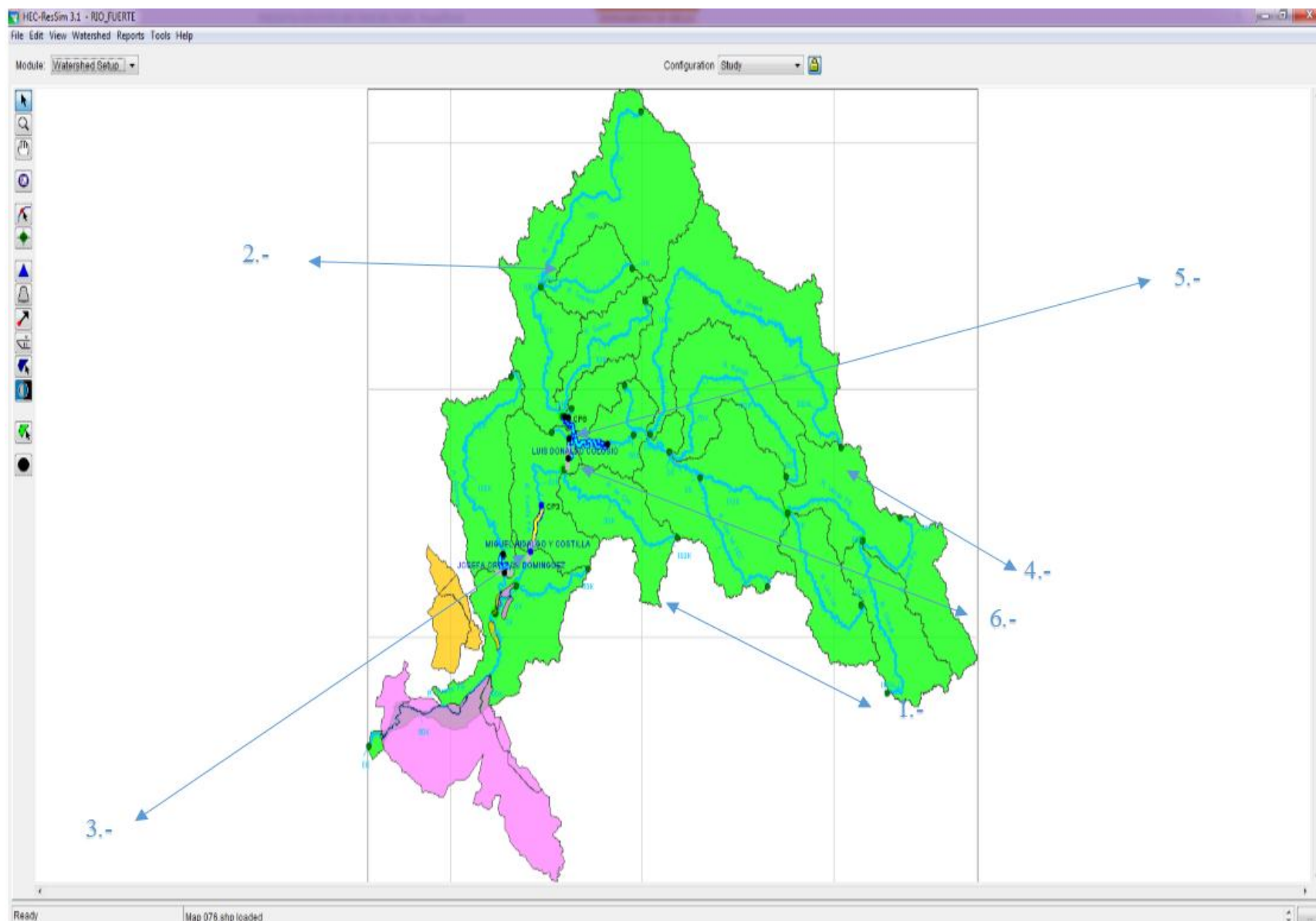
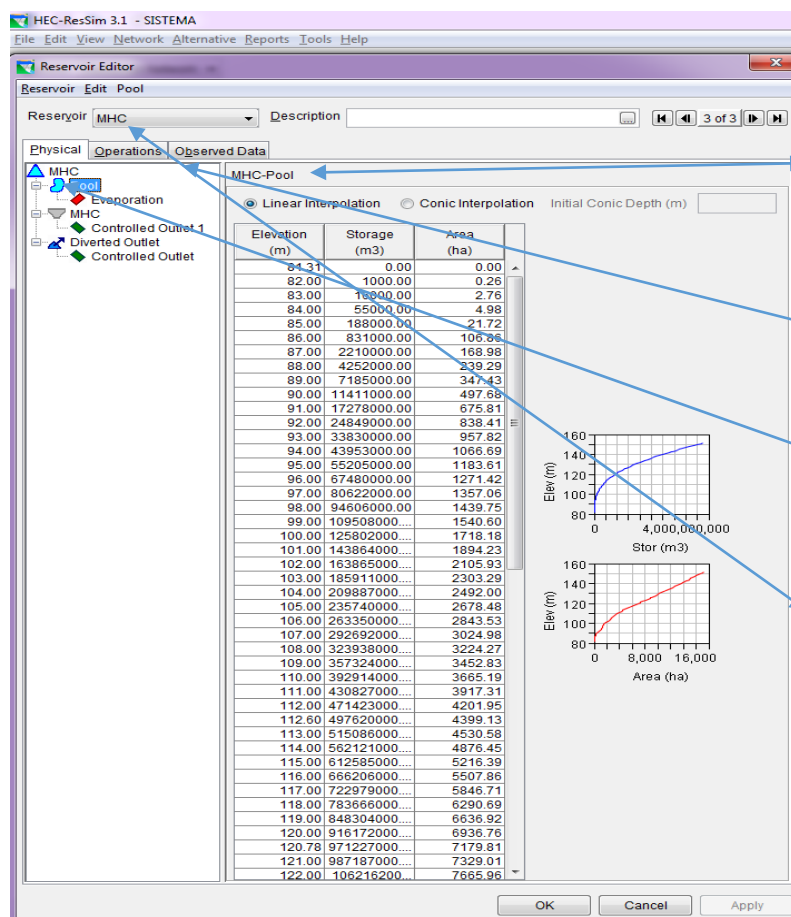


Figura 10. Modulo “Watershed” de la cuenca del río Fuerte en HEC-ResSim.

Módulo Reservoir Network

En el módulo de Red de Almacenamiento, que se basara su esquema de red, se describen los elementos físicos y de funcionamiento de su modelo de almacenamiento, y el desarrollo de las alternativas que se desee analizar. Tal y como se muestra en Figura 11.



Se ingresa de forma manual las elevaciones de la presa.

Se ingresan datos de extracciones controladas.

Se ingresan datos de extracciones no controladas

Finalmente se configura la forma en que operara la presa.

Figura 11. Editor "Reservoir" de cuenca del río Fuerte rn HEC-ResSim.

Respecto a la operación de la presa, se definen las políticas de extracción, la zona de la presa (inactiva, conservación, obra de toma, elevación de la cortina, elevación de la obra de excedencias). Si fuera el caso las series de tiempo observadas (Figura 12).

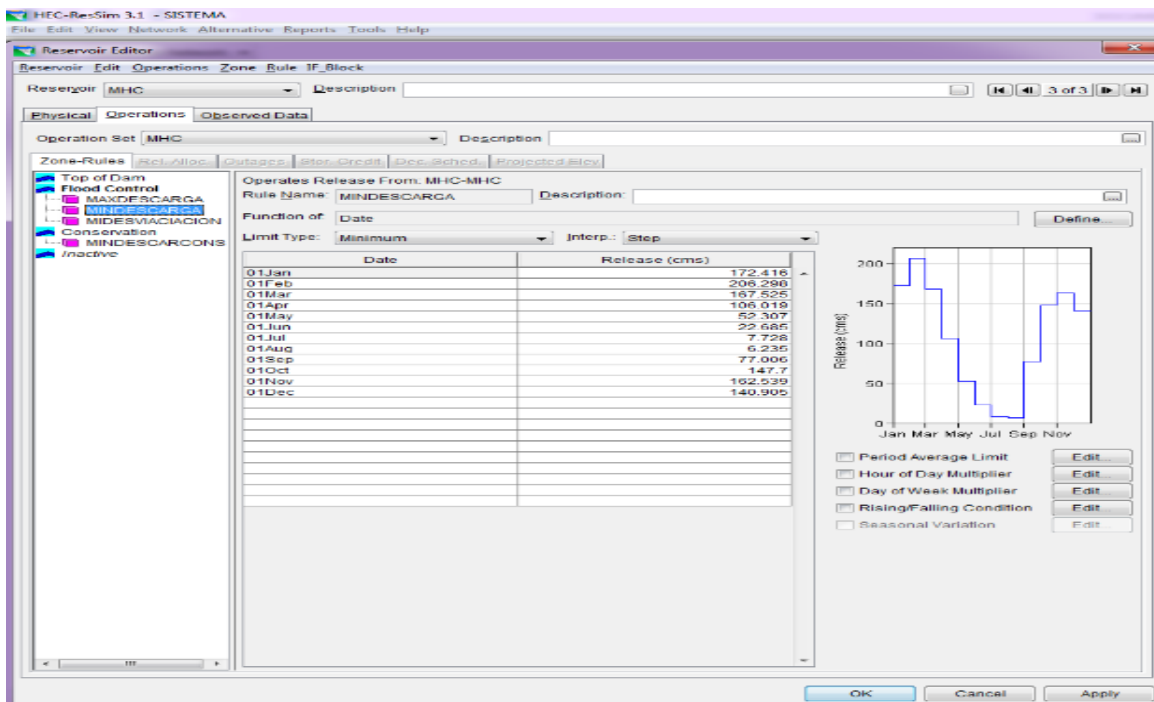


Figura 12. Menú de Operación de la cuenca del río Fuerte en HEC-ResSim.

Finalmente se definen las alternativas (Figura 13) donde se especifican la red de almacenamiento, la forma en la cual se operara el sistema (minutos, horas o diario), las condiciones iniciales, y la asignación series de tiempo por medio del software HEC-DSS.

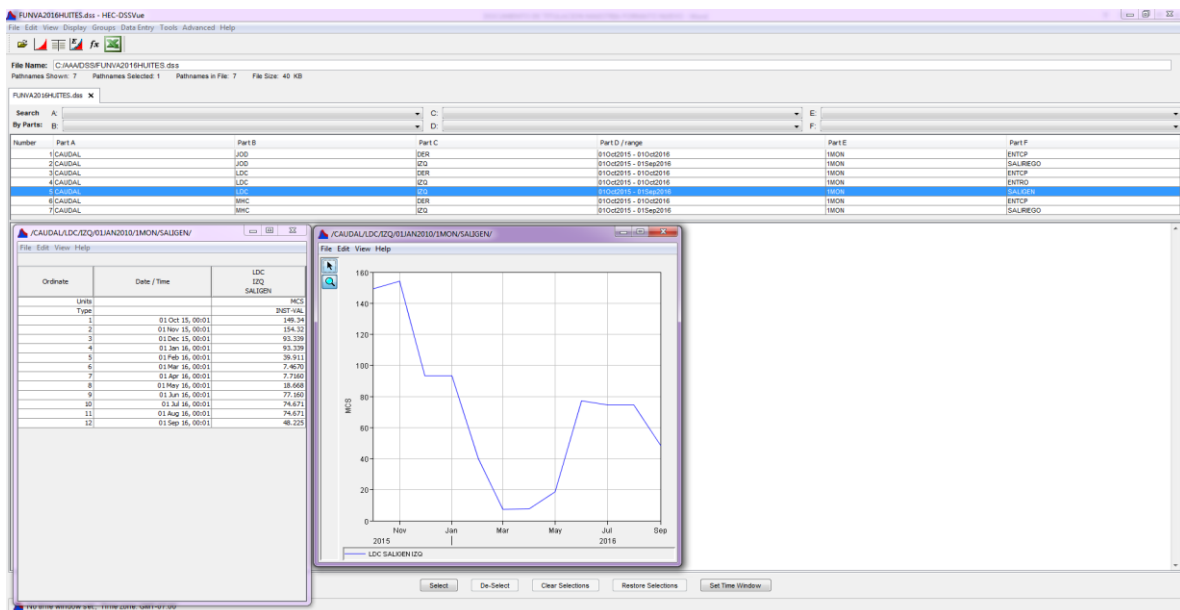


Figura 13. Software HEC-DSS como herramienta de apoyo para la introducción de información de entradas de cuenca propia en la cuenca del río Fuerte.

Módulo de simulación

Una vez que el modelo de red de almacenamiento se ha completado y se han definido las alternativas, el módulo de simulation se utiliza para configurar la simulación (Figura 14). Los cálculos se realizan y los resultados son vistos dentro del módulo. Cuando se crea una simulación debe especificar el periodo que sea simular, un intervalo de cómputo, así como las alternativas que hay que analizar.

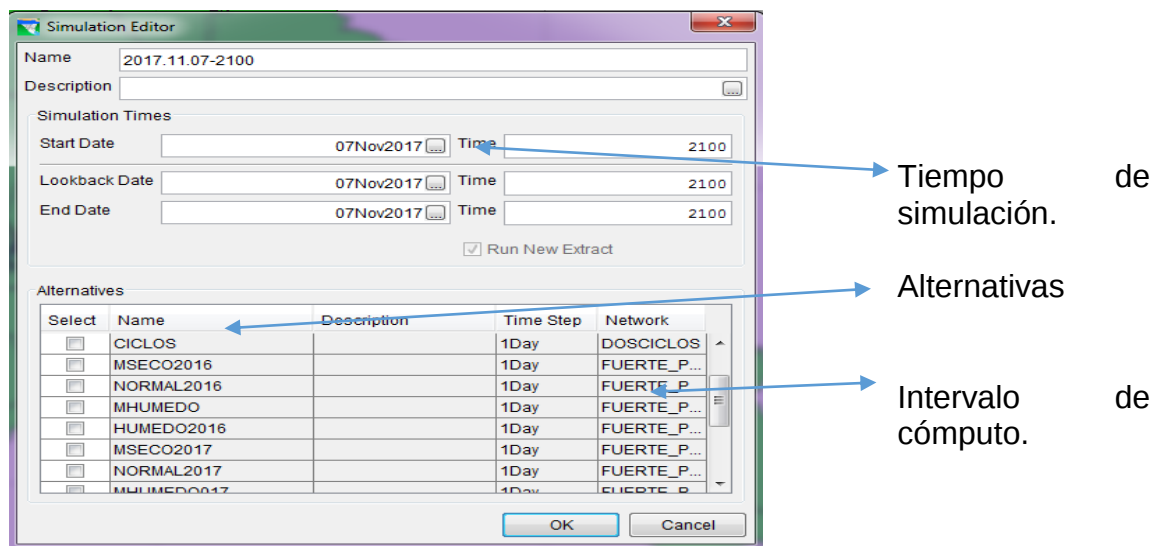


Figura 14. Modulo "Simulation" de la cuenca del río Fuerte en HEC-ResSim.

3.4.2.13. Modelo de la Cuenca del Río Fuerte en HEC-ResSim

Una vez aplicada la información de la Cuenca del Río Fuerte a HEC-ResSim se obtiene el Modelo del Funcionamiento de Vaso el cual se observa en la Figura 15.

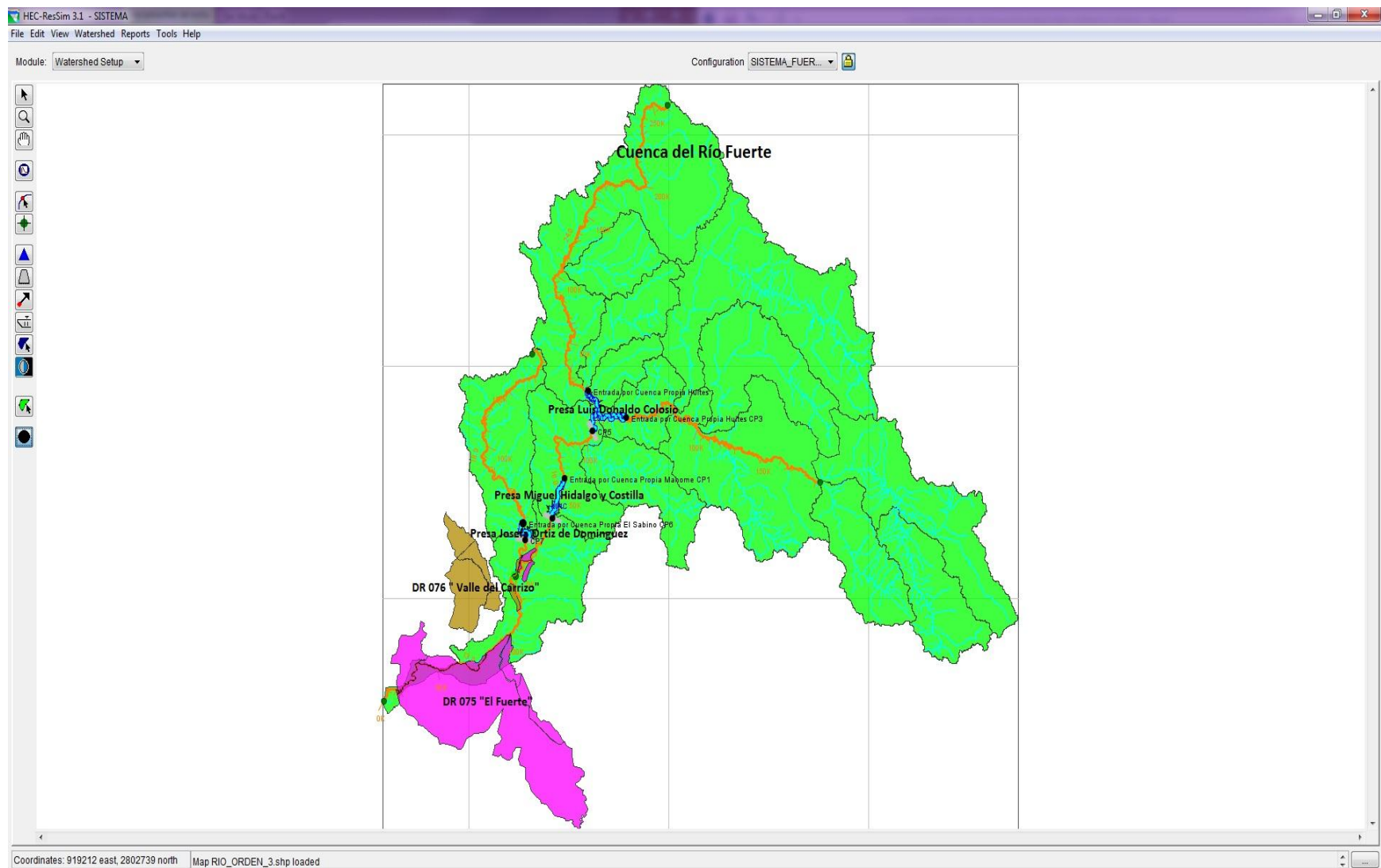


Figura 15. Modelo de la Cuenca del Río Fuerte en HEC-ResSim.

3.5. Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos se presentarán en dos apartados, el primero el de Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones del año seco del 2016 y 2017 que estos a su vez nos permitirán calibrar el modelo ya que se utiliza directamente los Funcionamientos de Vaso (FUNVA) 2016 y 2017 proporcionados por la CONAGUA, y segundo Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones de dos años secos consecutivos 2016 – 2017.

En el Cuadro 17 se resume el párrafo anterior respecto a los resultados a presentar.

Cuadro 17. Simulaciones de pronósticos de funcionamiento de vaso para 2016 y 2017.

FUNVA	
Año	Pronóstico
2016	Seco
2017	Seco
2016 - 2017	Seco

3.5.1. Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones del año seco del 2016 Miguel Hidalgo y Costilla

De acuerdo con el pronóstico de año seco 2016 (esto con el fin de no secarla o que el agua alcance para las demandas) en la presa Miguel Hidalgo y Costilla, una vez construido el modelo se analiza de una forma rápida. Se inicia con almacenamiento de 2902.4 hm³ que equivale a un valor en la tabla de elevación áreas capacidades presente en el ANEXO C a la elevación 139.408 m, Al simular el comportamiento de acuerdo con la política de entrada y de extracción de la presa. En la Figura 16 se observa el comportamiento del almacenamiento a lo largo del ciclo agrícola es decir de acuerdo al balance de masas para MHC ya descrito anterior mente, se observa que no se seca la presa esto quiere decir que

con la política de extracción que se tiene definida es factible llevarla a cabo a lo largo del ciclo agrícola.

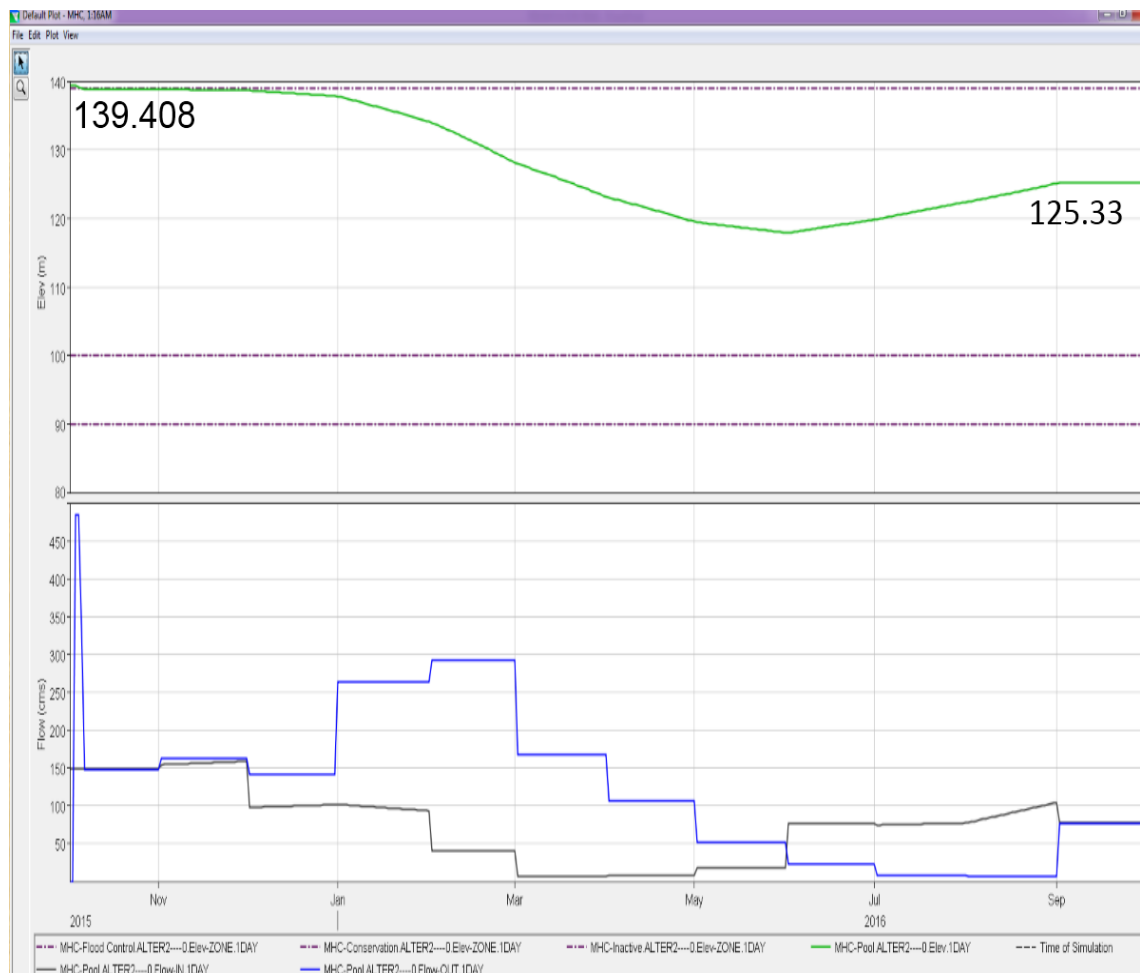


Figura 16. Balance de masas del ciclo agrícola 2015 -2016 para Miguel Hidalgo y Costilla con respecto al nivel de almacenamiento.

Para comparar que tanta relación existe entre los valores pronosticados y simulados, se realiza una estimación de la recta de regresión por mínimos cuadrados ya que obtiene buenas representaciones entre la relación de dos variables. Los valores de volúmenes de almacenamiento en hm^3 al inicio de cada mes del ciclo agrícola 2015 -2016 para la presa “El Mahome” se observan en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Volúmenes de almacenamiento en la presa Miguel Hidalgo y Costilla para el ciclo agrícola 2015 - 2016.

Meses	Pronosticado (hm ³)	Simulado (hm ³)
Octubre 2015	2902.4	2902.4
Noviembre	2872.9	2839.7
Diciembre	2823.9	2816.8
Enero 2016	2696.5	2702.56
Febrero	2229.7	2249.2
Marzo	1573.5	1613.09
Abril	1129.5	1167.1
Mayo	860.2	896.99
Junio	755.6	792.25
Julio	874.1	915.84
Agosto	1050.1	1105.2
Septiembre	1232.3	1333.9
Octubre 2016	1229.6	1337.5

Se puede concluir que el modelo tiene un coeficiente de determinación de 0.9989 (Figura 17), al ser positivo indica que los valores tienden a crecer y al ser cercanos a 1 indica una dependencia entre las variables.

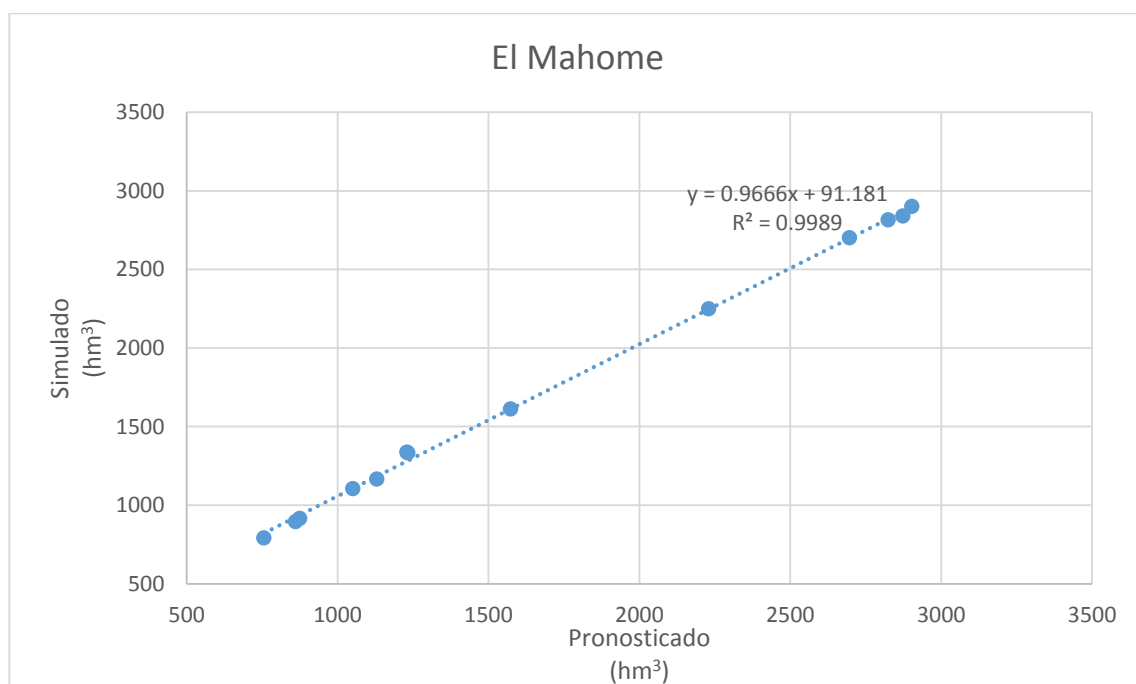


Figura 17. Recta de regresión por mínimos cuadrados en la presa Miguel Hidalgo y Costilla.

Se observa en la Figura 18 que la simulación está enfocada en el volumen del almacenamiento, en la cual la presa tiene una capacidad en sus obras de toma de extraer 360 m³/s para energía y riego y 100 m³/s para trasvaso, solo se limita a extraer lo definido en su política ya que se prevé un año seco en el pronóstico.

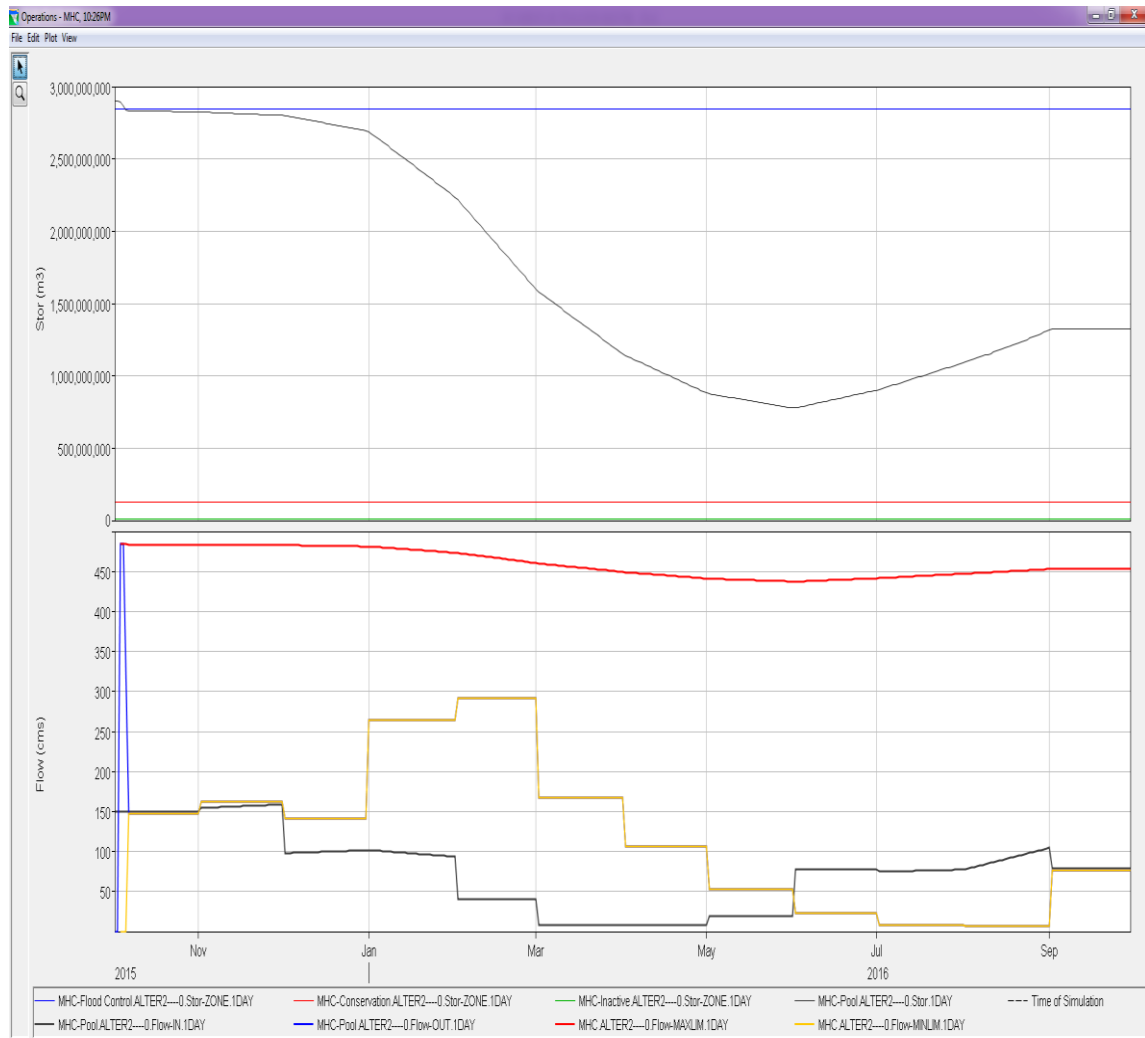


Figura 18. Balance de masas del ciclo agrícola 2015 -2016 para Miguel Hidalgo y Costilla con respecto a la ecuación 2.

También se analiza la forma en que está operando la presa día con día a lo largo del ciclo agrícola esto en forma tabular como se observa en la Figura 19. En la columna Active Zone se indica el nivel y la zona que se encuentra en operación, posteriormente empieza a simular la política de extracción establecida, en las ultimas columnas indica si el agua está saliendo de forma controlada, es decir por una obra de toma o no controlada que vendría siendo la obra de excedencias.

Release Decision Report: MHC

Alternative: ALTER2----ALTER2
Run: ALTER2----0

Lookback: 02 Oct 2015, 0000
Start Time: 03 Oct 2015, 0000
End Time: 30 Sep 2016, 0000
Rule Key: GC=Guide Curve, RO=Release Override, EO=Elevation Override, ZB=Zone Boundary

Date-Time	MHC							
	Active Zone Elev (m)	Net Inflow (cms)	MHC Active Rule Flow (cms)	-MHC Active Rule Flow (cms)	-MHC L&O Uncontrolled Flow (cms)	-Controlled Outlet 1 Active Rule Flow (cms)	-Diverted Outlet Active Rule Flow (cms)	-Controlled Outlet Active Rule Flow (cms)
02Oct2015, 24:00	139.40	149.35	0.00	0.00	Unctrl1 0.00	0.00	0.00	0.00
	Abv Top Zone		GC:MaxLimit	GC:MaxLimit	Unctrl1	GC:PhysMaxCap	GC:MaxLimit	GC:PhysMaxCap
03Oct2015, 24:00	139.34	144.13	484.55	360.00	0.00	360.00	124.55	124.55
	Abv Top Zone		GC:MaxLimit	GC:MaxLimit	Unctrl1	GC:PhysMaxCap	GC:MaxLimit	GC:PhysMaxCap
04Oct2015, 24:00	139.12	144.15	484.41	360.00	0.00	360.00	124.41	124.41
	Abv Top Zone		GC	GC	Unctrl1	GC	GC:MaxLimit	GC:PhysMaxCap
05Oct2015, 24:00	138.95	144.18	332.47	208.54	0.00	208.54	123.94	123.94
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl1	MINDESCAR	MinRelease	MinRelease
06Oct2015, 24:00	138.89	144.19	147.70	147.70	0.00	147.70	0.00	0.00
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl1	MINDESCAR	MinRelease	MinRelease
07Oct2015, 24:00	138.88	144.20	147.70	147.70	0.00	147.70	0.00	0.00
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl1	MINDESCAR	MinRelease	MinRelease
08Oct2015, 24:00	138.88	144.20	147.70	147.70	0.00	147.70	0.00	0.00
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl1	MINDESCAR	MinRelease	MinRelease
09Oct2015, 24:00	138.88	144.21	147.70	147.70	0.00	147.70	0.00	0.00
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl1	MINDESCAR	MinRelease	MinRelease
10Oct2015, 24:00	138.88	144.21	147.70	147.70	0.00	147.70	0.00	0.00
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl1	MINDESCAR	MinRelease	MinRelease
11Oct2015, 24:00	138.88	144.22	147.70	147.70	0.00	147.70	0.00	0.00
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl1	MINDESCAR	MinRelease	MinRelease
12Oct2015, 24:00	138.87	144.22	147.70	147.70	0.00	147.70	0.00	0.00
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl1	MINDESCAR	MinRelease	MinRelease
13Oct2015, 24:00	138.87	144.22	147.70	147.70	0.00	147.70	0.00	0.00
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl1	MINDESCAR	MinRelease	MinRelease
14Oct2015, 24:00	138.87	144.23	147.70	147.70	0.00	147.70	0.00	0.00

Figura 19. Reporte de operación de la Miguel Hidalgo y Costilla del ciclo agrícola 2015 -2016.

3.5.2. Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones del año seco del 2016 Josefa Ortiz de Domínguez

De acuerdo al pronóstico de año seco 2016 en la presa Josefa Ortiz de Domínguez, se inicia con almacenamiento de 615.2 hm³ que equivale a un valor en la tabla de elevación áreas capacidades presente en el ANEXO C a la elevación 111 m, al simular el comportamiento de acuerdo a la política de entrada y de extracción de la presa. En la Figura 20 se observa el comportamiento del almacenamiento a lo largo del ciclo agrícola es decir de acuerdo al balance de masas para Josefa Ortiz de Domínguez ya descrito anteriormente, se observa que no se seca la presa esto quiere decir que con la política de extracción que se tiene definida es factible llevarla a cabo a lo largo del ciclo agrícola. Como observación se aprecia que en la política de entrada está registrando no solo las entradas por cuenta propia, sino también lo del trasvaso de la presa Miguel Hidalgo y Costilla.

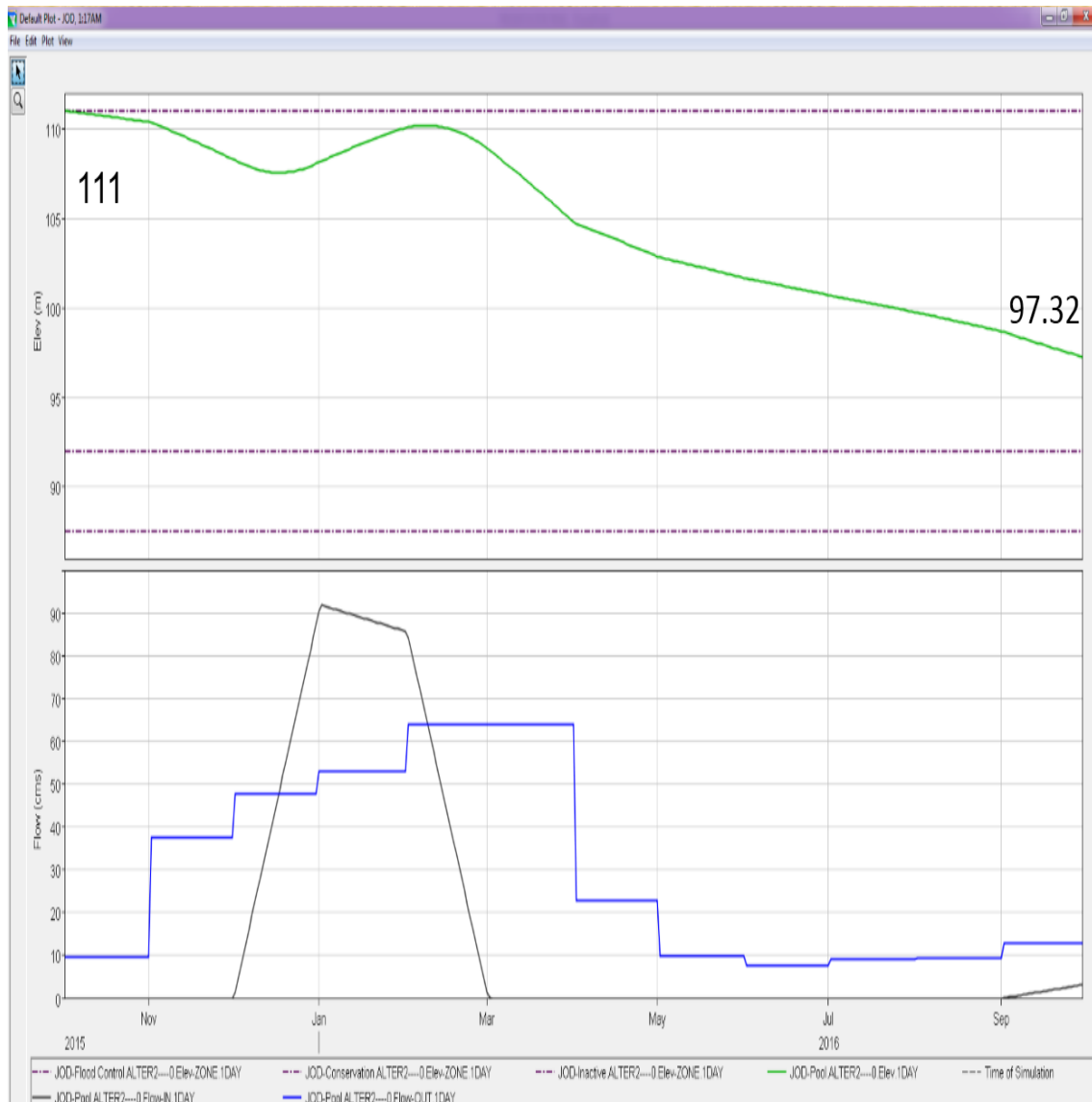


Figura 20. Balance de masas del ciclo agrícola 2015 -2016 para Josefa Ortiz de Domínguez con respecto al nivel de almacenamiento.

Para comparar que tanta relación existe entre los valores pronosticados y simulados, se realiza una estimación de la recta de regresión por mínimos cuadrados. Los valores de volúmenes de almacenamiento en hm^3 al inicio de cada mes del ciclo agrícola 2015 -2016 para la presa “El Sabino” se observan en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Volúmenes de almacenamiento en la presa Josefa Ortiz de Domínguez para el ciclo agrícola 2015 - 2016.

Meses	Pronosticado (hm ³)	Simulado (hm ³)
Octubre 2015	615.2	615.2
Noviembre	580.1	565.36
Diciembre	477.5	464.26
Enero 2016	349.4	459.46
Febrero	450.4	551.34
Marzo	498.9	492.01
Abril	319.4	313.2
Mayo	253	245.61
Junio	216.4	209.17
Julio	189.9	183.03
Agosto	165.6	158.67
Septiembre	140.6	133.66
Octubre 2016	115.1	105.06

Se puede concluir que el modelo tiene un coeficiente de determinación de 0.9472 (Figura 21), al ser positivo indica que los valores tienden a crecer y al ser cercanos a 1 indica una dependencia entre las variables.

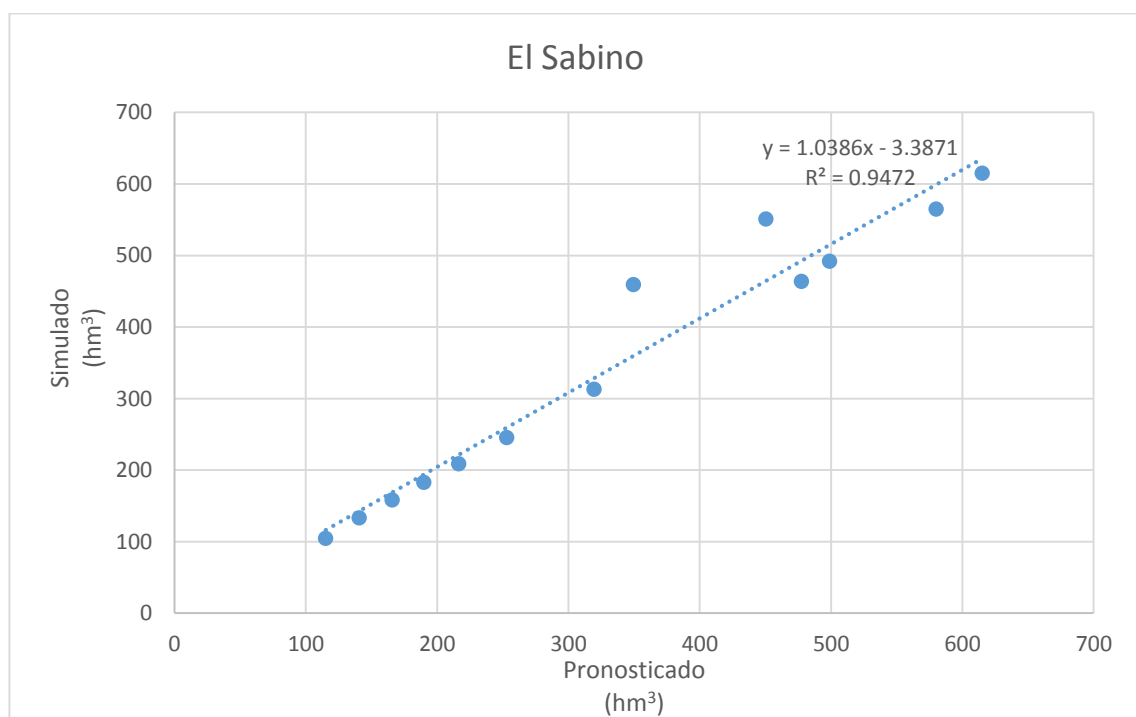


Figura 21 Recta de regresión por mínimos cuadrados en la presa Josefa Ortiz de Domínguez.

La Figura 22 está enfocada en el volumen del almacenamiento, en la cual se observa que la presa tiene una capacidad en su obra de toma de extraer 100 m³/s, solo se limita a extraer lo definido en su política ya que se prevé un año seco en el pronóstico.

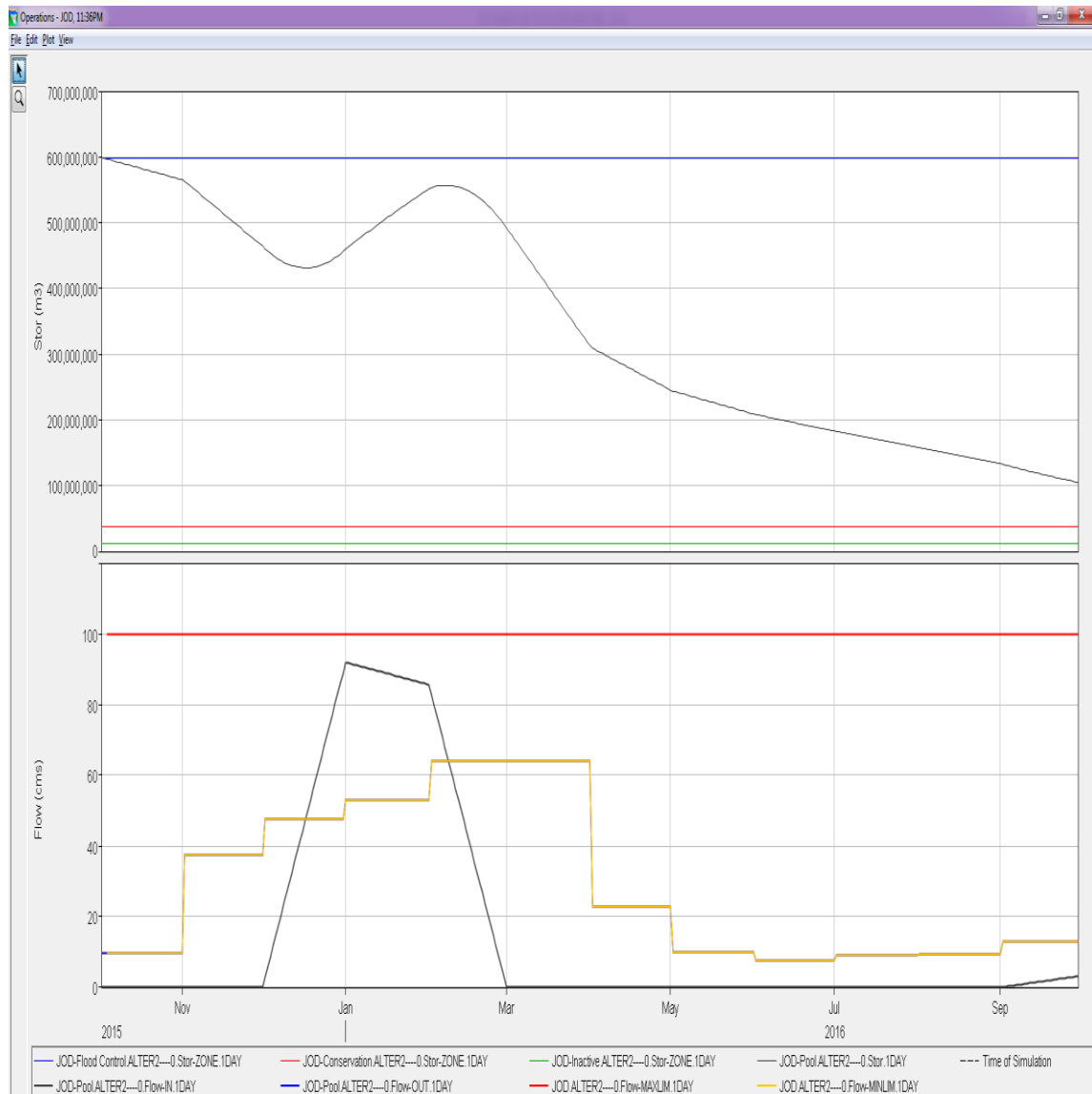


Figura 22. Balance de masas del ciclo agrícola 2015 -2016 para Josefa Ortiz de Domínguez con respecto a la ecuación 1.

Respecto al análisis diario a lo largo del ciclo agrícola se presenta de forma tabular como se observar en la Figura 23.

Release Decision Report: JOD						
File						
Alternative: ALTER2----ALTER2						
Run: ALTER2----0						
Lookback: 02 Oct 2015, 0000						
Start Time: 03 Oct 2015, 0000						
End Time: 30 Sep 2016, 0000						
Rule Key: GC=Guide Curve, RO=Release Override, EO=Elevation Override, ZB=Zone Boundary						
Date-Time	JOD					
	Active Zone Elev (m)	Net Inflow (cms)	JOD Active Rule Flow (cms)	-JOD Active Rule Flow (cms)	-JOD L&O Uncontrolled Flow (cms)	-Controlled Outlet Active Rule Flow (cms)
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl	MINDESCAR
25Dec2015, 24:00	107.76	72.48	47.64	47.64	0.00	47.64
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl	MINDESCAR
26Dec2015, 24:00	107.81	75.45	47.64	47.64	0.00	47.64
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl	MINDESCAR
27Dec2015, 24:00	107.87	78.41	47.64	47.64	0.00	47.64
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl	MINDESCAR
28Dec2015, 24:00	107.93	81.38	47.64	47.64	0.00	47.64
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl	MINDESCAR
29Dec2015, 24:00	108.00	84.34	47.64	47.64	0.00	47.64
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl	MINDESCAR
30Dec2015, 24:00	108.07	87.31	47.64	47.64	0.00	47.64
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl	MINDESCAR
31Dec2015, 24:00	108.15	90.27	52.90	52.90	0.00	52.90
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl	MINDESCAR
01Jan2016, 24:00	108.22	90.35	52.90	52.90	0.00	52.90
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl	MINDESCAR
02Jan2016, 24:00	108.29	90.14	52.90	52.90	0.00	52.90
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl	MINDESCAR
03Jan2016, 24:00	108.35	89.93	52.90	52.90	0.00	52.90
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl	MINDESCAR
04Jan2016, 24:00	108.42	89.72	52.90	52.90	0.00	52.90
	Flood Control		MinRelease	MINDESCAR	Unctrl	MINDESCAR
05Jan2016, 24:00	108.49	89.52	52.90	52.90	0.00	52.90

Figura 23. Reporte de operación de la presa Josefa Ortiz de Domínguez del ciclo agrícola 2015 -2016.

3.5.3. Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones del año seco del 2016 Luis Donaldo Colosio

De acuerdo al pronóstico de año seco 2016 en la presa Luis Donaldo Colosio, se inicia con almacenamiento de 2727.9 hm³ que equivale a un valor en la tabla de elevación áreas capacidades presente en el ANEXO C a la elevación 270 m, Al simular el comportamiento de acuerdo a la política de entrada y de extracción de la presa. De acuerdo al balance de masas para Luis Donaldo Colosio se aprecia en la Figura 24 su comportamiento de la presa, cabe recordar que el uso principal de la presa es generación de energía eléctrica y control de avenidas.

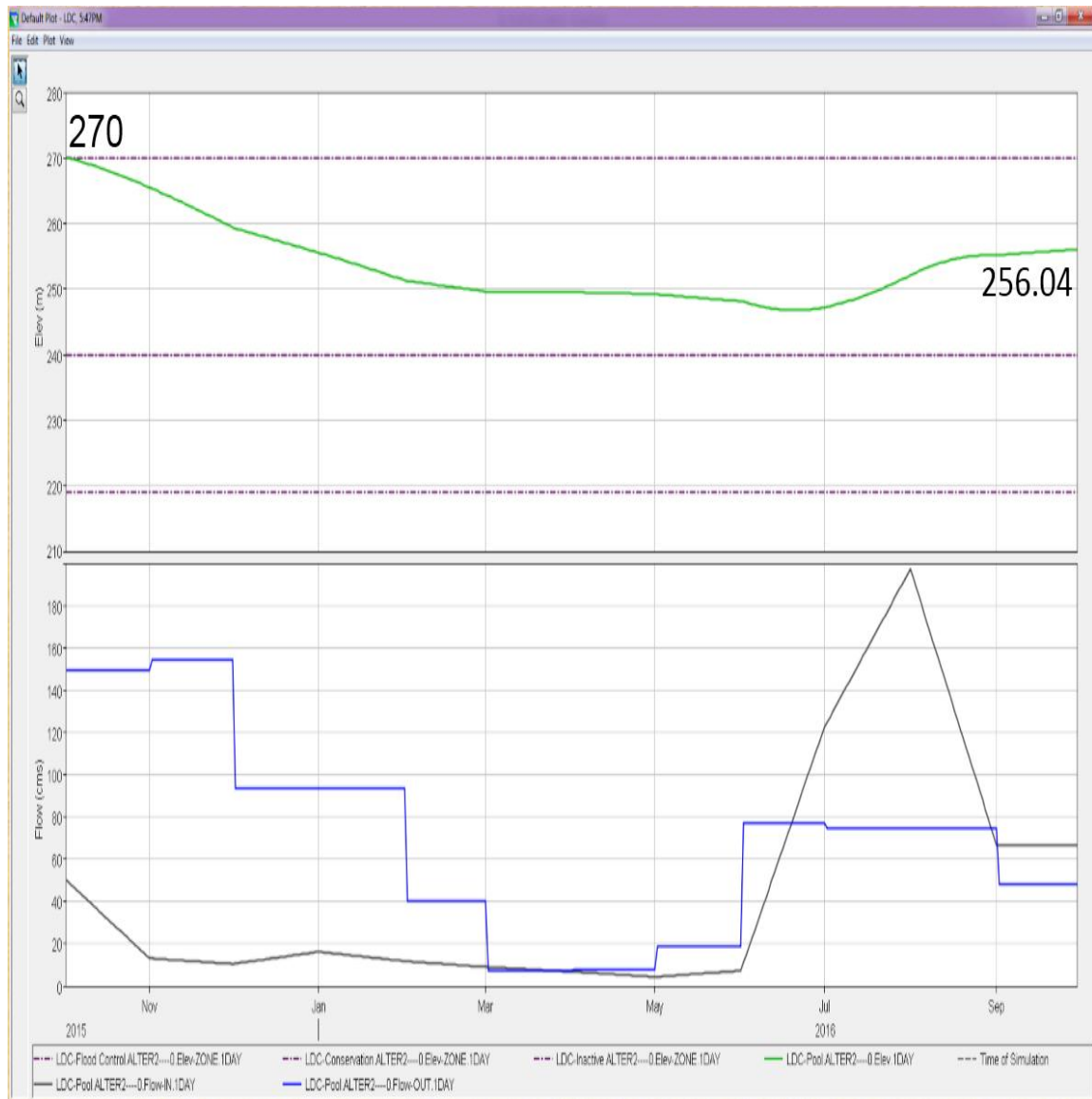


Figura 24. Balance de masas del ciclo agrícola 2015 -2016 para Luis Donaldo Colosio con respecto al nivel de almacenamiento.

Para comparar que tanta relación existe entre los valores pronosticados y simulados, se realiza una estimación de la recta de regresión por mínimos cuadrados. Los valores de volúmenes de almacenamiento en hm^3 al inicio de cada mes del ciclo agrícola 2015 -2016 para la presa “Huites” se observan en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Volúmenes de almacenamiento en la presa Luis Donaldo Colosio para el ciclo agrícola 2015 - 2016.

Meses	Pronosticado (hm ³)	Simulado (hm ³)
Octubre 2015	2727.9	2727.9
Noviembre	2460.5	2401.9
Diciembre	2092.9	2031.2
Enero 2016	1874.4	1817.4
Febrero	1665.5	1602.9
Marzo	1592.3	1524.07
Abril	1591.4	1518.9
Mayo	1580.4	1505.1
Junio	1526.2	1456.2
Julio	1331.9	1414.4
Agosto	1459.5	1642.1
Septiembre	1791.5	1799.9
Octubre 2016	1839.2	1844.9

Se puede concluir que el modelo tiene un coeficiente de determinación de 0.964 (Figura 25), al ser positivo indica que los valores tienden a crecer y al ser cercanos a 1 indica una dependencia entre las variables.

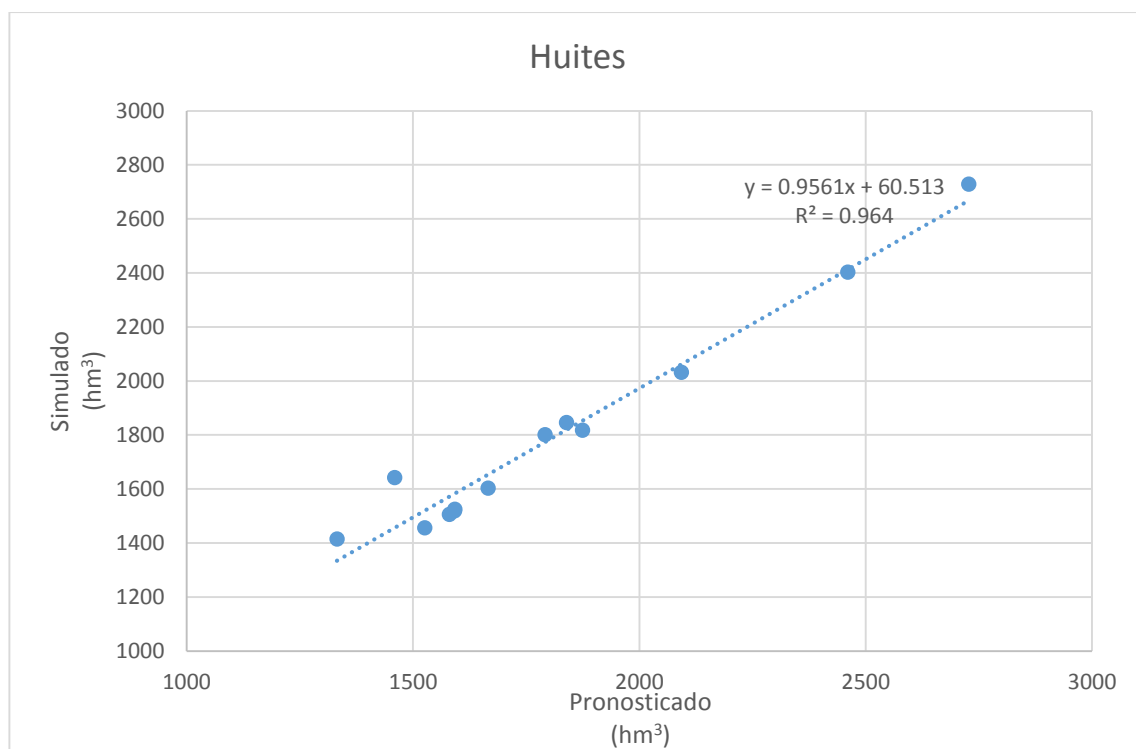


Figura 25. Recta de regresión por mínimos cuadrados en la presa Luis Donaldo Colosio para el ciclo agrícola 2015 - 2016.

También se observa que en la Figura 26 la simulación también está enfocada en el volumen del almacenamiento, en la cual la presa tiene una capacidad en sus obras de toma total de extraer 470 m³/s para energía, solo se limita a extraer lo definido en su política ya que se prevé un año seco en el pronóstico.

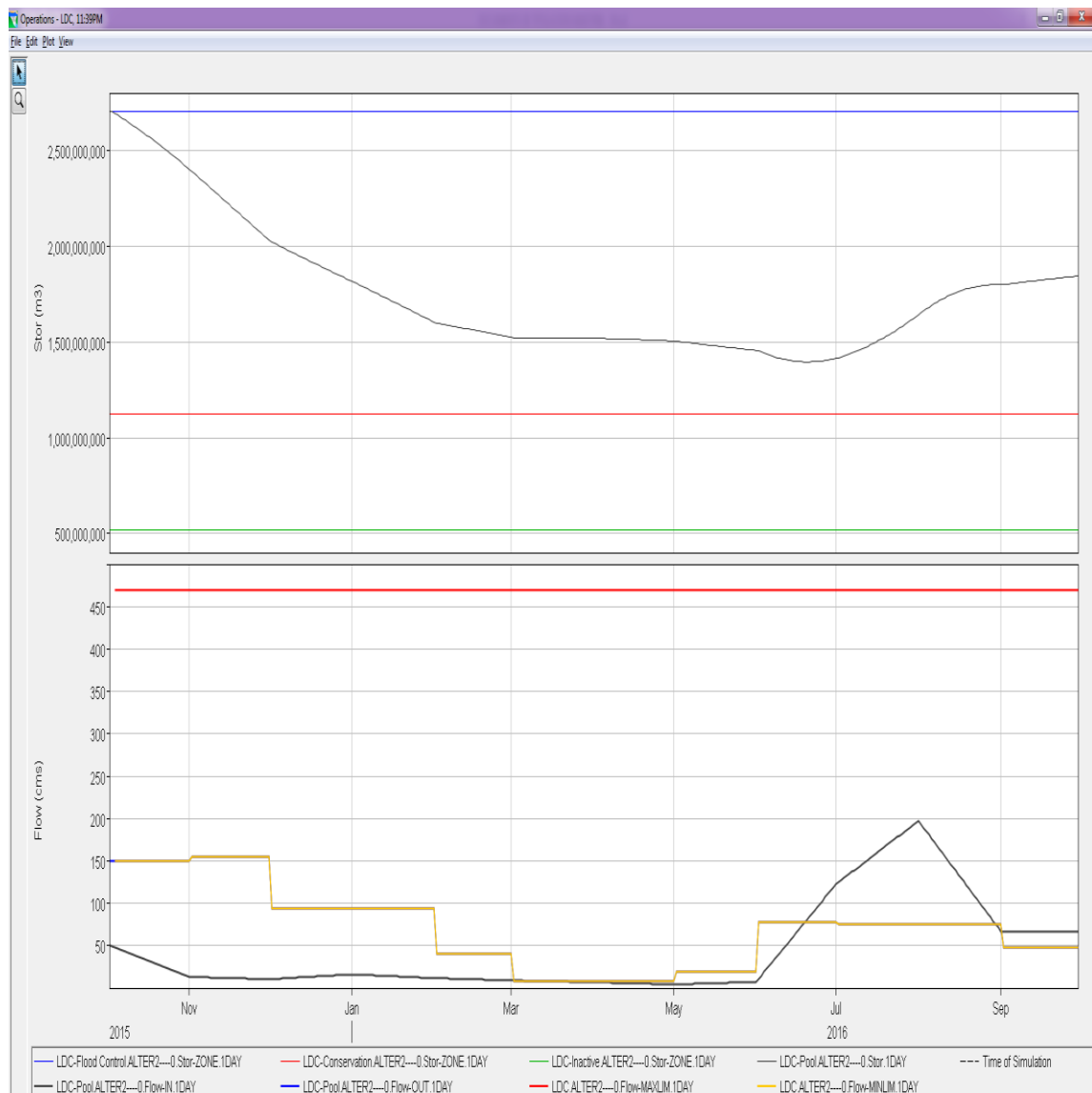


Figura 26. Balance de masas del ciclo agrícola 2015 -2016 para Luis Donaldo Colosio con respecto a la ecuación 3.

Respecto al análisis de día con día a lo largo del ciclo agrícola se presenta de forma tabular como se puede observar en la Figura 27.

Release Decision Report: LDC

Alternative: ALTER2----ALTER2
Run: ALTER2----0

Lookback: 02 Oct 2015, 0000
Start Time: 03 Oct 2015, 0000
End Time: 30 Sep 2016, 0000
Rule Key: GC=Guide Curve, RO=Release Override, EO=Elevation Override, ZB=Zone Boundary

Date-Time	LDC					
	Active Zone Elev (m)	Net Inflow (cms)	LDC Active Rule Flow (cms)	-LDC Active Rule Flow (cms)	-LDC L&O Uncontrolled Flow (cms)	-Controlled Outlet Active Rule Flow (cms)
02Oct2015, 24:00	270.00	48.94	149.34	149.34	Unctrl	149.34
	Flood Control		MinRelease	MINDESCARG	Unctrl	MINDESCARG
03Oct2015, 24:00	269.87	45.81	149.34	149.34	0.00	149.34
	Flood Control		MinRelease	MINDESCARG	Unctrl	MINDESCARG
04Oct2015, 24:00	269.74	44.58	149.34	149.34	0.00	149.34
	Flood Control		MinRelease	MINDESCARG	Unctrl	MINDESCARG
05Oct2015, 24:00	269.61	43.35	149.34	149.34	0.00	149.34
	Flood Control		MinRelease	MINDESCARG	Unctrl	MINDESCARG
06Oct2015, 24:00	269.47	42.11	149.34	149.34	0.00	149.34
	Flood Control		MinRelease	MINDESCARG	Unctrl	MINDESCARG
07Oct2015, 24:00	269.34	40.88	149.34	149.34	0.00	149.34
	Flood Control		MinRelease	MINDESCARG	Unctrl	MINDESCARG
08Oct2015, 24:00	269.20	39.65	149.34	149.34	0.00	149.34
	Flood Control		MinRelease	MINDESCARG	Unctrl	MINDESCARG
09Oct2015, 24:00	269.06	38.42	149.34	149.34	0.00	149.34
	Flood Control		MinRelease	MINDESCARG	Unctrl	MINDESCARG
10Oct2015, 24:00	268.92	37.19	149.34	149.34	0.00	149.34
	Flood Control		MinRelease	MINDESCARG	Unctrl	MINDESCARG
11Oct2015, 24:00	268.78	35.95	149.34	149.34	0.00	149.34
	Flood Control		MinRelease	MINDESCARG	Unctrl	MINDESCARG

Figura 27. Reporte de operación de la presa Luis Donaldo Colosio del ciclo agrícola 2015 -2016.

3.5.4. Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones del año seco del 2017 Miguel Hidalgo y Costilla

Dado a que el comportamiento de Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones del año seco del 2016 Miguel Hidalgo y Costilla es parecido al año 2017 se presentara la información de la simulación respecto a la operación y al de elevación a lo largo de los ciclos agrícolas.

Se inicia con el almacenamiento de 3165.2 hm³ que equivale a un valor en la tabla de elevación áreas capacidades a la elevación 141.32 m, Al simular el comportamiento de acuerdo a la política de entrada y de extracción de la presa. En la Figura 28 se observa que el comportamiento del almacenamiento a lo largo del ciclo agrícola es decir de acuerdo al balance de masas para Miguel Hidalgo y Costilla ya descrito anterior mente, se observa que no se seca la presa esto quiere decir que con la política de extracción que se tiene definida es factible llevarla a cabo a lo largo del ciclo agrícola.

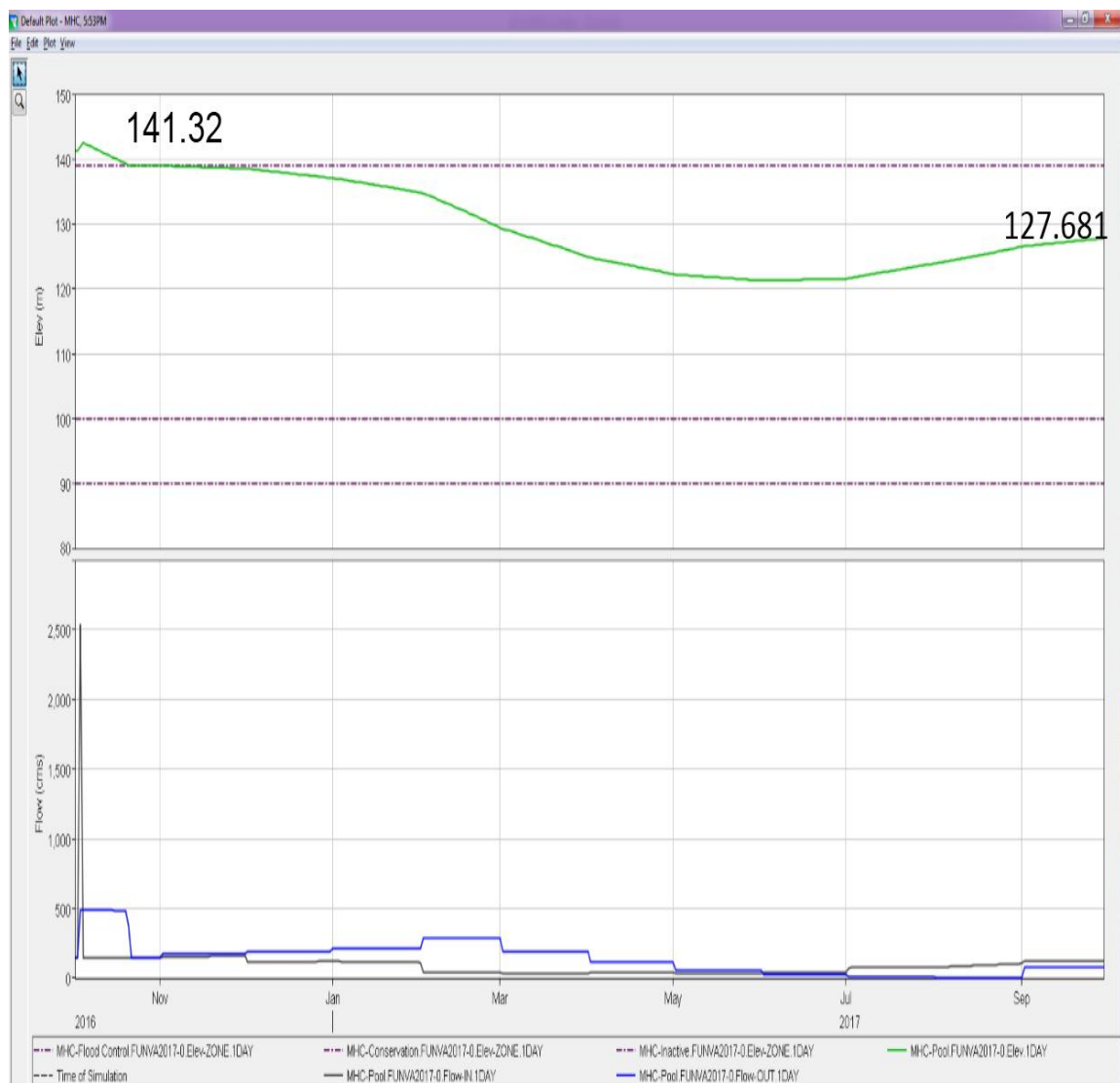


Figura 28. Balance de masas del ciclo agrícola 2016 -2017 para Miguel Hidalgo y Costilla con respecto al nivel de almacenamiento.

Para comparar que tanta relación existe entre los valores pronosticados y simulados, se realiza una estimación de la recta de regresión por mínimos cuadrados ya que obtiene buenas representaciones entre la relación de dos variables. Los valores de volúmenes de almacenamiento en hm^3 al inicio de cada mes del ciclo agrícola 2016 -2017 para la presa “El Mahome” se observan en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Volúmenes de almacenamiento en la presa Miguel Hidalgo y Costilla para el ciclo agrícola 2016 -2017.

Meses	Pronosticado (hm ³)	Simulado (hm ³)
Octubre 2015	3165.2	3165.2
Noviembre	2900.4	2832.4
Diciembre	2810.9	2769.8
Enero 2016	2598.8	2578.06
Febrero	2323.3	2306.1
Marzo	1716.7	1711.3
Abril	1290.7	1287.3
Mayo	1068.1	1067.3
Junio	993	995
Julio	1011.1	1016.3
Agosto	1183.4	1200.1
Septiembre	1365.6	1427.6
Octubre 2016	1484	1551.1

Se puede concluir que el modelo tiene un coeficiente de determinación de 0.9986 (Figura 29), al ser positivo indica que los valores tienden a crecer y al ser cercanos a 1 indica una dependencia entre las variables.

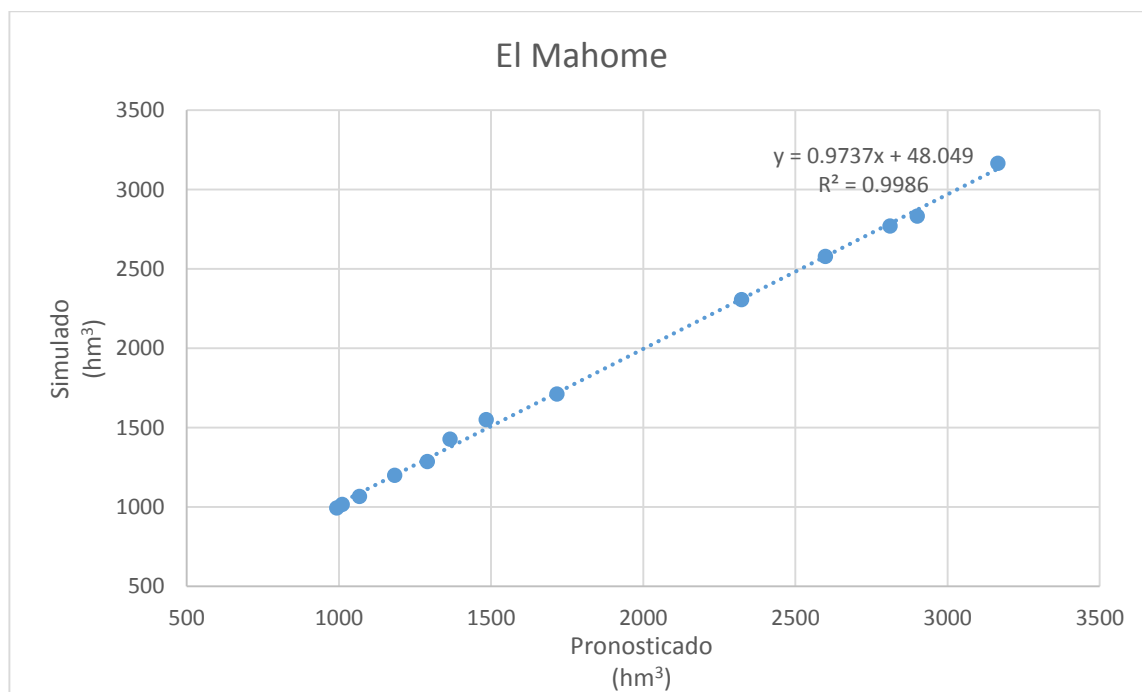


Figura 29. Recta de regresión por mínimos cuadrados en la presa Miguel Hidalgo y Costilla para el ciclo agrícola 2016 - 2017.

También se observa en la Figura 30 que la simulación también está enfocada en el volumen del almacenamiento, en la cual se observa que la presa tiene una capacidad en sus obras de toma de extraer 360 m³/s para energía y riego y 100 m³/s para trasvase, solo se limita a extraer lo definido en su política ya que se prevé un año seco en el pronóstico.

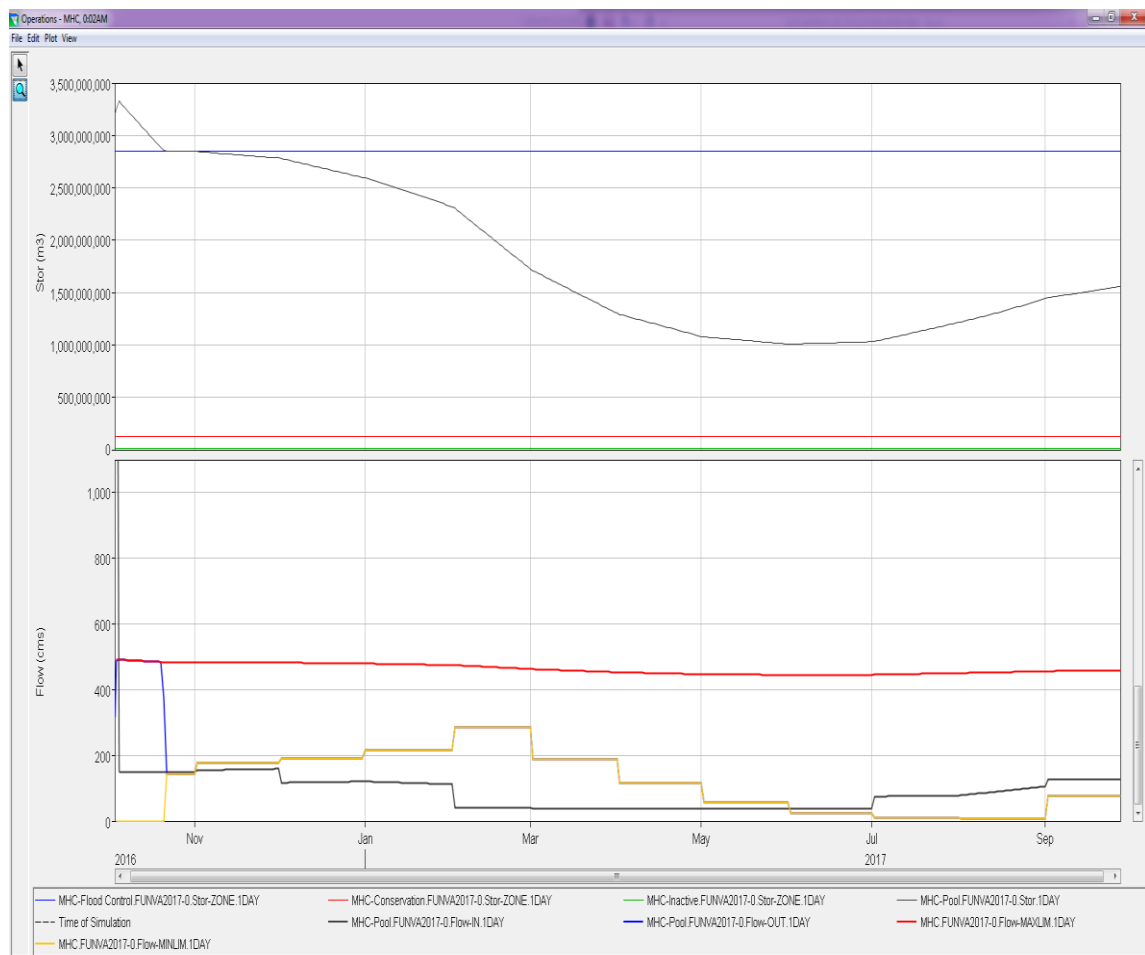


Figura 30. Balance de masas del ciclo agrícola 2016 -2017 para Miguel Hidalgo y Costilla con respecto a la ecuación 2.

3.5.5. Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones del año seco del 2017 Josefa Ortiz de Domínguez

Se inicia con almacenamiento de 521.3 hm³ que equivale a un valor en la tabla de elevación áreas capacidades a una elevación 109.4 m, Al simular el comportamiento de acuerdo a la política de entrada y de extracción de la presa. En la Figura 31 se observa el comportamiento del almacenamiento a lo largo del

ciclo agrícola es decir de acuerdo al balance de masas para Josefa Ortiz de Domínguez ya descrito anteriormente.

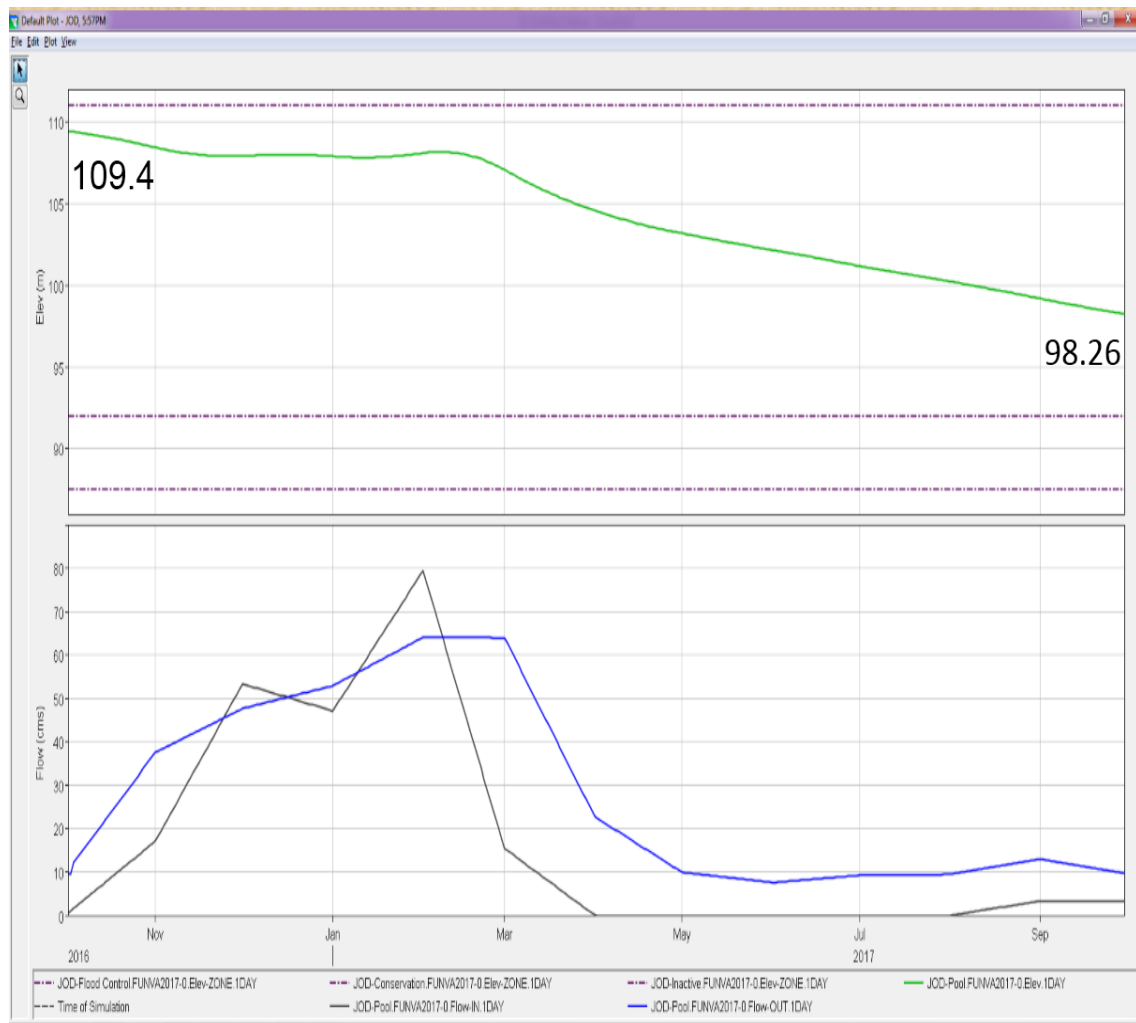


Figura 31. Balance de masas del ciclo agrícola 2016 -2017 para Josefa Ortiz de Domínguez con respecto al nivel de almacenamiento.

Para comparar que tanta relación existe entre los valores pronosticados y simulados, se realiza una estimación de la recta de regresión por mínimos cuadrados. Los valores de volúmenes de almacenamiento en hm^3 al inicio de cada mes del ciclo agrícola 2015 -2016 para la presa “El Sabino” se observan en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Volúmenes de almacenamiento en la presa Josefa Ortiz de Domínguez para el ciclo agrícola 2016 -2017.

Meses	Pronosticado (hm ³)	Simulado (hm ³)
Octubre 2015	521.3	521.3
Noviembre	489.9	468.03
Diciembre	434.3	442.4
Enero 2016	454.7	441.8
Febrero	434.7	449.5
Marzo	468.9	406.5
Abril	328.2	302.2
Mayo	255.8	255.1
Junio	201.7	222.06
Julio	174.3	193.3
Agosto	148.8	168.6
Septiembre	117.7	143.2
Octubre 2016	107.1	122.7

Se puede concluir que el modelo tiene un coeficiente de determinación de 0.9808 (Figura 37), al ser positivo indica que los valores tienden a crecer y al ser cercanos a 1 indica una dependencia entre las variables.

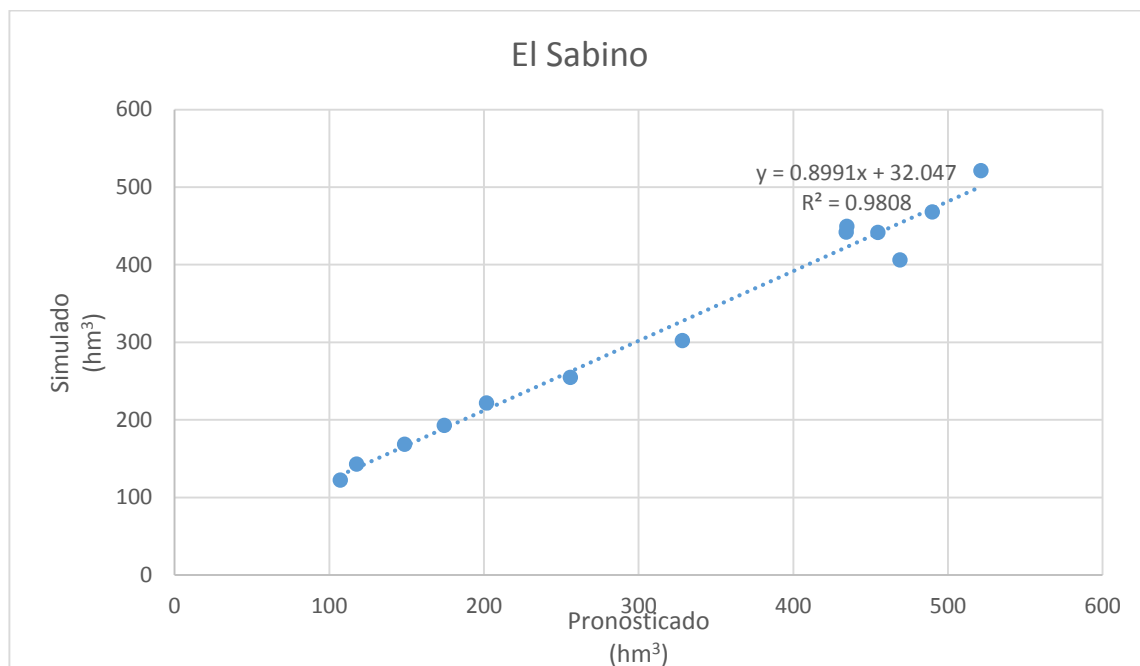


Figura 32. Recta de regresión por mínimos cuadrados en la presa Josefa Ortiz de Domínguez para el ciclo agrícola 2016 -2017.

En la Figura 33 está enfocada en el volumen del almacenamiento, en el cual se puede observar que la presa tiene una capacidad en su obra de toma de extraer 100 m³/s, solo se limita a extraer lo definido en su política ya que se prevé un año seco en el pronóstico.

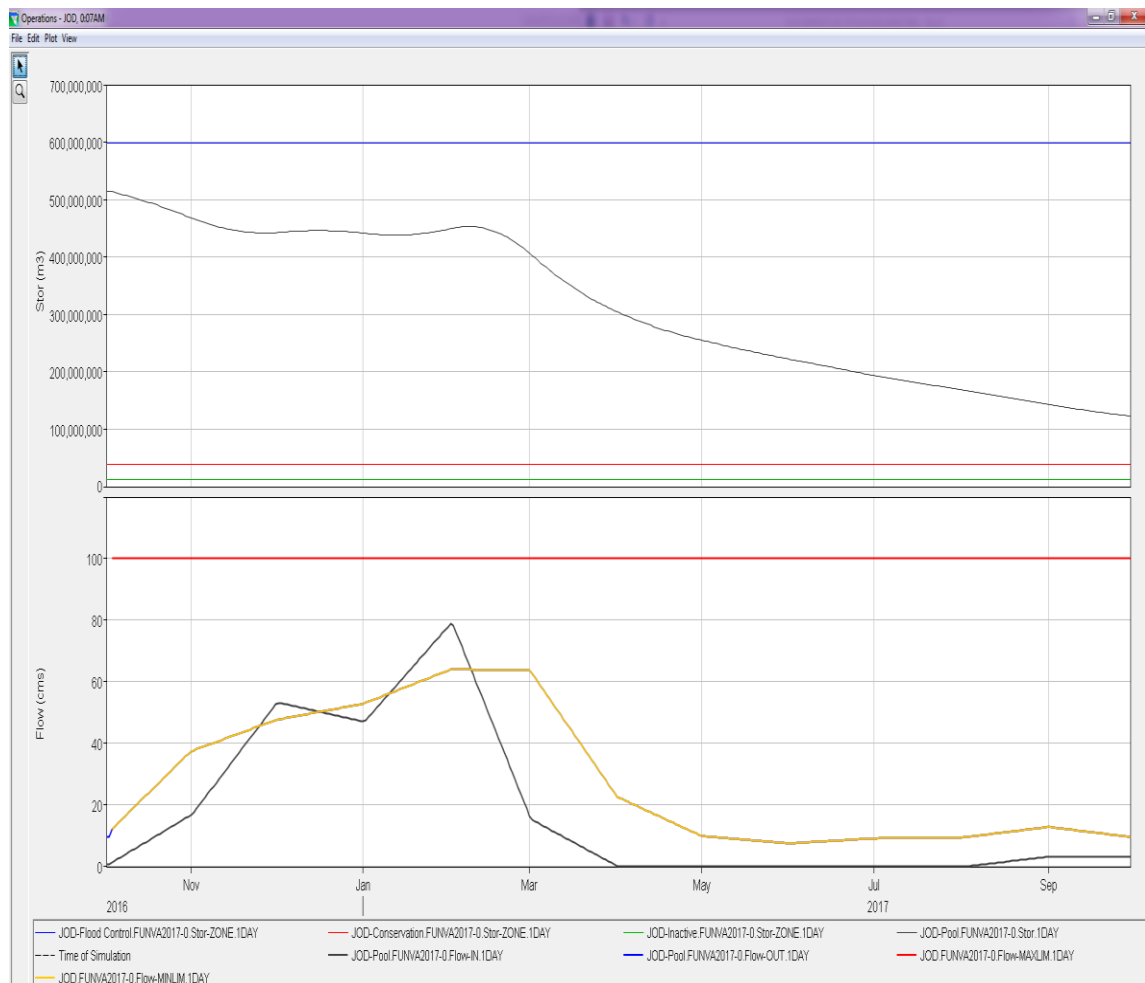


Figura 33. Balance de masas del ciclo agrícola 2016 -2017 para Josefa Ortiz de Domínguez con respecto a la ecuación 1.

3.5.6. Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones del año seco del 2016 Luis Donaldo Colosio

De acuerdo con el pronóstico de año seco 2016 en la presa Luis Donaldo Colosio, se inicia con almacenamiento de 3073.9 hm³ que equivale a un valor en la tabla de elevación áreas capacidades a una elevación 275 m, Al simular el comportamiento de acuerdo a la política de entrada y de extracción de la presa.

De acuerdo al balance de masas para Luis Donaldo Colosio se aprecia en la Figura 34 su comportamiento de la presa, cabe recordar que el uso principal de la presa es generación de energía eléctrica y control de avenidas

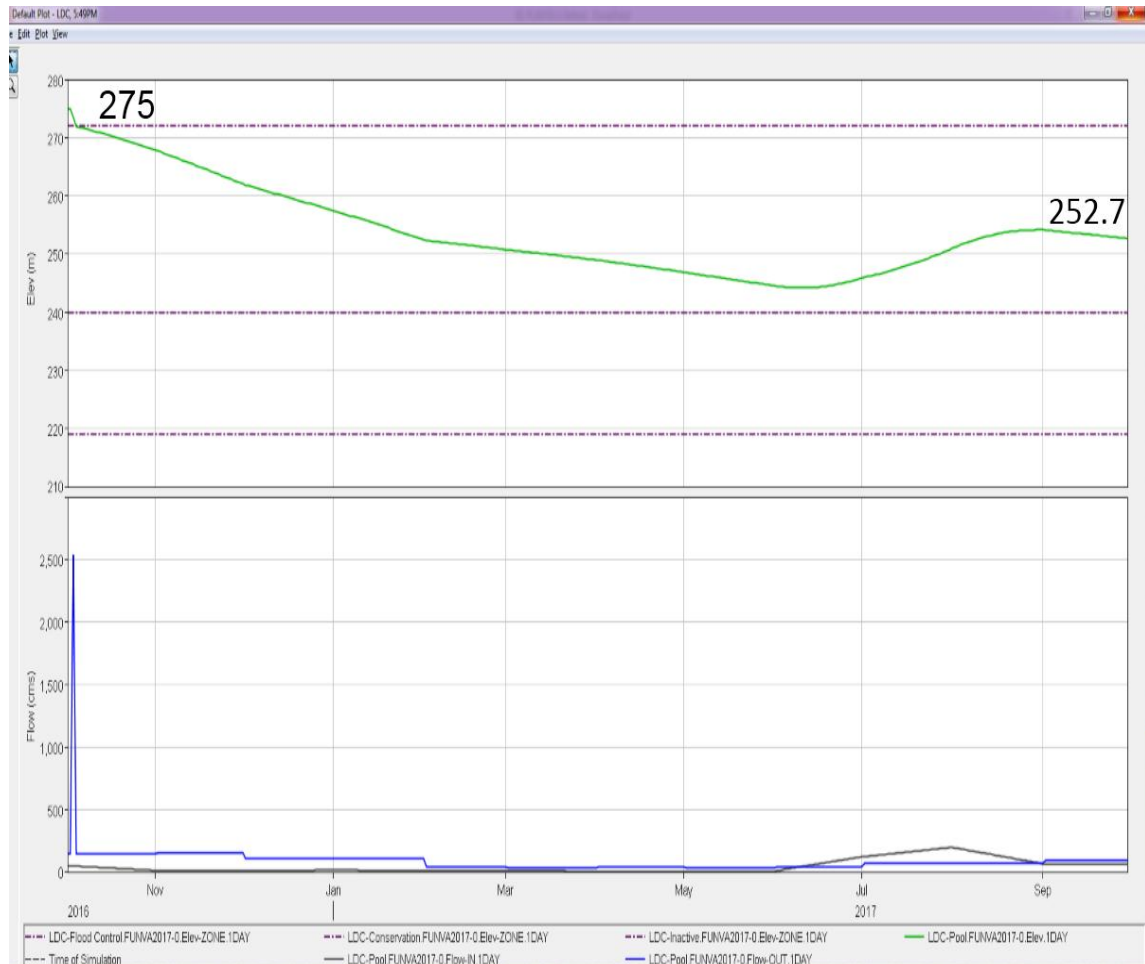


Figura 34. Balance de masas del ciclo agrícola 2016 -2017 para Luis Donaldo Colosio con respecto al nivel de almacenamiento.

Para comparar que tanta relación existe entre los valores pronosticados y simulados, se realiza una estimación de la recta de regresión por mínimos cuadrados. Los valores de volúmenes de almacenamiento en hm^3 al inicio de cada mes del ciclo agrícola 2015 -2016 para la presa “Huites” se observan en el Cuadro 23.

Cuadro 23. Volúmenes de almacenamiento en la presa Luis Donaldo Colosio para el ciclo agrícola 2016 - 2017.

Meses	Pronosticado (hm ³)	Simulado (hm ³)
Octubre 2015	3073.9	3073.9
Noviembre	2649.1	2456.8
Diciembre	2281.4	2086.1
Enero 2016	2013.1	1823.05
Febrero	1754.1	1558.69
Marzo	1680.8	1478.4
Abril	1599.8	1395
Mayo	1508.9	1302.06
Junio	1405.4	1204.1
Julio	1311.5	1255.8
Agosto	1439.2	1481.9
Septiembre	1771.1	1645.04
Octubre 2016	1693.8	1571.4

Se puede concluir que el modelo tiene un coeficiente de determinación de 0.9747 (Figura 35), al ser positivo indica que los valores tienden a crecer y al ser cercanos a 1 indica una dependencia entre las variables.

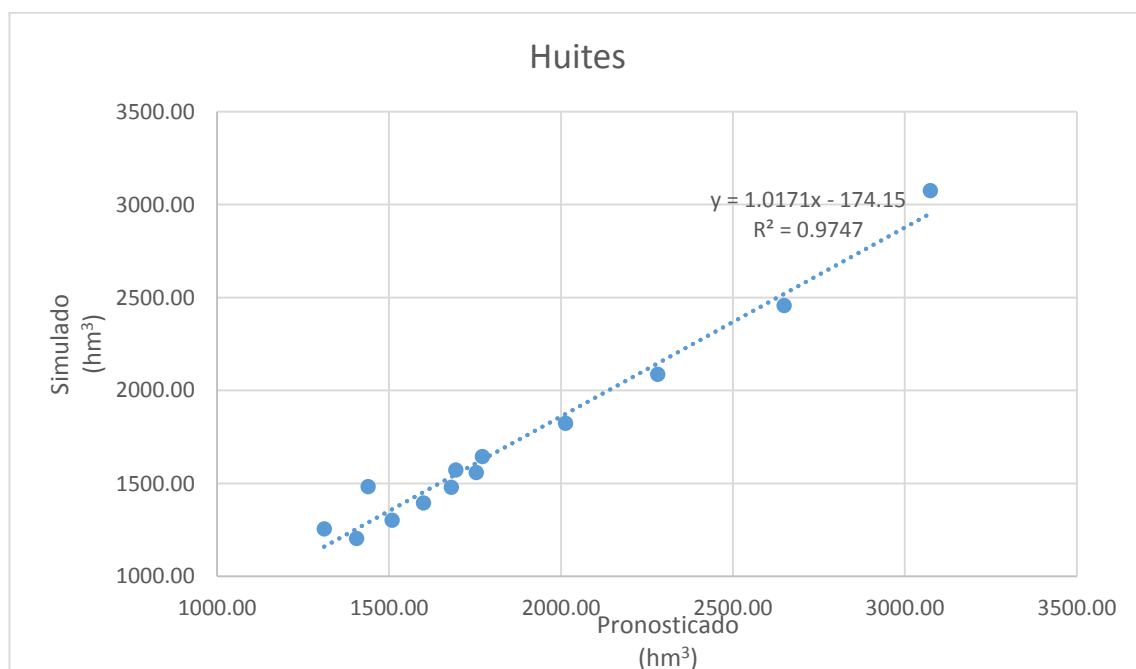


Figura 35. Recta de regresión por mínimos cuadrados en la presa Luis Donaldo Colosio para el ciclo agrícola 2016 - 2017.

También se observa que en la Figura 36 la simulación también está enfocada en el volumen del almacenamiento, en la cual se puede observar que la presa tiene una capacidad en sus obras de toma total de extraer 470 m³/s para energía, solo se limita a extraer lo definido en su política ya que se prevé un año seco en el pronóstico.

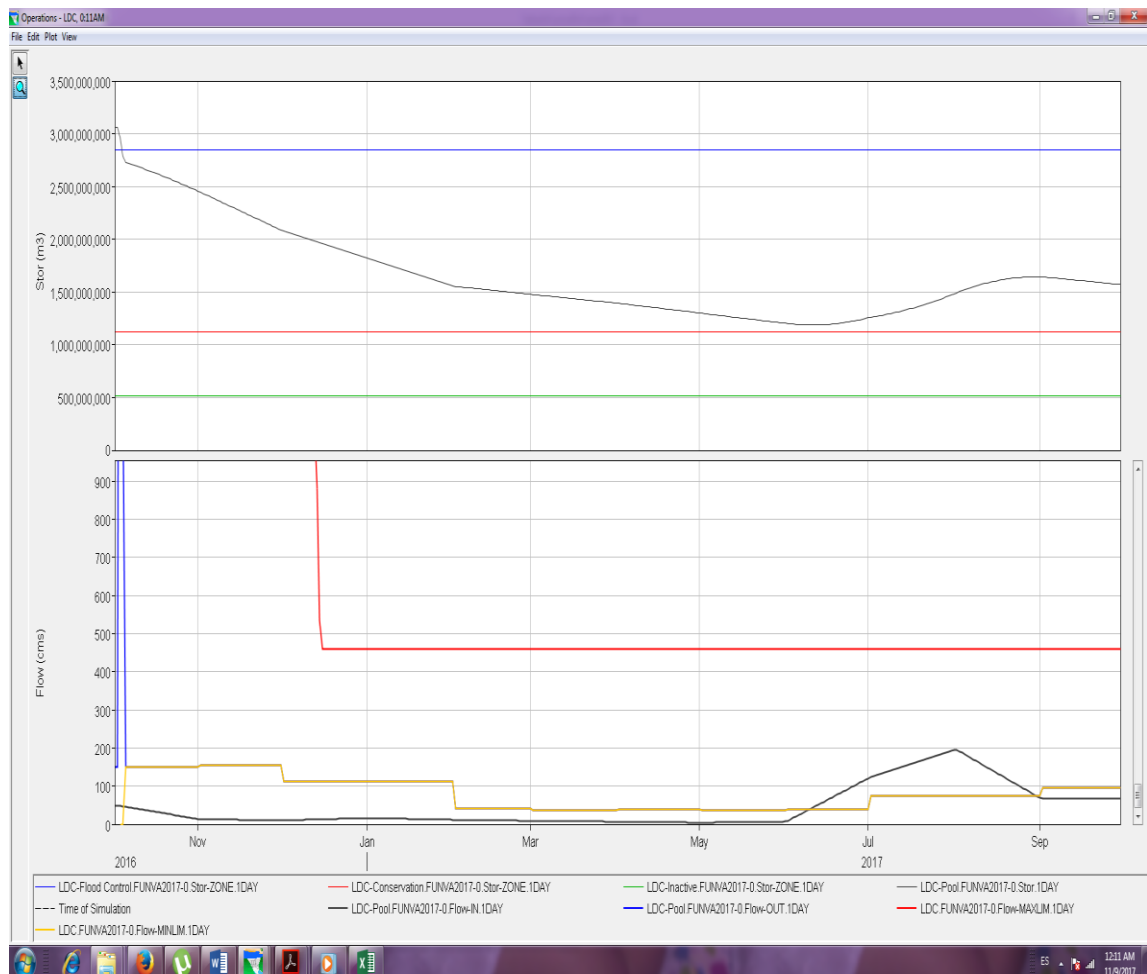


Figura 36. Balance de masas del ciclo agrícola 2016 -2017 para Luis Donaldo Colosio con respecto a la ecuación 3.

3.5.7. Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones para dos años secos consecutivos 2016 -2017

Una vez calibrado el modelo lo podemos aplicar a nuevos pronósticos uno de ellos es el comportamiento que tendría el sistema si ocurriera dos años consecutivos, dado este escenario se tomaron los datos de política de entradas

y de extracción de los años analizados por separado de 2016 y 2017, pero no se considerar el 1 de octubre de 2016 el nivel del almacenamiento del FUNVA si no que se dará continuidad hasta llegar al 30 de septiembre de 2017.

Miguel Hidalgo y Costilla

En la Figura 37 se observa que el comportamiento de las políticas de entradas y de extracción son las analizadas por separado, se observa que llega a la zona de conservación el 27 de Febrero de 2017 hasta el 24 de septiembre del mismo año, Lo que implica que para la zona de conservación se limita la política de extracción pero al no llegar a la zona inactiva permite cubrir la necesidades para las cueles fue proyectada (riego y otros usos).

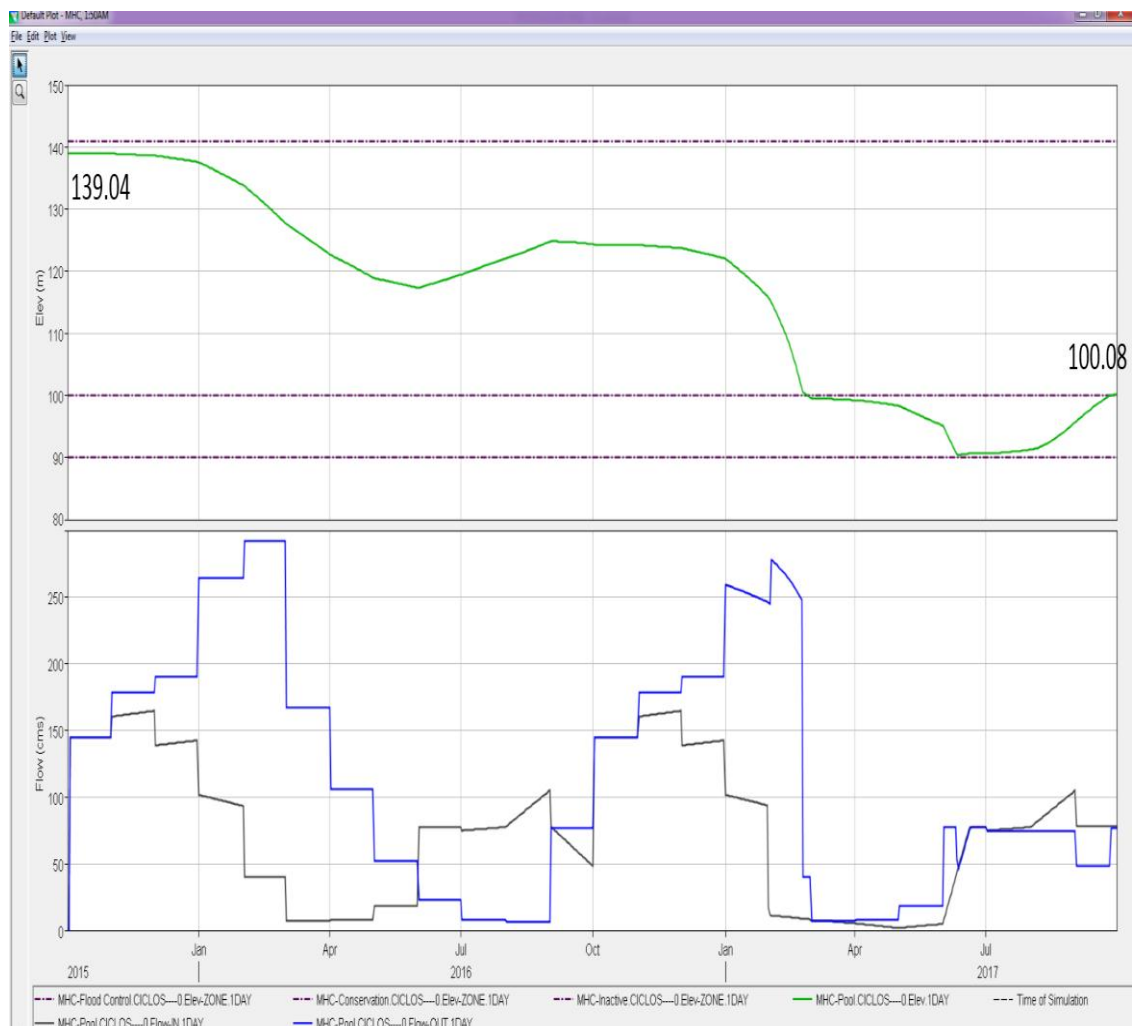


Figura 37. Balance de masas del ciclo agrícola 2015 -2017 para Miguel Hidalgo y Costilla con respecto al nivel de almacenamiento.

Josefa Ortiz de Domínguez

De acuerdo a la Figura 38 el día 16 de marzo de 2017 se llega a la zona inactiva hasta terminar el ciclo agrícola, por lo que no se podría cubrir la demanda para riego del D. R. esto sucede que el sistema del Rio Fuerte se encuentra limitado con respecto al escurrimiento y a pesar de que la presa de Miguel Hidalgo envió agua por el trasvaso este no fue capaz de terminar el ciclo.

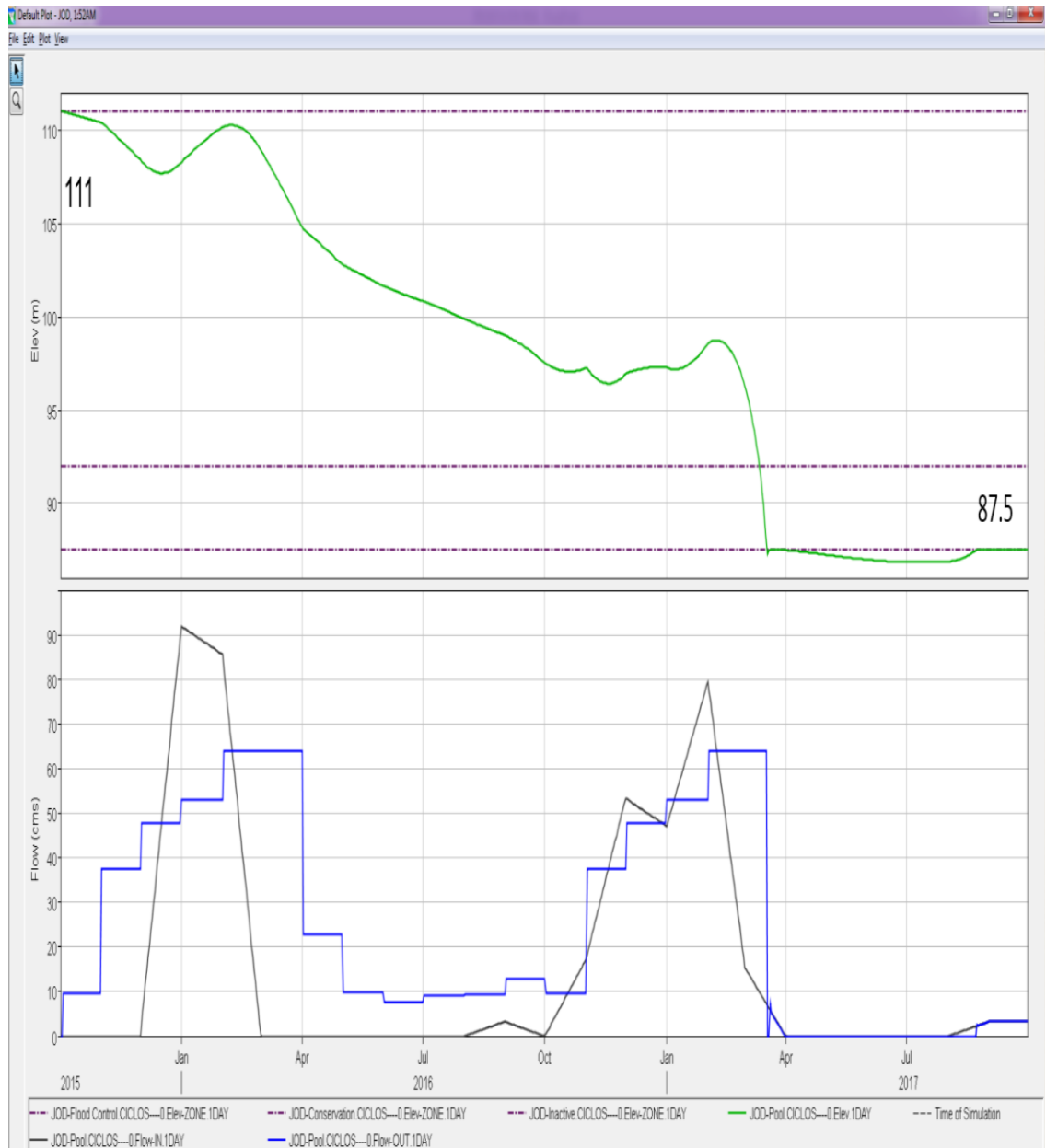


Figura 38. Balance de masas del ciclo agrícola 2015 -2017 para Josefa Ortiz de Domínguez con respecto al nivel de almacenamiento.

Luis Donaldo Colosio

En la Figura 39 se observa que el comportamiento de las políticas de entradas y de extracción son las analizadas por separado, pero se llega a la zona inactiva el 31 de Enero de 2017 hasta el 26 de Junio de 2017 es decir que durante este periodo el sistema no es capaz de satisfacer las necesidades de generación de energía eléctrica, posteriormente a esta fecha se registra entrada por escurrimiento de corrientes por lo que el sistema vuelve a operar con la política de extracción definida y con esto llega a un nivel de 235.65.

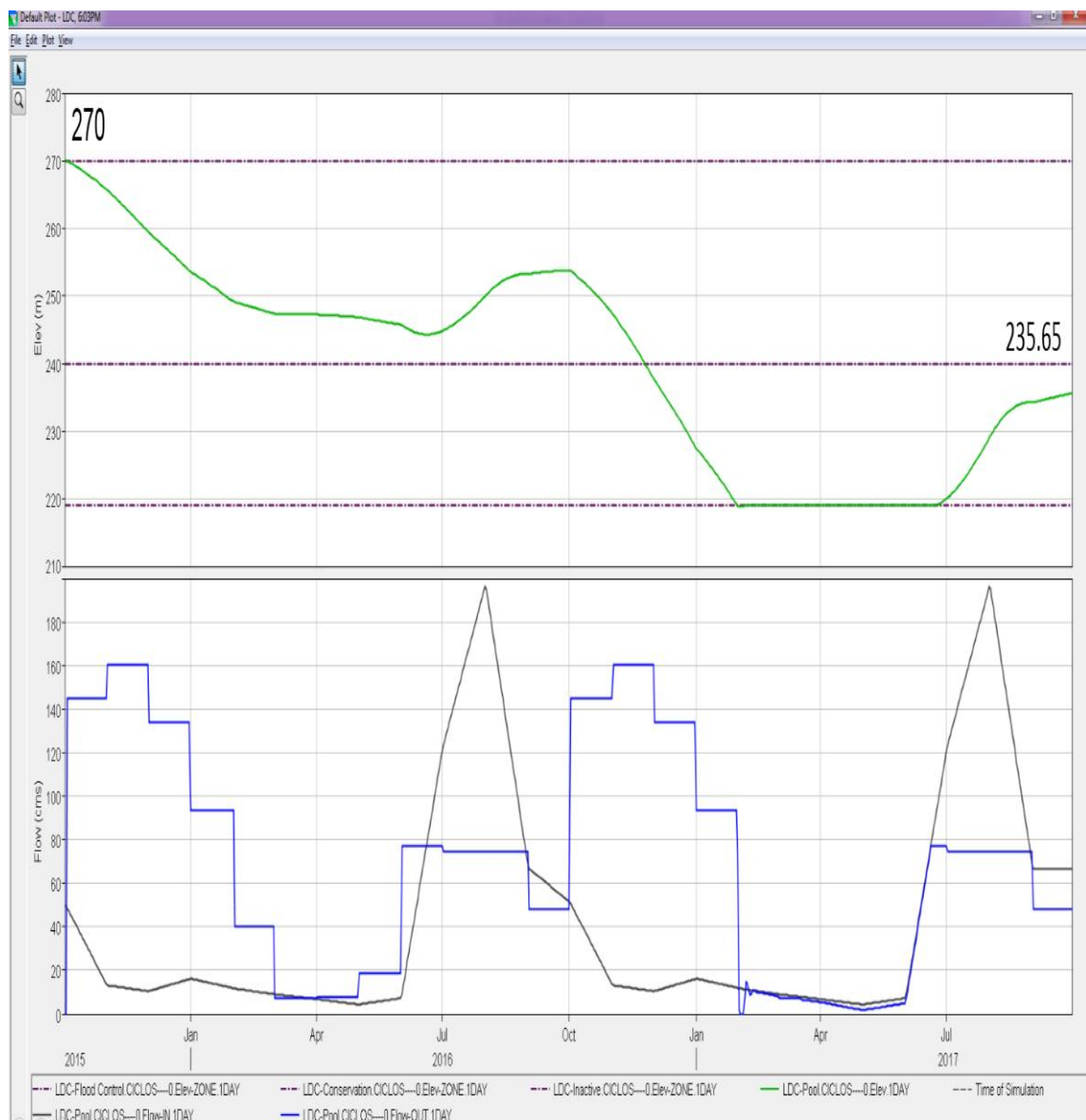


Figura 39. Balance de masas del ciclo agrícola 2015 -2017 para Luis Donaldo Colosio con respecto al nivel de almacenamiento.

Por lo que se puede concluir que la presa Luis Donaldo Colosio no podría satisfacer la política de extracción en un periodo de dos años consecutivos secos, esto a pesar de que año con año en los Distritos de Riego se planifica para año seco.

3.6. CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos respecto al comportamiento del modelo, específicamente para la Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones de los años secos 2016 y 2017 podemos decir que el software HEC-ResSim es viable ocuparlo en México ya que al realizar las adaptaciones necesarias es viable realizar las simulaciones de funcionamiento de vasos de almacenamiento, dado que tienen un coeficiente de determinación en un rango de 0.9472 – 0.9989 respecto a los pronósticos realizados en los Distritos de Riego 075 El Fuerte y 076 Valle del Carrizo por lo que es viable establecerse como la herramienta de apoyo para la toma de decisiones en los sistemas de almacenamiento.

Los resultados de la Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones para dos años secos consecutivos permiten tomar decisiones en tiempo real ya que si las condiciones iniciales descritas no favorecen a los requerimientos planteados, estas se pueden modificar al instante y no hasta que suceda dicho evento. Una forma de verificar dichos pronósticos fue analizar el déficit que se obtienen con la política de extracción.

3.7. LITERATURA CITADA

Aldama, A. A., Ramírez, A. I., Aparicio, J., Mejía, R., & Ortega, G. E. (2006). Seguridad hidrológica de las presas en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos.

Alemaw, B. F., Keaitse, E. O., & Chaoka, T. R. (2016). Management of Water Supply Reservoirs under Uncertainties in Arid and Urbanized Environments. *Journal of Water Resource and Protection*, 8(11), 990.

Arganis-Juárez Maritza, L; Mendoza-Ramírez Rosalva; Domínguez-Mora Ramón; Hernández-Ruíz Alma A; Berezowsky-Verduzco Moises. Influence of Guidance Curves in the optimal management of a hydropower system. (2013). *Water Resources Management* 27 (4): 4989-5001. Springer.

Basdekas, L. (2014). Is Multiobjective Optimization Ready for Water Resources Practitioners? Utility's Drought Policy Investigation. *J. Water Resour. Plann. Manage.* 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000415, 275-276.

CONABIO (2008). Climas. Recuperado de http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/clima1mgw.xml?_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no

CONABIO (2008). Precipitación media anual. Recuperado de http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/prec4mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no

CONAGUA (2017). Evolución Probable de Almacenamiento con Aportaciones de año seco.

CONAGUA (2016). Evolución Probable de Almacenamiento con Aportaciones de año seco.

CONAGUA (2015). Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego Año Agrícola 2013-2014. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGIH-6-15.pdf>

CONAGUA (2014), Sistema de Seguridad de Presas. Recuperado de <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/sistema-de-seguridad-de-presas>

CONAGUA (2009). Estudio para la determinación de la disponibilidad media anual de agua superficial en las cuencas hidrológicas de los ríos Pericos,

Rosamorada y Bejuco de la Región Hidrológica No. 11 Presidio San Pedro; así como la actualización de la disponibilidad de agua

CONAGUA (2006). Plan Director para la Modernización Integral del Riego del Distrito de Riego 075 "Río Fuerte", Sinaloa. 236 p.

Firoz, A. B. M., Nauditt, A., Fink, M., & Ribbe, L. (2017). Quantifying human impacts on hydrological drought using a combined modelling approach in a tropical river basin in Central Vietnam.

Gallardo, H. F., Bustamante, W. O., & Ibarra, E. S. Estudio Retrospectivo De La Sequía En El Norte De Sinaloa.

Jebbo, B. E., & Awchi, T. A. (2016). Simulation Model for Mosul Dam Reservoir Using HEC-ResSim 3.0 Package. ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences, 28(2).

Ibañez-Castillo Laura A., Chávez-Morales J., Mariño M.A. 1997. A planning model for the Fuerte-Carrizo Irrigation System, Mexico. Journal of water resources management 11(3): 165-184. Netherlands. 184. Netherlands.

INEGI 2016. El Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0), Recuperado de:
<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/continuoelevaciones.aspx>

Infante, G. S., & Zárate, L. G. (2016). Métodos Estadísticos Un enfoque interdisciplinario. Trillas. 643 pp.

Kuri Abdala Antonio. (2016). Apuntes sobre planeación: Conceptos y descripción del sistema hidráulico El Fuerte Sinaloa. <http://www.ingenieria.unam.mx/~jkuri/>. UNAM. Consultado el 21 de Enero del 2016.

Labadie, J. (2004). Optimal Operation of Multireservoir Systems: State-of-the-Art Review. Journal of Water Resources Planning and Management, 10.1061/ (ASCE) 0733-9496(2004)130:2(93), 93-111.

Lara, P. G., Lopes, J. D., Luz, G. M., & Bonuma, N. B. (2014). Reservoir Operation Employing Hec-Ressim: Case Study Of Tucuruí Dam, Brazil.

Oliveira, R., & Loucks, D. P. (1997). Operating rules for multireservoir systems. Water resources research, 33(4), 839-852

Programa Nacional Contra la Sequía, PRONACOSE. (2014). Programa de medidas preventivas y de mitigación de la sequía. Consejos de Cuenca Río Fuerte y Sinaloa. SEMARNAT-CONAGUA. México D.F. pp. 262.

Smith, R., Kasprzyk, J., and Zagona, E. (2016). "Many-Objective Analysis to Optimize Pumping and Releases in Multireservoir Water Supply Network." *Journal of Water Resources Planning and Management*, 10.1061/ (ASCE) WR.1943-5452.0000576, 04015049.

Thach, B. N. (2016). An investigation on reservoir operation for the flood management planning in the Yuba Feather watershed.

U.S. Army Corps Engineers. (2013). HEC-GeoHMS: Geospatial Hydrologic Modeling Extension. User's Manual Version 10.1.

U.S. Army Corps Engineers. (2013). HEC-ResSim: Reservoir System Simulation. User's Manual Version 3.1. 556 pp.

World Commission on Dams. (2000). Dams and Development: A New Framework for Decision-making: the Report of the World Commission on Dams. Earthscan.

Zeng, X., Hu, T., Xiong, L., Cao, Z., and Xu, C. (2015). "Derivation of operation rules for reservoirs in parallel with joint water demand." *Water Resources Research*, 10.1002/2015WR017250, 9539-9563. Online publication date: 1-Dec-2015.

4. CONCLUSIONES GENERALES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación HEC-ResSim es una alternativa viable para aplicar en dos vertientes en los Distritos de Riego de la cuenca del río Fuerte. El primero el modelo sirve como una herramienta de apoyo a la hora de realizar pronósticos para determinar el funcionamiento de vaso para el ciclo agrícola siguiente. Segundo el modelo puede analizar periodos de tiempo que se hayan presentado para analizar cuál ha sido el comportamiento del sistema, y esto permitiría hacer una proyección a futuro.

La comparación de los resultados del modelo con los pronósticos que utilizaron los Distritos de Riego en los ciclos agrícolas 2015 -2016 y 2016 -2017 son parecidos. Esto se debe a que está especializado en la simulación de sistemas de recursos hídricos, además de considerar muchas variables que no se tienen en cuenta a la hora de realizarlos en hojas de cálculo Excel, lo que llevó a obtener un modelo de simulación con la capacidad de simular el sistema real de manera muy efectiva.

La ventaja de ser una herramienta de apoyo en tiempo real es que al proponer una operación del sistema de presas de almacenamiento, permitirá analizar el pronóstico, es decir, si satisface la política de extracción posibilita incrementar la superficie regada, que esto a su vez se puede ver reflejado en la superficie cosechada, en el volumen de la producción y finalmente en un beneficio económico directo a los productores, siempre y cuando no se presente un déficit en el almacenamiento de las presas.

ANEXO A

Registro histórico de escurrimiento en hm³

JOSEFA ORTIZ DE DOMINGUEZ (CUENCA PROPIA), SIN. (EL SABINO)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1949	56.27	5.15	0.57	0.00	0.00	0.00	19.42	15.80	27.06	5.13	0.03	1.89	131.32
1950	1.38	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	22.26	17.60	4.28	0.82	0.00	0.00	46.39
1951	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.87	16.67	5.82	0.02	0.00	0.04	30.42
1952	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.03	56.69	2.31	0.49	0.00	0.00	75.52
1953	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.31	10.02	3.41	1.86	0.00	0.00	20.60
1954	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	29.24	34.72	14.57	0.59	0.00	0.00	80.47
1955	17.73	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	161.72	4.38	4.26	0.00	0.00	189.34
1956	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.31	46.64	14.53	6.77	0.20	0.00	0.00	81.45
1957	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.26	14.18	5.97	24.64	0.05	0.00	48.10
1958	0.00	0.48	3.14	0.00	0.00	0.57	52.41	60.94	3.32	5.30	0.69	0.02	126.87
1959	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.29	63.36	6.07	48.05	1.37	9.93	169.07
1960	7.86	2.77	0.60	0.00	0.00	0.00	16.36	15.63	6.69	3.19	0.00	1.18	54.28
1961	12.99	1.84	0.02	0.00	0.00	5.14	18.57	21.24	4.25	4.84	6.02	0.13	75.04
1962	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.20	8.81	14.16	2.03	0.28	0.00	29.48
1963	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.91	103.12	9.14	1.75	0.14	0.44	127.50
1964	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.47	24.02	9.04	0.47	0.00	0.00	35.00
1965	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.20	44.78	21.25	1.42	0.00	3.26	73.91
1966	0.38	0.58	0.01	0.00	0.00	0.26	6.25	116.38	22.24	3.30	0.03	0.00	149.43
1967	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	15.02	10.60	15.33	47.56	88.96
1968	2.64	8.49	19.62	5.06	9.92	11.68	29.55	47.88	17.41	0.46	6.41	9.81	168.93
1969	2.32	12.62	3.07	4.76	12.77	11.15	18.6	40.95	12.06	1.96	0.41	2.28	122.95
1970	1.30	1.48	0.96	17.12	6.24	2.63	44.21	63.30	18.02	3.91	17.93	11.25	188.35
1971	7.00	23.02	3.86	6.61	16.53	5.53	7.58	227.31	13.86	14.35	5.58	5.29	336.52
1972	8.20	6.82	5.43	7.83	8.15	7.74	16.73	9.04	12.14	11.20	11.82	5.93	111.03
1973	13.80	10.83	3.68	2.67	9.26	5.72	14.19	53.45	15.01	4.88	3.69	10.07	147.25
1974	20.81	0.00	29.13	0.00	0.00	0.00	4.89	20.37	30.23	0.00	57.11	0.44	162.98
1975	0.73	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	7.53	19.00	0.09	0.00	0.00	1.25	28.96
1976	0.00	0.47	0.83	0.00	0.00	0.00	5.31	21.18	0.00	26.18	0.00	0.00	53.97
1977	0.72	0.00	0.61	0.00	2.42	0.00	2.70	20.97	0.00	11.02	0.00	0.00	38.44
1978	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.74	19.29	3.27	21.95	0.00	0.31	50.56

JOSEFA ORTIZ DE DOMINGUEZ (CUENCA PROPIA), SIN. (EL SABINO)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1979	0.00	0.96	0.00	0.00	8.12	0.00	2.46	15.21	2.40	0.00	0.00	2.22	31.37
1980	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.38	141.75	0.00	0.00	5.39	0.00	163.52
1981	0.33	0.00	0.00	4.07	9.34	6.87	8.02	0.00	41.46	79.18	0.00	5.39	154.66
1982	3.93	2.37	0.00	0.00	0.00	5.30	15.90	17.72	14.63	16.77	0.00	0.00	76.62
1983	0.00	11.05	14.05	0.00	3.57	0.00	17.04	4.35	35.60	8.92	1.5	3.02	99.10
1984	6.6	5.4	0	0	4.7	33.3	148.7	116.5	39.8	0.00	4.40	41.20	400.60
1985	28.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.78	3.00	4.40	1.60	3.40	66.18
1986	0.00	0.00	10.70	0.70	3.00	0.40	37.50	15.20	76.70	8.60	0.00	0.00	152.80
1987	7.08	13.52	0.00	1.70	1.00	2.20	12.80	42.60	0.00	0.00	0.40	1.28	82.58
1988	1.10	0.40	1.20	0.00	0.10	0.20	48.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.20	58.20
1989	4.05	3.70	0.00	0.00	2.47	2.24	17.03	36.62	0.00	0.00	3.00	16.07	85.18
1990	0.00	0.00	10.30	0.00	9.90	12.10	54.80	0.00	11.10	0.00	3.60	57.10	158.90
1991	14.38	7.12	0.00	0.00	3.50	0.00	0.86	0.00	32.04	4.80	6.30	17.30	86.30
1992	35.60	36.50	14.50	4.00	0.00	0.00	4.26	0.00	0.00	2.22	2.52	0.00	99.60
1993	7.02	0.00	0.00	3.10	4.49	3.20	10.36	14.23	0.00	0.00	0.00	0.00	42.40
1994	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.47	0.00	2.41	5.95	16.83
1995	0.00	0.00	0.00	2.11	2.08	0.00	15.16	30.96	132.49	5.61	5.43	5.96	199.80
1996	4.32	0.00	6.55	4.34	0.14	0.67	14.50	30.48	132.16	0.00	0.00	0.00	193.16
1997	13.69	10.04	23.84	7.40	5.67	6.15	5.06	13.63	17.40	13.09	8.44	20.08	144.49
1998	0.00	10.00	14.15	5.52	1.90	0.94	2.61	36.45	183.65	6.81	7.18	6.07	275.28
1999	0.00	11.01	6.91	3.39	0.19	6.50	9.42	9.40	63.31	29.40	0.00	0.81	140.34
2000	6.61	16.38	11.74	5.04	0.32	0.44	1.93	26.52	22.40	12.92	0.00	5.28	109.58
2001	0.00	9.32	14.30	4.23	1.75	1.91	30.67	35.75	0.00	14.14	44.07	19.81	175.95
2002	14.99	8.43	3.62	8.14	3.18	1.13	7.12	17.78	4.78	0.00	0.00	0.00	69.17
2003	5.08	3.81	6.60	2.41	1.04	1.77	1.30	39.05	3.06	0.00	0.00	0.00	64.12
2004	0.4	3.88	2.96	1.82	3.52	1.79	10.45	25.59	6.27	4.68	0.95	5.54	67.85
2005	10.76	15.59	4.50	11.40	0.00	2.60	5.32	7.90	0.00	0.00	0.00	3.70	61.77
2006	0.00	0.00	0.00	4.58	1.85	2.92	9.01	19.69	10.67	3.43	0.00	4.71	56.86
2007	9.02	0.00	2.74	11.18	3.28	0.00	8.03	17.60	70.51	34.66	0.00	1.27	158.29
2008	16.15	0.00	0.00	0.00	0.00	1.51	48.03	14.39	76.37	0.00	0.00	0.00	156.45

JOSEFA ORTIZ DE DOMINGUEZ (CUENCA PROPIA), SIN. (EL SABINO)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2009	0.00	0.00	0.00	4.00	2.06	2.32	0.00	0.00	0.38	44.52	1.75	0.00	55.03
2010	0.00	0.00	8.34	7.31	1.19	1.65	5.43	4.26	0.00	0.00	0.00	9.05	37.23
2011	6.20	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	28.69	0.00	0.00	0.00	0.00	35.19
2012	2.13	2.36	1.97	2.45	2.75	1.40	1.85	8.68	16.93	0.00	0.00	0.82	41.34
2013	3.55	4.09	2.65	1.63	1.96	1.98	2.98	1.79	17.70	0.00	0.00	0.00	38.33
2014	0.00	3.68	4.14	5.56	3.04	3.07	19.18	45.72	17.83	0.00	2.53	1.21	105.96
2015	2.68	5.33	6.41	1.46	0.74	1.34	8.39	8.77	0.00	1.44	9.31	2.20	48.07

HUITES (LUIS DONALDO COLOSIO), SIN. (BOLETINES)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1949	4733.74	354.03	87.62	49.04	26.55	56.61	1011.37	943.00	934.37	358.44	66.92	200.54	8822.23
1950	751.10	229.74	53.14	26.30	18.46	124.12	1153.42	478.61	357.25	137.67	33.92	27.91	3391.64
1951	43.25	29.33	24.13	17.53	11.52	18.73	327.69	528.27	173.20	33.47	28.27	168.09	1403.48
1952	45.65	21.74	113.54	21.20	12.22	121.24	1045.57	758.27	132.04	37.94	68.75	138.53	2516.69
1953	66.24	22.80	31.03	13.47	8.67	19.81	642.82	841.60	345.74	42.08	32.59	25.85	2092.70
1954	152.40	32.96	19.80	13.80	10.27	71.23	562.22	1239.59	517.55	372.05	42.59	29.12	3063.58
1955	923.89	52.44	34.00	17.60	11.56	13.75	368.32	1594.23	558.46	361.91	41.63	39.21	4017.00
1956	64.53	34.84	18.52	11.75	15.83	144.46	531.31	690.51	317.57	45.71	22.38	25.50	1922.91
1957	53.77	43.64	66.46	18.09	9.40	13.08	299.00	500.07	357.58	139.77	33.21	99.75	1633.82
1958	68.93	80.12	305.83	34.18	38.39	194.02	422.74	1028.84	1288.53	532.97	127.31	78.33	4200.19
1959	39.16	201.87	36.33	20.95	9.23	34.29	571.66	1520.95	317.54	419.16	61.30	327.31	3559.75
1960	2897.08	148.47	54.34	24.98	12.55	13.02	595.75	1000.90	570.08	89.36	49.18	159.38	5615.09
1961	794.64	104.08	41.82	24.26	12.20	102.48	758.87	787.61	933.94	380.70	390.92	82.56	4414.08
1962	190.51	84.60	43.64	21.61	16.49	18.08	553.00	299.85	816.26	536.14	46.54	52.80	2679.52
1963	53.04	54.27	23.50	12.62	10.39	23.30	566.94	1465.13	772.80	176.70	55.30	1006.06	4220.05
1964	87.51	46.53	45.54	26.65	29.05	73.72	475.65	1255.01	1010.96	121.33	40.50	113.62	3326.07
1965	52.05	132.84	58.83	17.90	9.39	17.76	395.55	544.28	961.75	96.26	38.36	501.33	2826.30
1966	159.07	289.28	72.25	29.92	17.72	142.86	959.97	3131.96	922.86	174.40	55.50	36.07	5991.86
1967	34.49	27.45	23.16	17.86	12.28	130.27	1101.83	1287.68	462.95	127.04	66.24	677.43	3968.68
1968	333.51	765.59	670.63	156.24	62.62	63.12	1564.62	1726.88	905.83	154.69	192.50	129.40	6725.63
1969	95.77	248.61	59.64	25.63	18.76	17.47	1072.77	421.81	303.72	103.02	45.13	186.99	2599.32
1970	108.95	47.87	105.38	49.76	17.68	11.16	422.96	1257.86	923.91	203.12	53.71	50.13	3252.49
1971	41.83	19.20	18.32	10.90	8.46	150.70	825.83	1410.64	354.99	1180.45	297.50	175.25	4494.07
1972	284.64	43.94	32.33	19.87	23.50	243.70	758.38	1114.07	1364.83	666.31	794.02	201.13	5546.72
1973	757.33	1299.24	446.16	141.78	52.37	76.17	659.75	1607.75	953.69	85.06	22.49	15.36	6117.15
1974	57.66	10.60	11.50	8.79	7.68	12.04	827.88	1224.86	1405.34	438.49	800.67	212.56	5018.07
1975	121.09	205.82	35.75	29.30	24.51	28.18	839.44	1141.46	1180.75	72.57	25.19	36.23	3740.29
1976	31.32	42.72	23.89	20.89	20.41	51.46	793.68	591.29	1028.68	946.23	308.73	114.75	3974.05
1977	101.45	94.36	39.60	37.33	15.16	94.07	850.02	1010.26	636.17	165.83	44.01	25.51	3113.77
1978	33.34	54.75	81.20	22.65	12.07	24.22	394.96	1195.90	2046.66	746.63	135.30	250.92	4998.60

HUITES (LUIS DONALDO COLOSIO), SIN. (BOLETINES)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1979	1388.91	1591.12	155.33	52.32	121.28	36.17	489.37	1065.53	223.07	37.89	21.47	29.50	5211.96
1980	24.33	22.93	20.94	14.54	8.25	39.87	348.77	1034.05	1442.52	424.70	77.80	182.18	3640.88
1981	754.69	88.87	606.15	72.81	38.40	54.87	723.62	1297.70	1687.17	1164.25	87.71	35.91	6612.15
1982	100.56	31.64	19.78	15.58	13.39	9.05	431.37	535.73	391.14	351.33	263.70	782.78	2946.05
1983	445.57	691.96	1752.51	179.59	41.42	38.92	214.27	789.35	586.73	413.60	290.75	407.15	5851.82
1984	78.97	109.94	23.58	17.94	29.07	639.18	1547.59	1682.03	578.15	280.86	80.32	1706.46	6774.09
1985	1684.19	410.36	112.61	137.08	39.55	166.50	491.84	1036.34	574.47	315.71	95.35	78.62	5142.62
1986	39.07	63.86	40.18	25.77	34.29	107.65	1426.04	1318.97	1037.99	385.47	138.65	259.31	4877.25
1987	142.03	101.63	67.40	27.34	25.32	23.38	378.76	1153.77	225.39	61.34	23.28	185.26	2414.90
1988	51.36	28.90	24.30	15.54	11.79	58.74	1726.08	2285.78	557.78	108.99	33.71	60.36	4963.33
1989	291.79	558.23	58.63	29.76	13.13	18.54	255.72	1642.30	1531.84	92.87	71.28	286.61	4850.70
1990	157.76	158.94	104.92	25.52	15.26	74.89	1011.68	1022.55	861.52	765.46	110.66	2714.31	7023.47
1991	1510.83	279.98	204.37	35.66	26.56	18.00	1026.98	1900.40	1728.78	254.64	197.62	1046.68	8230.50
1992	1416.34	962.05	312.63	192.79	154.34	40.31	337.35	1032.72	594.79	59.13	38.59	61.10	5202.14
1993	206.43	120.98	339.15	38.28	21.98	48.31	705.86	848.59	1547.87	317.54	435.30	182.72	4813.01
1994	103.07	107.49	91.09	101.65	64.00	224.70	498.74	710.23	600.58	119.17	522.71	671.81	3815.24
1995	392.99	402.60	143.55	16.36	9.14	36.06	488.81	473.44	655.54	50.74	27.83	138.30	2835.36
1996	40.48	54.56	104.60	9.31	7.29	57.17	569.01	1867.44	1666.36	124.38	116.27	81.96	4698.83
1997	63.60	31.86	29.25	174.66	84.57	86.48	568.25	919.05	501.07	66.86	215.48	602.87	3344.00
1998	102.42	76.63	49.91	22.59	33.37	23.74	323.54	923.46	462.53	146.55	34.19	50.08	2249.01
1999	38.64	44.02	14.08	11.86	6.31	143.18	1138.69	1235.74	637.49	115.16	87.16	52.81	3525.14
2000	55.69	57.67	91.83	17.35	39.22	226.24	865.92	470.08	265.50	1232.58	877.40	102.68	4302.16
2001	81.50	210.85	68.13	73.24	84.43	136.23	1069.97	841.86	349.03	172.48	74.28	78.90	3240.90
2002	57.90	115.50	43.38	42.61	57.12	101.42	408.13	812.02	242.34	89.15	66.36	99.58	2135.51
2003	67.52	179.14	65.58	63.85	22.93	54.81	312.59	519.87	617.32	172.29	75.26	71.73	2222.89
2004	172.94	127.64	134.55	73.88	22.73	53.89	668.76	864.87	479.71	866.51	818.60	905.07	5189.15
2005	270.01	1420.11	119.95	98.13	94.26	74.87	377.44	1350.96	503.09	128.30	61.72	80.50	4579.34
2006	45.57	42.04	49.44	34.93	67.39	166.21	769.01	1320.45	1202.30	240.53	86.89	84.47	4109.23
2007	1185.81	170.58	60.90	45.24	57.35	56.50	644.93	884.79	670.82	308.29	71.04	556.16	4712.41
2008	148.63	117.16	62.97	55.14	42.68	88.76	1364.93	1870.53	1596.87	279.44	80.10	50.05	5757.26

HUITES (LUIS DONALDO COLOSIO), SIN. (BOLETINES)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2009	48.67	78.33	40.88	60.22	54.56	154.38	531.64	1426.91	636.42	978.08	79.60	62.72	4152.41
2010	204.07	204.21	51.81	30.20	82.90	140.77	1043.70	1191.67	1055.09	169.13	67.20	56.59	4297.34
2011	102.76	66.42	25.72	66.29	34.83	72.01	433.20	560.12	159.31	59.04	72.19	56.70	1708.59
2012	59.38	27.65	31.46	67.78	3.52	17.80	788.15	800.10	847.88	138.59	85.52	91.81	2959.64
2013	133.09	52.25	56.61	37.41	21.17	103.40	919.39	751.68	801.30	146.28	358.66	980.72	4361.96
2014	116.60	39.75	81.37	60.72	50.40	98.54	692.37	1936.61	1858.09	194.08	146.36	69.28	5344.17
2015	81.97	265.67	289.90	82.46	63.47	197.01	1343.18	997.79	700.14	195.24	275.05	112.79	4604.67

MIGUEL HIDALGO, SIN. (CUENCA PROPIA) BOLETINES													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1949	1618.58	279.34	146.74	74.40	50.81	59.75	285.17	347.99	322.13	194.03	11.71	47.89	3438.54
1950	195.72	35.03	6.47	2.33	0.00	27.57	460.29	225.17	128.90	45.47	2.98	1.13	1131.06
1951	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	149.63	239.70	78.69	7.34	5.54	60.16	541.98
1952	5.82	2.07	22.49	1.28	0.61	28.63	504.84	430.12	92.05	19.95	11.30	70.11	1189.27
1953	13.03	2.37	1.82	0.60	0.10	0.00	302.05	325.62	131.91	7.44	4.50	2.66	792.10
1954	31.19	1.93	0.01	0.00	0.00	32.38	440.62	758.20	389.32	224.92	7.41	3.12	1889.10
1955	642.12	39.43	8.56	2.45	2.95	5.25	74.28	470.77	257.54	98.09	114.67	118.19	1834.30
1956	68.57	60.73	22.34	10.65	38.64	79.14	74.99	56.89	70.43	59.09	71.06	79.90	692.43
1957	87.53	72.86	79.54	75.23	92.80	96.42	61.40	79.73	64.32	57.63	48.82	55.65	871.93
1958	55.47	50.38	19.17	51.43	84.91	57.48	93.86	203.16	544.47	141.73	68.79	103.17	1474.02
1959	36.80	44.93	42.02	38.64	42.67	65.61	151.74	786.05	204.56	140.14	42.40	176.29	1771.85
1960	809.92	35.33	30.94	38.03	63.47	63.93	85.05	90.10	195.92	55.34	43.44	24.22	1535.69
1961	63.46	42.02	33.46	36.96	86.77	97.12	116.33	166.89	216.06	1.45	121.08	67.84	1049.44
1962	67.99	38.60	33.08	70.17	0.73	62.11	90.90	136.75	118.54	131.66	66.56	34.51	851.60
1963	51.86	40.57	68.72	47.89	85.33	1.10	221.86	222.87	372.20	100.20	17.45	257.94	1487.99
1964	120.29	34.36	10.48	15.42	32.89	41.68	74.85	115.99	105.04	30.07	25.45	115.78	722.30
1965	33.32	30.56	32.84	29.57	52.94	62.24	40.55	93.12	83.25	8.94	16.87	25.87	510.07
1966	7.83	7.52	19.61	38.36	75.32	109.14	52.03	224.04	165.14	0.08	26.22	134.73	860.02
1967	33.20	52.05	42.26	40.43	164.42	71.33	167.17	62.32	56.45	58.86	80.06	441.57	1270.12
1968	10.59	22.41	20.87	17.86	41.28	30.49	158.38	217.12	105.17	23.31	15.50	36.70	699.68
1969	17.33	6.79	1.20	33.43	52.02	37.61	142.23	59.89	63.88	41.68	39.87	5.71	501.64
1970	3.55	2.30	2.62	9.08	57.49	48.52	97.24	81.14	71.79	52.98	26.64	11.08	464.43
1971	2.76	13.94	19.77	25.74	39.92	32.20	87.77	151.36	40.91	118.55	109.50	5.35	647.77
1972	26.86	33.17	49.32	25.90	20.19	10.10	42.82	74.93	61.17	30.49	82.28	26.37	483.60
1973	27.67	88.76	5.64	2.32	56.33	48.23	33.55	149.25	116.31	34.14	39.77	37.43	639.40
1974	15.59	18.05	9.60	0.40	0.41	2.30	56.76	86.29	110.22	22.18	81.58	11.45	414.83
1975	6.58	4.44	1.83	0.88	0.26	0.72	110.06	80.43	73.71	6.87	2.98	2.27	291.03
1976	1.75	1.75	0.54	0.30	0.32	16.18	88.93	148.72	114.25	127.60	16.29	5.13	521.76
1977	23.42	19.54	26.90	54.91	71.66	49.63	0.00	72.97	37.35	48.61	50.33	50.73	506.05
1978	39.91	20.73	30.38	33.68	35.63	22.98	40.95	0.00	0.00	0.00	5.58	0.00	229.84

MIGUEL HIDALGO, SIN. (CUENCA PROPIA) BOLETINES													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1979	0.00	0.00	0.00	44.14	17.94	67.97	0.00	37.71	127.79	54.74	22.54	55.77	428.60
1980	45.59	44.25	41.50	28.77	53.59	28.93	14.19	49.32	0.00	0.00	26.70	78.95	411.79
1981	0.00	25.94	28.25	40.55	71.83	77.36	89.86	11.05	124.29	203.16	104.91	73.23	850.43
1982	34.52	47.78	87.73	101.17	88.52	71.34	67.86	28.52	101.02	0.00	0.00	0.00	628.46
1983	12.83	0.00	189.65	103.35	105.21	80.31	82.13	88.31	155.43	10.67	15.81	81.25	924.95
1984	54.75	29.20	107.64	75.79	73.73	68.69	36.31	386.30	141.15	102.32	57.26	138.28	1271.42
1985	361.30	162.64	116.82	32.93	106.92	63.80	82.81	114.06	60.78	1.33	13.97	25.18	1142.54
1986	84.50	78.86	23.94	20.03	0.00	0.00	146.90	87.93	204.96	64.53	0.00	82.58	794.23
1987	0.00	0.00	62.20	41.67	35.70	29.22	48.18	1.60	0.00	0.00	0.34	12.94	231.85
1988	23.64	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.82	82.59	58.31	8.47	37.16	218.02
1989	0.00	0.00	65.80	22.62	18.87	1.92	0.00	22.50	0.00	86.22	30.28	26.30	274.51
1990	23.14	74.35	48.97	54.44	6.64	20.11	93.26	0.00	19.58	0.00	15.44	0.00	355.93
1991	0.00	0.00	22.49	34.42	15.51	49.90	135.43	73.54	630.22	0.00	43.18	336.12	1340.81
1992	345.45	139.39	51.49	0.00	0.00	10.74	109.06	47.66	0.00	18.89	30.91	93.16	846.75
1993	82.24	62.47	4.26	8.42	13.51	0.00	53.18	50.83	112.43	54.88	0.00	0.00	442.22
1994	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.73	105.66	0.40	21.14	15.04	21.77	177.74
1995	228.30	376.93	107.81	29.52	23.81	24.63	64.95	98.49	122.90	32.88	21.38	0.00	1131.60
1996	0.00	0.00	16.59	2.52	1.11	22.03	26.73	0.00	200.80	16.03	40.74	36.57	363.12
1997	15.88	34.71	47.01	23.54	2.67	4.46	64.31	56.12	42.19	55.21	76.23	49.74	472.07
1998	43.06	40.75	32.96	11.53	4.29	0.04	25.78	43.54	110.56	0.00	8.74	0.00	321.25
1999	75.89	0.00	27.48	8.08	3.19	0.00	109.50	0.00	25.28	12.42	36.49	17.92	316.25
2000	17.43	4.76	0.00	0.00	0.00	30.32	3.02	37.23	0.00	108.02	68.24	15.96	284.98
2001	28.79	25.32	6.93	6.30	21.91	37.14	40.87	0.00	0.00	10.49	0.00	21.19	198.94
2002	38.15	11.04	34.66	17.21	6.03	0.00	24.54	86.25	6.07	22.37	28.08	25.85	300.25
2003	17.39	7.50	0.00	0.99	1.21	13.31	44.47	89.42	48.80	0.00	29.09	27.87	280.05
2004	28.15	20.69	8.86	0.00	0.36	2.69	106.09	140.76	166.27	110.07	102.36	76.50	762.80
2005	58.53	137.46	0.00	0.00	2.41	5.10	4.94	10.80	0.00	0.00	27.33	0.00	246.57
2006	11.50	37.67	23.55	26.72	7.10	10.01	31.82	131.75	189.32	16.88	28.49	0.00	514.81
2007	0.00	15.06	28.35	18.85	16.20	8.67	41.01	52.32	42.51	24.09	68.37	0.00	315.43
2008	21.63	2.72	44.38	11.18	41.30	0.00	116.14	46.44	992.63	33.95	0.00	13.57	1323.94

MIGUEL HIDALGO, SIN. (CUENCA PROPIA) BOLETINES													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2009	14.90	11.85	0.00	0.00	0.00	0.00	63.75	49.24	0.00	119.41	0.00	0.83	259.98
2010	12.16	7.05	40.46	7.64	7.08	18.42	9.60	35.97	27.06	0.00	19.14	0.00	184.58
2011	0.00	21.67	19.45	38.01	75.87	10.84	19.68	57.26	0.00	22.49	15.44	2.82	283.53
2012	7.30	0.00	0.00	16.57	9.03	8.35	103.15	91.47	0.00	2.46	4.06	8.75	251.14
2013	8.74	0.00	36.22	0.00	1.17	0.00	57.14	34.71	74.34	0.00	7.79	5.66	225.77
2014	0.00	8.43	0.00	47.43	24.23	31.86	69.15	99.35	0.00	7.78	26.16	0.00	314.39
2015	26.96	14.03	34.68	54.34	9.47	0.00	0.00	48.42	119.05	7.20	31.73	0.00	345.88

ANEXO B

Registro histórico de Evaporaciones netas Hm³

HUITES (LUIS DONALDO COLOSIO), SIN.													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1949	-336.30	76.10	128.00	175.30	215.10	162.50	-256.20	-62.80	-52.20	60.30	152.30	31.80	293.90
1950	14.40	84.70	152.50	199.80	208.70	133.10	-129.00	-3.70	85.70	40.20	116.10	99.60	1002.10
1951	75.90	102.60	143.90	184.00	224.20	210.90	-17.20	-82.00	34.80	74.30	91.70	-7.10	1036.00
1952	96.70	99.20	105.20	140.40	229.70	173.30	-91.70	-43.00	59.80	145.80	35.80	64.20	1015.40
1953	140.00	84.90	159.50	181.80	221.10	227.50	-98.50	-73.40	160.60	146.50	122.00	99.70	1371.70
1954	49.30	116.10	144.50	204.30	216.90	135.90	-94.00	-40.90	44.60	93.00	143.50	133.00	1146.20
1955	-175.50	96.80	150.00	176.70	204.20	165.40	-35.10	-72.50	-61.60	93.00	82.90	103.00	727.30
1956	60.20	99.00	168.90	176.10	221.70	3.70	22.40	6.60	-51.70	127.00	112.90	92.90	1039.70
1957	56.70	105.70	72.20	169.10	189.50	132.50	29.10	-72.60	46.40	58.80	65.10	45.10	897.60
1958	38.70	37.00	55.50	187.10	214.30	110.00	-95.50	-239.40	-42.90	2.40	38.60	99.70	405.50
1959	97.90	61.60	164.20	159.00	220.40	105.70	-169.40	-121.60	57.90	-82.20	92.90	-73.40	513.00
1960	-98.60	88.10	150.90	192.90	231.10	211.50	40.20	-2.70	86.80	-22.60	85.60	32.50	995.70
1961	-50.50	117.30	147.00	185.60	240.10	61.10	-103.50	17.90	-4.20	19.20	62.60	70.00	762.60
1962	28.00	85.30	117.90	156.50	223.00	177.80	62.40	42.80	17.70	82.60	139.60	78.20	1211.80
1963	87.50	86.70	154.60	181.00	220.90	179.70	-182.40	-209.60	112.40	36.10	95.80	34.10	796.80
1964	89.70	112.70	105.00	179.50	216.90	162.00	-35.30	-40.90	-28.80	139.80	127.10	53.30	1081.00
1965	112.60	31.00	136.70	191.90	237.90	144.80	-10.40	-98.70	55.00	163.80	116.60	-39.00	1042.20
1966	87.40	50.20	138.60	180.70	236.80	152.60	55.20	-133.90	-3.20	140.60	126.80	103.30	1135.10
1967	122.20	111.40	153.80	180.70	246.10	119.10	-18.10	7.20	42.20	66.00	119.00	-18.70	1130.90
1968	58.60	38.90	42.00	120.40	233.90	196.60	-91.60	-118.60	36.20	135.60	56.30	82.40	790.70
1969	77.70	42.60	146.30	201.70	228.10	216.70	-99.70	3.90	57.80	45.40	98.10	25.40	1044.00
1970	104.90	119.90	136.00	194.10	263.90	185.00	-217.30	-42.70	-45.80	121.00	105.00	79.20	1003.20
1971	105.20	107.50	161.40	160.20	236.70	179.90	-23.20	-112.80	-2.70	-131.20	67.50	45.20	793.70
1972	43.00	100.30	143.90	196.40	47.70	111.20	-3.50	-424.80	-83.10	-81.10	37.40	78.40	165.80
1973	39.50	30.50	121.70	181.80	232.80	166.30	48.90	-40.50	7.90	157.50	129.20	132.50	1208.10
1974	60.40	147.40	153.00	225.80	231.90	246.30	-145.60	-204.70	0.70	110.30	-37.90	29.90	817.50
1975	67.40	94.60	140.30	164.40	220.40	223.40	-73.80	-19.60	-29.40	138.70	115.90	108.10	1150.40
1976	129.50	82.80	167.00	169.30	199.10	102.70	-18.40	-91.50	-130.50	-35.20	58.50	89.20	722.50
1977	59.60	137.10	153.60	201.70	222.70	183.40	37.20	-81.90	120.60	91.40	120.40	110.40	1356.20
1978	101.50	68.60	147.20	177.70	235.80	191.70	-155.40	-32.10	-14.40	-47.60	74.30	-93.40	653.90

HUITES (LUIS DONALDO COLOSIO), SIN.													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1979	-56.50	49.80	117.00	160.30	150.60	188.00	21.10	75.50	52.50	146.00	122.40	108.30	1135.00
1980	109.50	113.30	135.40	209.70	222.70	203.80	79.90	-209.20	-27.90	41.10	102.10	70.10	1050.50
1981	3.20	90.10	90.90	168.30	187.70	100.90	-175.30	-73.70	-75.80	20.40	102.20	106.80	545.70
1982	80.00	109.90	153.10	193.80	204.20	211.40	-23.80	55.70	17.90	126.60	4.90	-66.10	1067.60
1983	26.50	43.50	-57.60	127.40	175.40	199.20	-92.00	-120.10	-235.40	-4.80	48.10	62.00	172.20
1984	-34.80	95.90	140.10	161.30	154.80	-59.40	-131.60	-81.00	-102.30	10.70	61.20	-157.10	57.80
1985	-76.90	82.10	64.80	135.50	165.10	37.10	-142.70	-81.10	-102.30	10.70	61.20	-157.10	-3.60
1986	102.60	88.40	143.40	89.10	154.50	97.60	-105.40	-92.40	-66.70	5.60	67.90	17.30	501.90
1987	45.80	42.20	128.00	166.70	192.60	152.50	-190.40	-90.80	-8.80	101.70	90.80	30.30	660.60
1988	78.00	106.00	150.00	173.40	210.90	201.00	-82.10	-155.10	16.00	57.80	82.10	44.30	882.30
1989	34.90	15.30	116.50	181.90	193.60	148.10	-94.40	-183.20	36.70	99.70	45.30	-3.10	591.30
1990	57.80	34.60	84.40	163.60	190.80	122.90	-148.80	37.00	12.50	78.10	34.60	-122.50	545.00
1991	45.80	42.20	128.00	166.70	192.60	152.50	-190.40	-90.80	-8.80	101.70	90.80	30.30	660.60
1992	78.00	106.00	150.00	173.40	210.90	201.00	-82.10	-155.10	16.00	57.80	82.10	44.30	882.30
1993	34.90	15.30	116.50	181.90	193.60	148.10	-94.40	-183.20	36.70	99.70	45.30	-3.10	591.30
1994	57.80	34.60	84.40	163.60	190.80	122.90	-148.80	37.00	12.50	78.10	34.60	-122.50	545.00
1995	57.80	34.60	84.40	171.60	177.80	122.90	78.90	6.20	-53.70	110.80	79.20	71.50	942.00
1996	80.80	89.10	104.60	154.00	219.30	84.20	-81.50	-202.80	-106.60	97.00	9.30	30.50	477.90
1997	34.50	61.10	118.50	245.50	180.00	151.10	-94.50	32.50	10.50	52.00	-19.60	-45.30	726.30
1998	37.11	6.89	96.13	155.42	192.23	155.48	-45.98	-70.62	-56.92	104.81	49.80	51.54	675.90
1999	62.97	92.66	135.77	161.66	190.09	113.80	-63.47	25.26	39.26	55.18	77.00	66.64	956.80
2000	96.52	110.38	142.68	160.41	224.12	-48.32	55.68	-30.87	-54.96	-16.68	-42.69	51.09	647.40
2001	20.01	42.38	88.08	145.74	219.42	107.11	-156.84	6.03	-49.55	3.12	75.96	55.81	557.30
2002	54.91	30.28	123.07	155.39	228.80	219.71	85.98	-63.04	-25.80	86.62	104.82	31.74	1032.50
2003	88.85	4.22	99.44	130.49	222.11	219.71	-4.01	-63.04	-25.80	105.39	95.26	77.90	950.50
2004	-27.83	34.93	85.89	86.39	223.69	110.38	-95.34	-58.43	-27.91	-6.05	32.24	34.88	392.80
2005	7.58	-89.65	81.90	129.67	163.90	184.77	-34.49	-9.87	74.51	96.61	67.74	67.90	740.57
2006	85.98	92.27	128.16	187.22	133.06	29.17	-108.99	-49.76	-108.60	51.01	74.14	67.90	581.56
2007	85.98	92.27	128.16	187.22	133.06	29.17	-108.99	-10.23	-108.60	101.35	46.37	-64.54	511.22
2008	51.16	68.99	122.05	187.22	194.56	190.93	-108.99	5.98	-108.60	101.35	46.37	-64.54	686.48

HUITES (LUIS DONALDO COLOSIO), SIN.													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2009	51.16	68.99	89.78	122.20	192.50	190.93	28.11	102.17	-73.95	-108.30	80.60	49.28	793.47
2010	49.95	57.84	87.44	133.55	210.39	208.76	193.92	118.97	-10.21	94.40	86.17	55.12	1286.30
2011	48.22	79.67	129.68	133.55	210.39	208.76	41.42	-55.62	56.20	112.50	41.21	26.74	1032.72
2012	65.89	85.66	146.90	142.51	220.11	120.57	-106.48	-128.89	-10.43	79.17	61.52	6.59	683.12
2013	55.17	82.01	150.96	154.37	213.81	191.76	-68.29	-10.86	-5.03	42.95	-48.72	-24.86	733.27
2014	48.48	78.89	74.98	155.50	196.47	53.25	-78.13	-25.57	-158.74	80.05	13.72	47.30	486.20
2015	31.90	1.81	95.95	107.22	163.20	130.32	-290.96	-242.00	-78.69	3.48	-4.82	27.02	-55.57

MIGUEL HIDALGO, SIN.													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1949	-154.88	64.61	140.70	189.91	224.28	223.03	117.44	48.37	60.04	131.04	111.51	48.27	1204.30
1950	58.41	103.25	158.27	205.94	227.50	232.95	21.37	107.40	106.91	58.20	103.18	82.45	1465.80
1951	70.86	100.36	141.78	183.49	222.18	229.08	98.56	-18.62	40.33	63.88	71.93	-15.04	1188.80
1952	70.63	86.84	111.58	146.24	233.45	220.56	-42.24	-21.53	57.47	128.47	69.16	58.60	1119.20
1953	112.70	113.25	158.06	184.31	220.36	248.85	-56.41	22.69	131.13	-0.51	92.60	78.13	1305.20
1954	40.37	104.30	140.63	205.38	220.36	131.88	-58.18	-51.35	13.66	96.37	106.33	89.39	1039.10
1955	-113.19	78.13	148.90	182.84	217.42	244.72	72.40	-212.36	93.16	89.17	99.49	97.72	998.40
1956	66.03	109.06	176.26	195.23	260.05	-9.37	-0.95	111.51	18.05	140.60	118.79	88.52	1273.80
1957	66.55	115.43	121.59	202.93	231.63	237.11	89.65	57.78	83.06	97.52	102.27	49.20	1454.70
1958	76.64	37.14	82.10	189.49	227.85	114.06	20.85	-86.57	-48.59	56.44	59.06	68.58	797.00
1959	82.18	76.97	157.85	160.10	223.15	86.29	-82.06	-48.55	97.72	-28.53	72.51	-38.44	759.20
1960	-61.34	80.52	133.42	167.72	201.32	208.32	-78.38	18.46	64.44	116.81	85.76	22.05	959.10
1961	25.01	90.16	143.92	171.38	222.04	114.55	-56.35	54.24	-59.45	73.12	26.99	64.09	869.70
1962	36.84	83.72	132.19	191.17	224.07	195.12	-60.52	36.71	-5.99	45.81	72.58	32.08	983.80
1963	52.31	76.19	147.07	171.78	219.66	214.79	-64.70	-147.20	26.53	75.28	78.48	10.67	860.90
1964	66.99	91.28	113.38	165.69	215.67	157.07	8.61	27.48	70.50	116.06	100.80	39.19	1172.70
1965	78.92	46.36	131.93	171.15	213.15	210.68	70.71	-48.98	30.70	144.69	85.21	-17.62	1116.90
1966	72.01	46.36	146.93	132.89	209.23	179.00	-53.73	-163.70	-28.03	122.42	109.20	77.63	850.20
1967	96.30	97.16	162.04	179.48	237.01	156.41	-3.22	-103.90	25.32	73.52	93.20	5.60	1018.90
1968	33.33	14.51	64.67	123.00	208.11	209.88	-162.60	-5.32	82.00	133.98	81.19	62.62	845.40
1969	75.59	67.10	161.35	205.38	240.87	230.50	-43.23	49.11	64.73	109.23	108.98	23.90	1293.50
1970	81.90	101.49	142.55	182.35	244.30	243.25	-105.10	8.83	-34.01	119.07	108.57	63.82	1157.00
1971	86.17	82.96	173.32	194.32	236.67	166.44	-96.79	-107.40	80.16	-19.89	58.68	48.03	902.70
1972	26.23	102.27	162.96	197.96	205.40	176.36	47.31	-93.56	60.70	-17.03	26.83	48.58	944.00
1973	27.59	18.61	108.39	157.29	191.59	194.46	-7.14	-189.40	49.07	131.95	91.00	57.73	831.10
1974	26.23	91.07	127.39	181.44	190.54	178.49	-44.49	-61.38	10.19	115.67	-63.23	17.18	769.10
1975	38.38	73.61	124.11	142.52	193.06	198.94	-11.39	-71.48	42.03	115.92	74.07	56.57	976.30
1976	66.60	87.07	125.37	138.23	185.23	97.89	-0.01	-198.80	-36.53	30.32	12.44	51.90	559.70
1977	34.47	93.10	112.76	147.91	175.56	181.29	7.87	-19.39	45.63	73.97	86.09	75.74	1015.00
1978	65.14	48.54	95.38	154.70	190.75	184.64	-12.61	25.74	-44.07	21.18	64.68	-34.37	759.70

MIGUEL HIDALGO, SIN.													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1979	47.69	80.58	135.53	157.28	176.40	185.16	56.76	2.39	9.10	110.03	85.84	50.62	1097.40
1980	71.57	72.54	96.96	161.81	186.66	202.25	7.68	-277.26	61.90	22.06	83.71	45.43	735.30
1981	-88.12	61.96	72.50	128.02	162.93	140.71	-79.42	-34.22	-9.54	30.35	74.40	61.26	520.80
1982	47.02	80.37	124.53	156.70	169.07	190.34	-106.17	-200.22	20.24	91.35	-66.78	-42.89	463.60
1983	22.80	25.61	-15.10	109.81	177.27	162.72	45.47	-66.85	-147.90	31.77	47.34	32.74	425.70
1984	-28.00	73.57	115.30	137.58	178.08	2.69	-91.52	-147.26	-14.12	27.68	58.14	-84.99	227.20
1985	45.79	51.45	71.16	129.06	167.62	157.96	0.83	-34.29	54.11	34.17	56.40	48.66	782.90
1986	48.01	57.67	109.30	130.43	162.74	137.39	-136.70	-24.38	-2.78	17.00	69.79	40.78	609.30
1987	48.70	64.41	112.00	141.62	145.90	205.75	74.40	47.38	57.91	98.77	71.45	54.59	1122.90
1988	68.92	42.97	131.04	150.00	108.17	153.97	-47.20	-104.46	111.84	92.57	84.67	52.94	845.40
1989	35.15	-4.00	93.79	152.50	174.43	139.20	-22.80	-58.30	61.71	80.61	50.87	15.88	719.00
1990	59.71	56.81	81.57	158.42	187.01	154.68	-148.75	32.65	-53.46	13.83	15.32	-3.26	554.50
1991	51.28	57.45	90.76	139.89	170.77	184.24	-80.65	-3.40	-79.70	83.97	-53.81	-31.10	529.70
1992	-140.44	11.94	74.34	139.32	170.64	178.03	59.42	6.57	59.93	74.79	74.92	-3.28	706.20
1993	26.12	37.99	97.54	149.73	181.22	147.53	-146.80	1.98	-81.89	62.79	16.40	-3.28	489.30
1994	58.95	75.67	106.90	155.83	187.75	142.01	111.54	-27.01	69.86	73.82	76.16	-56.74	974.70
1995	61.30	49.43	119.34	161.42	187.90	177.22	-20.34	-64.60	-83.53	134.40	89.75	70.71	883.00
1996	78.34	90.63	141.87	170.75	208.12	216.48	-110.51	-203.02	-56.74	112.70	44.08	56.51	749.20
1997	61.61	71.46	130.87	127.14	171.97	188.01	-41.53	32.32	36.42	93.43	42.85	36.58	951.10
1998	68.10	35.44	121.04	164.06	189.55	209.53	13.39	-65.92	-49.39	81.43	84.39	70.27	921.90
1999	82.08	89.49	132.41	155.14	220.12	50.69	19.80	-57.66	77.93	137.83	215.00	97.12	1220.00
2000	97.27	123.60	165.19	207.00	250.54	68.44	93.94	-2.84	102.07	58.88	55.49	71.46	1291.00
2001	61.57	61.90	105.26	161.07	202.42	180.40	-141.83	9.80	27.63	63.87	89.39	80.28	901.80
2002	76.16	63.15	136.73	154.74	229.93	217.06	51.57	-58.21	-6.73	81.69	88.09	49.94	1084.10
2003	84.29	45.38	121.18	153.39	208.32	175.58	-29.23	41.16	49.57	44.39	85.46	74.10	1053.60
2004	-30.03	30.27	95.87	158.46	220.35	185.27	-148.96	-26.05	-1.47	14.42	50.63	41.69	590.50
2005	18.59	-30.05	108.68	159.55	187.11	194.15	39.99	18.09	113.66	100.77	95.98	66.23	1072.75
2006	70.42	91.73	122.79	173.71	212.14	181.03	-17.31	-84.98	-69.90	46.39	77.51	49.78	853.31
2007	30.44	77.89	131.75	156.42	212.14	169.18	-89.70	-99.47	-89.70	94.33	71.38	-17.32	647.34
2008	51.07	84.44	157.74	183.83	179.51	152.46	-170.47	5.98	-56.58	63.58	70.08	49.20	770.84

MIGUEL HIDALGO, SIN.													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2009	62.82	84.74	112.21	144.01	165.99	157.38	70.57	66.45	30.97	-136.22	58.33	50.98	868.23
2010	43.58	51.44	126.48	147.50	196.62	200.69	45.68	43.31	-81.01	67.77	81.03	67.36	990.45
2011	58.43	91.01	148.37	173.13	195.01	195.76	-64.71	-0.88	95.18	123.36	42.69	56.31	1113.66
2012	78.96	82.25	132.57	165.32	211.65	143.71	-72.97	-10.41	69.25	71.11	82.92	33.70	988.06
2013	66.42	85.18	150.51	165.80	211.34	180.81	-29.97	-11.05	0.32	76.69	17.03	32.57	945.65
2014	80.26	101.28	124.77	188.66	241.14	161.27	-29.94	-127.25	13.55	103.10	-9.83	57.60	904.61
2015	43.09	28.17	69.09	113.00	169.53	139.41	61.19	-18.64	21.29	84.92	46.98	66.95	824.98

JOSEFA ORTIZ DE DOMINGUEZ, SIN. (EL SABINO)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1949	186.00	-91.00	154.00	208.00	247.00	237.00	42.00	54.00	-30.00	83.00	123.00	-25.00	1188.00
1950	44.00	113.00	174.00	227.00	250.00	220.00	-42.00	-29.00	86.00	97.00	114.00	85.00	1339.00
1951	93.00	122.00	164.00	203.00	250.00	247.00	32.00	64.00	113.00	54.00	104.00	23.00	1469.00
1952	111.00	97.00	139.00	141.00	262.00	258.00	41.00	-47.00	107.00	136.00	72.00	58.00	1375.00
1953	105.00	118.00	164.00	208.00	250.00	294.00	69.00	38.00	147.00	89.00	92.00	85.00	1659.00
1954	20.00	118.00	165.00	213.00	241.00	227.00	71.00	-36.00	26.00	127.00	115.00	93.00	1380.00
1955	71.00	91.00	163.10	197.00	232.00	261.00	48.00	-8.00	101.00	87.00	91.00	82.00	1416.10
1956	75.00	108.00	169.00	187.00	244.00	167.00	-92.00	77.00	37.00	112.00	108.00	85.00	1277.00
1957	71.00	107.00	128.00	194.00	211.00	243.00	56.00	51.00	17.00	74.00	94.00	48.00	1294.00
1958	73.00	49.00	95.00	193.00	243.00	213.10	67.00	-96.00	-126.00	73.00	75.00	61.00	920.10
1959	80.00	81.00	172.00	173.00	256.00	172.01	-42.00	-20.00	131.00	38.00	86.00	-32.00	1095.00
1960	45.00	92.00	153.00	195.00	234.00	237.00	19.00	107.00	85.00	134.00	86.00	29.00	1416.00
1961	30.00	100.00	157.00	200.00	244.00	132.00	23.00	68.00	1.00	57.00	46.00	67.00	1125.00
1962	43.00	90.00	148.00	213.00	248.00	202.00	80.00	81.00	-2.00	84.00	91.00	36.00	1314.00
1963	58.00	93.00	160.00	190.00	259.00	238.00	-21.00	6.00	19.00	95.00	82.00	32.00	1211.00
1964	66.00	95.00	134.00	182.00	248.00	186.00	83.00	-15.00	53.00	90.00	93.00	32.00	1247.00
1965	129.30	136.80	256.70	334.30	375.10	375.70	265.50	208.20	213.50	211.70	172.60	85.69	2765.10
1966	59.00	60.20	125.90	164.50	208.00	204.80	-30.50	-49.00	-2.80	115.30	66.30	-3.10	918.60
1967	52.90	72.10	188.60	175.50	279.00	246.50	18.80	-58.20	31.00	167.10	133.60	94.50	1401.40
1968	122.40	126.40	212.70	227.40	261.90	204.90	-34.10	11.80	70.50	67.70	118.20	24.50	1414.30
1969	39.30	19.20	95.50	157.20	248.50	240.90	15.60	-107.80	101.80	160.30	100.60	76.30	1147.40
1970	59.00	60.20	125.90	164.50	208.00	204.80	-30.50	-49.00	-2.80	115.30	66.30	-3.10	918.60
1971	52.90	72.10	188.60	175.50	279.00	246.50	18.80	-58.20	31.00	167.10	133.50	94.50	1401.30
1972	122.40	126.40	212.70	227.40	261.90	204.90	-34.10	11.80	70.50	67.70	118.20	24.50	1414.30
1973	39.30	19.20	95.50	157.20	248.50	240.90	15.60	-107.80	101.80	160.30	100.60	76.30	1147.40
1974	70.75	107.38	146.79	216.13	222.29	236.89	-59.82	19.72	27.90	116.95	-53.69	31.99	1083.30
1975	46.85	88.13	153.05	172.50	242.38	241.40	25.39	-94.86	64.50	127.29	94.46	72.50	1233.60
1976	83.82	112.19	155.47	176.33	230.37	196.26	60.31	-59.66	-9.10	48.79	28.70	63.53	1087.00
1977	47.94	112.91	139.63	194.15	214.62	211.70	131.93	19.06	67.05	104.60	96.32	89.25	1429.10

JOSEFA ORTIZ DE DOMINGUEZ, SIN. (EL SABINO)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1978	77.91	55.92	132.77	187.32	232.61	211.82	67.90	11.68	-66.04	39.84	77.84	1.93	1031.50
1979	-38.21	66.71	118.26	172.00	189.30	235.70	180.03	60.17	49.21	142.58	105.17	66.64	1347.60
1980	86.17	93.66	133.46	191.17	235.48	252.78	115.33	-217.26	62.33	95.78	89.96	54.06	1192.90
1981	-70.15	81.71	96.87	181.63	205.55	165.89	-134.76	-58.24	-70.89	90.08	93.25	82.64	663.60
1982	73.40	101.74	154.49	200.10	216.06	241.85	-10.16	-3.45	12.33	111.14	-37.18	-37.77	1022.50
1983	26.47	39.33	40.41	147.86	220.59	225.05	30.96	-167.92	13.51	64.42	67.99	50.75	759.40
1984	29.72	100.38	157.42	179.42	231.71	80.85	-134.85	-20.41	65.27	75.78	79.51	-64.56	780.20
1985	-11.37	55.03	108.41	155.34	215.47	210.69	49.63	98.04	56.23	69.14	75.96	57.55	1140.10
1986	101.26	81.20	143.89	182.47	199.56	191.20	-73.19	-85.50	27.63	2.18	89.99	44.51	905.20
1987	68.18	76.88	154.00	172.34	201.77	258.70	91.56	-42.33	100.53	129.90	97.10	66.76	1375.40
1988	80.81	96.95	153.29	187.69	207.96	250.27	14.83	-47.40	84.68	114.18	99.05	27.55	1269.90
1989	42.53	28.81	130.41	200.27	222.37	220.53	63.90	-44.17	72.70	118.41	79.89	27.19	1162.80
1990	74.55	69.03	121.26	192.03	231.59	212.86	-45.25	105.27	2.31	52.09	-1.90	12.74	1026.60
1991	56.62	73.89	96.94	156.21	227.62	243.36	6.82	13.13	-0.02	78.51	-47.43	-14.15	891.50
1992	-63.33	-6.90	99.46	157.50	164.53	201.38	32.41	-8.67	53.42	101.15	89.68	37.16	857.80
1993	35.00	33.51	106.73	153.56	165.25	129.26	-6.56	-8.67	53.42	101.15	89.68	37.16	889.50
1994	35.00	33.51	106.73	153.56	165.25	129.26	-6.56	-8.67	53.42	101.15	89.68	37.16	889.50
1995	51.39	56.42	119.94	156.85	190.63	205.95	-12.32	43.76	-90.03	108.50	79.18	83.37	993.60
1996	79.07	93.42	132.27	163.38	220.54	207.31	-26.31	-58.27	-74.48	93.65	60.42	57.46	948.50
1997	60.77	76.79	129.57	127.93	185.06	176.53	48.59	26.63	8.49	83.92	32.04	60.36	1016.70
1998	69.72	50.52	121.34	160.54	183.96	210.22	50.79	-35.20	-44.05	109.99	81.09	74.68	1033.60
1999	85.39	96.05	139.79	168.95	222.99	114.14	-32.37	8.63	60.89	123.28	101.00	86.56	1175.30
2000	88.52	111.69	145.10	188.24	233.12	159.12	160.16	-11.65	78.13	42.84	78.72	78.58	1352.60
2001	74.54	86.47	124.03	184.84	234.11	209.00	50.77	40.67	89.99	83.87	115.08	80.85	1374.20
2002	94.83	91.81	159.18	194.11	268.98	249.94	74.57	3.80	56.82	139.28	114.06	68.32	1515.70
2003	106.25	73.41	162.82	190.49	254.46	241.43	179.18	48.22	83.07	118.81	109.76	98.56	1666.50
2004	-35.72	59.28	141.91	170.55	249.80	215.80	-48.76	18.38	-152.35	-7.47	72.24	61.07	744.70
2005	35.17	12.95	164.87	197.11	228.55	222.95	95.54	131.85	157.74	156.04	129.97	93.22	1625.96
2006	97.02	120.72	155.39	206.26	252.86	217.11	36.80	28.37	40.87	58.60	112.18	83.00	1409.18

JOSEFA ORTIZ DE DOMINGUEZ, SIN. (EL SABINO)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2007	52.76	99.57	172.34	188.60	260.46	228.90	70.61	19.52	-32.85	131.64	107.82	-3.82	1295.55
2008	67.93	103.46	171.44	188.60	217.70	218.89	-32.69	13.53	-77.48	99.09	99.58	70.76	1140.81
2009	89.34	114.66	154.95	199.01	225.85	222.90	163.62	47.38	132.03	-114.95	91.95	63.02	1389.76
2010	70.43	63.81	156.63	186.94	247.87	241.61	58.04	97.49	2.59	90.09	117.43	86.70	1419.63
2011	81.64	115.43	175.38	207.42	252.84	244.00	-76.74	-27.91	121.83	164.34	83.25	75.26	1416.74
2012	92.93	107.71	168.65	213.64	263.55	222.18	90.87	11.45	68.16	92.90	106.04	51.79	1489.87
2013	88.62	106.07	188.58	209.69	265.50	230.19	5.22	83.11	51.99	94.42	42.03	36.84	1402.26
2014	87.92	110.67	146.02	199.65	253.54	213.67	-111.47	-62.25	6.38	112.98	64.96	73.01	1095.08
2015	57.11	51.97	70.37	136.75	208.36	162.93	99.28	-5.26	90.42	133.07	68.05	79.38	1152.43

ANEXO C

Tablas Elevación – Areas – Capacidades

**LEVANTAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO DE LA PRESA
HUITES, SIN. 2014**

Elev. (m)	Area (Ha)	Capac. Parcial (hm³)	Capacidad (hm³)
156	0.125	0.001	0.001
157	0.344	0.002	0.003
158	6.156	0.033	0.035
159	26.898	0.165	0.201
160	59.587	0.432	0.633
161	92.869	0.762	1.395
162	118.847	1.059	2.454
163	137.461	1.282	3.736
164	155.134	1.463	5.199
165	172.676	1.639	6.838
166	189.723	1.812	8.65
167	207.858	1.988	10.637
168	226.058	2.17	12.807
169	244.313	2.352	15.159
170	263.623	2.54	17.699
171	284.712	2.742	20.44
172	305.753	2.952	23.393
173	325.31	3.155	26.548
174	347.393	3.364	29.911
175	372.756	3.601	33.512
176	397.567	3.852	37.364
177	423.354	4.105	41.468
178	450.363	4.369	45.837
179	475.881	4.631	50.468
180	500.841	4.884	55.352
181	526.977	5.139	60.491
182	555.823	5.414	65.905
183	586.6	5.712	71.617
184	619.424	6.03	77.647
185	654.265	6.368	84.016
186	686.592	6.704	90.72
187	719.086	7.028	97.748

**LEVANTAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO DE LA PRESA
HUITES, SIN. 2014**

Elev. (m)	Area (Ha)	Capac. Parcial (hm³)	Capacidad (hm³)
188	750.254	7.347	105.095
189	779.988	7.651	112.746
190	810.202	7.951	120.697
191	842.028	8.261	128.958
192	874.703	8.584	137.542
193	907.166	8.909	146.451
194	940.527	9.238	155.69
195	975.385	9.58	165.269
196	1010.593	9.93	175.199
197	1046.175	10.284	185.483
198	1082.536	10.644	196.127
199	1119.017	11.008	207.134
200	1156.021	11.373	218.508
201	1192.789	11.742	230.249
202	1231.005	12.119	242.368
203	1269.857	12.504	254.873
204	1307.458	12.887	267.759
205	1345.39	13.264	281.023
206	1385.397	13.656	294.679
207	1426.455	14.062	308.741
208	1468.667	14.476	323.217
209	1513.777	14.912	338.129
210	1561.718	15.377	353.506
211	1612.841	15.873	369.379
212	1665.086	16.39	385.769
213	1720.22	16.927	402.695
214	1778.238	17.492	420.187
215	1836.861	18.075	438.263
216	1896.946	18.669	456.932
217	1959.021	19.28	476.212
218	2027.774	19.934	496.146
219	2104.898	20.663	516.809
220	2183.108	21.44	538.249
221	2262.591	22.228	560.478

**LEVANTAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO DE LA PRESA
HUITES, SIN. 2014**

Elev. (m)	Area (Ha)	Capac. Parcial (hm³)	Capacidad (hm³)
222	2343.678	23.031	583.509
223	2415.714	23.797	607.306
224	2472.263	24.44	631.746
225	2524.682	24.985	656.731
226	2587.297	25.56	682.29
227	2662.833	26.251	708.541
228	2744.015	27.034	735.575
229	2821.983	27.83	763.405
230	2895.219	28.586	791.991
231	2972.92	29.341	821.332
232	3053.803	30.134	851.466
233	3133.882	30.938	882.404
234	3217.885	31.759	914.163
235	3305.984	32.619	946.782
236	3392.067	33.49	980.273
237	3475.07	34.336	1014.608
238	3556.741	35.159	1049.767
239	3638.351	35.975	1085.743
240	3721.629	36.8	1122.543
241	3810.119	37.659	1160.201
242	3900.308	38.552	1198.754
243	3989.727	39.45	1238.204
244	4078.511	40.341	1278.545
245	4170.55	41.245	1319.79
246	4264.491	42.175	1361.965
247	4355.667	43.101	1405.066
248	4454.172	44.049	1449.115
249	4571.373	45.128	1494.243
250	4689.625	46.305	1540.548
251	4805.891	47.478	1588.026
252	4915.523	48.607	1636.633
253	5026.786	49.712	1686.344
254	5136.991	50.819	1737.163
255	5247.71	51.924	1789.087

**LEVANTAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO DE LA PRESA
HUITES, SIN. 2014**

Elev. (m)	Area (Ha)	Capac. Parcial (hm³)	Capacidad (hm³)
256	5364.874	53.063	1842.15
257	5474.057	54.195	1896.344
258	5579.457	55.268	1951.612
259	5689.994	56.347	2007.959
260	5807.483	57.487	2065.446
261	5926.559	58.67	2124.117
262	6037.837	59.822	2183.939
263	6147.584	60.927	2244.866
264	6260.455	62.04	2306.906
265	6375.141	63.178	2370.084
266	6489.586	64.324	2434.408
267	6605.964	65.478	2499.885
268	6715.655	66.608	2566.493
269	6823.614	67.696	2634.19
270	6937.763	68.807	2702.997
271	7052.035	69.949	2772.946
272	7166.374	71.092	2844.038
273	7282.968	72.247	2916.284
274	7387.513	73.352	2989.637
275	7488.023	74.378	3064.014
276	7592.49	75.403	3139.417
277	7694.098	76.433	3215.85
278	7791.763	77.429	3293.279
279	7892.103	78.419	3371.699
280	7999.612	79.459	3451.157
281	8111.801	80.557	3531.714
282	8219.994	81.659	3613.373
283	8323.104	82.715	3696.089
284	8429.735	83.764	3779.853
285	8538.798	84.843	3864.696
286	8653.007	85.959	3950.655
287	8769.817	87.114	4037.769
288	8880.378	88.251	4126.02
289	8995.228	89.378	4215.398

**LEVANTAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO DE LA PRESA
HUITES, SIN. 2014**

Elev. (m)	Area (Ha)	Capac. Parcial (hm³)	Capacidad (hm³)
290	9115.607	90.554	4305.952
291	9233.471	91.745	4397.697
292	9355.533	92.945	4490.642
293	9489.302	94.224	4584.866
294	9624.555	95.569	4680.436
295	9762.099	96.933	4777.369

**MIGUEL HIDALGO (EL MAHONE),
SIN.
LEVANTAMIENTO
TOPOBATRIMÉTRICO 2013**

Elevación	Capacidades	Áreas
(msnm)	(hm ³)	(Ha)
81.310	0.000	0.000
82.000	0.001	0.262
83.000	0.016	2.763
84.000	0.055	4.980
85.000	0.188	21.716
86.000	0.831	106.863
87.000	2.210	168.979
88.000	4.252	239.289
89.000	7.185	347.430
90.000	11.411	497.684
91.000	17.278	675.806
92.000	24.849	838.411
93.000	33.830	957.816
94.000	43.953	1,066.692
95.000	55.205	1,183.610
96.000	67.480	1,271.422
97.000	80.622	1,357.057
98.000	94.606	1,439.750
99.000	109.508	1,540.603
100.000	125.802	1,718.181
101.000	143.864	1,894.232
102.000	163.865	2,105.931
103.000	185.911	2,303.288
104.000	209.887	2,491.999
105.000	235.740	2,678.475
106.000	263.350	2,843.529
107.000	292.692	3,024.979
108.000	323.938	3,224.272
109.000	357.324	3,452.834
110.000	392.914	3,665.188
111.000	430.827	3,917.310
112.000	471.423	4,201.950
112.600	497.620	4,399.129
113.000	515.086	4,530.581
114.000	562.121	4,876.454
115.000	612.585	5,216.387
116.000	666.206	5,507.860

Elevación	Capacidades	Áreas
117.000	722.979	5,846.710
118.000	783.666	6,290.692
119.000	848.304	6,636.923
120.000	916.172	6,936.756
120.780	971.227	7,179.806
121.000	987.187	7,329.008
122.000	1,062.162	7,665.962
123.000	1,140.687	8,039.192
124.000	1,222.855	8,394.352
125.000	1,308.593	8,753.268
125.380	1,342.465	8,875.231
125.400	1,344.248	8,881.650
126.000	1,397.731	9,074.223
127.000	1,490.157	9,411.091
128.000	1,585.784	9,714.225
129.000	1,684.368	10,002.678
130.000	1,785.929	10,309.416
131.000	1,890.537	10,612.275
132.000	1,998.308	10,941.908
133.000	2,109.339	11,264.275
134.000	2,223.653	11,598.588
135.000	2,341.536	11,977.973
136.000	2,462.803	12,275.338
137.000	2,587.360	12,636.034
138.000	2,715.615	13,014.957
139.000	2,847.338	13,329.642
140.000	2,982.159	13,634.568
141.000	3,120.088	13,951.266
142.000	3,261.152	14,261.541
142.700	3,361.751	14,480.996
143.000	3,405.344	14,581.301
144.000	3,552.598	14,869.466
145.000	3,702.753	15,161.633
146.000	3,855.893	15,466.270
147.000	4,012.081	15,771.298
148.000	4,171.273	16,067.218
149.000	4,333.444	16,366.904
150.000	4,498.592	16,662.642
151.000	4,666.724	16,963.809
151.400	4,734.906	17,127.227

**LEVANTAMIENTO
TOPOBATIMÉTRICO DE LA PRESA
JOSEFA ORTIZ DE DOMINGUEZ,
SIN. (2012)**

Elevación (msnm)	Área (ha)	Capacidades hm³
78.00	0.44	0.00
78.50	1.00	0.00
79.00	5.37	0.01
79.50	21.42	0.08
80.00	38.75	0.22
80.50	48.76	0.43
81.00	60.43	0.70
81.50	72.96	1.10
82.00	82.55	1.49
82.50	93.77	1.92
83.00	111.41	2.43
83.50	125.92	3.02
84.00	149.16	3.69
84.50	166.97	4.48
85.00	199.55	5.37
85.50	220.50	6.41
86.00	261.65	7.58
86.50	285.20	8.94
87.00	334.99	10.44
87.50	364.25	12.19
88.00	410.56	14.09
88.50	441.16	16.21
89.00	496.89	18.51
89.50	535.01	21.08
90.00	604.25	23.87
90.50	649.16	26.99
91.00	715.85	30.37
91.50	768.66	34.07
92.00	829.57	38.04
92.50	897.32	42.34
93.00	975.31	46.99
93.50	1,054.14	52.04
94.00	1,137.00	57.50
94.50	1,222.04	63.39
95.00	1,327.76	69.72

**LEVANTAMIENTO
TOPOBATIMÉTRICO DE LA PRESA
JOSEFA ORTIZ DE DOMINGUEZ,
SIN. (2012)**

Elevación (msnm)	Área (ha)	Capacidades hm³
95.60	1,472.95	76.74
96.00	1,547.22	82.76
96.50	1,654.84	90.72
97.00	1,755.74	99.25
97.50	1,905.25	108.42
98.00	2,031.72	118.23
98.50	2,151.54	128.67
99.00	2,269.99	139.68
99.50	2,382.50	151.29
100.00	2,497.30	163.46
100.50	2,613.25	176.22
101.00	2,728.80	189.54
101.50	2,845.53	203.49
102.00	3,022.82	217.97
102.50	3,148.33	233.41
103.00	3,280.93	249.41
103.50	3,444.81	266.29
104.00	3,571.03	283.78
105.00	3,836.67	320.88
106.00	4,179.21	361.66
107.00	4,358.13	404.32
108.00	4,541.12	448.78
109.00	4,726.62	495.08
110.00	5,347.14	543.48
111.00	5,527.26	597.86

ANEXO D

Pronósticos de Evolución Probable de Almacenamientos con aportaciones de años secos del 2016 y 2017

Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola
Gerencia de Distritos de Riego
Distritos de Riego 075 RíoFuerte y 076 Valle del Carrizo, Sinaloa
EVOLUCION PROBABLE DE ALMACENAMIENTOS CON APORTACIONES DEL AÑO SECO

Año Agrícola: 2016-2016

Presa: Luis Donald Colosio (Huitas)

Almac. Mínimo. 500.0 Cap. Conser. 2 908.1

Mes	Almacena- miento Inicial (hm³)	ENTRADAS (hm³)			SALIDAS (hm³)				Volumen Excedente (hm³)	Volumen Faltante (hm³)
		Cuenca Propia	Otras	Total	Evaporación Neta	Generación	Otras	Total		
Octubre 2015	2 727.9	137.7	0.0	137.7	5.1	400.0	0.0	405.1	0.0	0.0
Noviembre	2 460.5	33.9	0.0	33.9	1.5	400.0	0.0	401.5	0.0	0.0
Diciembre	2 092.9	27.9	0.0	27.9	-3.6	250.0	0.0	246.4	0.0	0.0
Enero 2016	1 874.4	43.3	0.0	43.3	2.1	250.0	0.0	252.1	0.0	0.0
Febrero	1 665.5	29.3	0.0	29.3	2.5	100.0	0.0	102.5	0.0	0.0
Marzo	1 592.3	24.1	0.0	24.1	5.0	20.0	0.0	25.0	0.0	0.0
Abril	1 591.4	17.5	0.0	17.5	8.6	20.0	0.0	28.6	0.0	0.0
Mayo	1 580.4	11.5	0.0	11.5	15.7	50.0	0.0	65.7	0.0	0.0
Junio	1 526.2	18.7	0.0	18.7	13.0	200.0	0.0	213.0	0.0	0.0
Julio	1 331.9	327.7	0.0	327.7	0.0	200.0	0.0	200.0	0.0	0.0
Agosto	1 459.5	528.3	0.0	528.3	-3.7	200.0	0.0	196.3	0.0	0.0
Septiembre	1 791.5	173.2	0.0	173.2	0.5	125.0	0.0	125.5	0.0	0.0
Octubre 2015	1 839.2									
Total		1 373.2	0.0	1 373.2	46.9	2 215.0	0.0	2 261.9	0.0	0.0

Extracción propuesta: 2 215.0 hm³

Presa: Miguel Hidalgo (Mahone)

Almac. Mínimo. 250.0 Cap. Conser. 2 921.4

Mes	Almacena- miento Inicial (hm³)	ENTRADAS (hm³)			SALIDAS (hm³)				Volumen Excedente (hm³)	Volumen Faltante (hm³)
		Cuenca Propia	De Huitas	Total	Evaporación Neta	Riego+O.U. DR 075	Trasvase a JOD	Total		
Octubre 2015	2 902.4	0.0	380.0	380.0	14.0	396.6	0.0	409.6	0.0	0.0
Noviembre	2 872.9	0.3	380.0	380.3	8.0	421.3	0.0	429.3	0.0	0.0
Diciembre	2 823.9	12.9	237.5	250.4	0.5	377.4	0.0	377.9	0.0	0.0
Enero 2016	2 696.5	23.6	237.5	261.1	7.0	461.8	259.2	727.9	0.0	0.0
Febrero	2 229.7	0.0	95.0	95.0	8.6	516.9	225.8	751.2	0.0	0.0
Marzo	1 573.5	0.0	19.0	19.0	14.3	448.7	0.0	463.0	0.0	0.0
Abril	1 129.5	0.0	19.0	19.0	13.5	274.8	0.0	288.3	0.0	0.0
Mayo	860.2	0.0	47.5	47.5	12.0	140.1	0.0	152.1	0.0	0.0
Junio	755.6	0.0	190.0	190.0	12.7	58.8	0.0	71.5	0.0	0.0
Julio	874.1	0.0	190.0	190.0	-6.7	20.7	0.0	14.0	0.0	0.0
Agosto	1 050.1	7.8	190.0	197.8	-1.0	16.7	0.0	15.6	0.0	0.0
Septiembre	1 232.3	82.6	118.8	201.3	4.4	199.6	0.0	204.0	0.0	0.0
Octubre 2015	1 229.6									
Total		127.4	2 104.3	2 231.6	87.1	3 332.3	485.0	3 904.4	0.0	0.0

Extracción propuesta: 3 817.3 hm³

Presa: Josefa Ortiz de Domínguez (El Sabino)

Almac. Mínimo. 60.0 Cap. Conser. 614.6

Mes	Almacena- miento Inicial (hm³)	ENTRADAS (hm³)			SALIDAS (hm³)				Volumen Excedente (hm³)	Volumen Faltante (hm³)
		Cuenca Propia	De M. Hidalgo	Total	Evaporación Neta	Riego+O.U. DR 075	Otras DR 075	Total		
Octubre 2015	615.2	0.0	0.0	0.0	9.5	25.6	0.0	35.1	0.0	0.0
Noviembre	580.1	0.0	0.0	0.0	5.5	97.2	0.0	102.6	0.0	0.0
Diciembre	477.5	0.0	0.0	0.0	0.5	127.6	0.0	128.1	0.0	0.0
Enero 2016	349.4	0.0	246.2	246.2	3.5	141.7	0.0	145.2	0.0	0.0
Febrero	450.4	0.0	214.5	214.5	5.6	160.4	0.0	166.0	0.0	0.0
Marzo	498.9	0.0	0.0	0.0	8.3	171.3	0.0	179.5	0.0	0.0
Abril	319.4	0.0	0.0	0.0	7.5	58.9	0.0	66.4	0.0	0.0
Mayo	253.0	0.0	0.0	0.0	10.0	26.6	0.0	36.6	0.0	0.0
Junio	216.4	0.0	0.0	0.0	6.9	19.6	0.0	26.5	0.0	0.0
Julio	189.9	0.0	0.0	0.0	-0.4	24.7	0.0	24.3	0.0	0.0
Agosto	165.6	0.0	0.0	0.0	-0.3	25.3	0.0	25.0	0.0	0.0
Septiembre	140.6	8.5	0.0	8.5	0.4	33.5	0.0	33.9	0.0	0.0
Octubre 2015	115.1									
Total		8.5	460.7	469.2	57.0	912.2	0.0	969.2	0.0	0.0

Almacenamientos registrados 1 de octubre.

Extracción propuesta: 912.2 hm³

8 de octubre 2015

Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola
Gerencia de Distritos de Riego
Distritos de Riego 075 RíoFuerte y 076 Valle del Carrizo, Sinaloa
EVOLUCION PROBABLE DE ALMACENAMIENTOS CON APORTACIONES DEL AÑO SECO

Año Agrícola: 2016-2017

Presa: Luis Donaldo Colosio (Huiles)

Almac. Mínimo. 500.0 Cap. Conser. 2 908.1

Mes	Almacena- miento Inicial (hm ³)	ENTRADAS (hm ³)			SALIDAS (hm ³)				Volumen Excedente (hm ³)	Volumen Faltante (hm ³)
		Cuenca Propia	Otras	Total	Evaporación Neta	Generación	Otras	Total		
Octubre 2016	3 073.9	137.7	0.0	137.7	5.3	400.0	0.0	405.3	157.2	0.0
Noviembre	2 648.1	33.9	0.0	33.9	1.6	400.0	0.0	401.6	0.0	0.0
Diciembre	2 281.4	27.9	0.0	27.9	-3.8	300.0	0.0	296.2	0.0	0.0
Enero 2017	2 013.1	43.3	0.0	43.3	2.2	300.0	0.0	302.2	0.0	0.0
Febrero	1 754.1	29.3	0.0	29.3	2.6	100.0	0.0	102.6	0.0	0.0
Marzo	1 680.8	24.1	0.0	24.1	5.1	100.0	0.0	105.1	0.0	0.0
Abril	1 599.8	17.5	0.0	17.5	8.5	100.0	0.0	108.5	0.0	0.0
Mayo	1 508.9	11.5	0.0	11.5	15.1	100.0	0.0	115.1	0.0	0.0
Junio	1 405.4	18.7	0.0	18.7	12.6	100.0	0.0	112.6	0.0	0.0
Julio	1 311.5	327.7	0.0	327.7	0.0	200.0	0.0	200.0	0.0	0.0
Agosto	1 439.2	528.3	0.0	528.3	-3.7	200.0	0.0	196.3	0.0	0.0
Septiembre	1 771.1	173.2	0.0	173.2	0.5	250.0	0.0	250.5	0.0	0.0
Octubre 2017	1 693.8									
Total		1 373.2	0.0	1 373.2	46.1	2 550.0	0.0	2 596.1	157.2	0.0

Extracción autorizada: 2 660.0 hm³

Presa: Miguel Hidalgo (Mahone)

Almac. Mínimo. 500.0 Cap. Conser. 2 921.4

Mes	Almacena- miento Inicial (hm ³)	ENTRADAS (hm ³)			SALIDAS (hm ³)				Volumen Excedente (hm ³)	Volumen Faltante (hm ³)
		Cuenca Propia	De Huiles	Total	Evaporación Neta	Riego+O.U. DR 075	Trasvase a JOD	Total		
Octubre 2016	3 165.2	0.0	529.3	529.3	14.1	387.7	0.0	401.8	392.4	0.0
Noviembre	2 900.4	0.3	380.0	380.3	8.0	415.1	46.7	469.8	0.0	0.0
Diciembre	2 810.9	12.9	285.0	297.9	0.5	359.3	150.3	510.1	0.0	0.0
Enero 2017	2 598.8	23.6	285.0	308.6	6.9	444.5	132.7	584.1	0.0	0.0
Febrero	2 323.3	0.0	95.0	95.0	8.9	490.6	202.2	701.7	0.0	0.0
Marzo	1 716.7	0.0	95.0	95.0	15.2	472.7	33.1	521.0	0.0	0.0
Abril	1 290.7	0.0	95.0	95.0	15.1	302.5	0.0	317.6	0.0	0.0
Mayo	1 068.1	0.0	95.0	95.0	13.9	156.2	0.0	170.1	0.0	0.0
Junio	993.0	0.0	95.0	95.0	14.4	62.5	0.0	76.9	0.0	0.0
Julio	1 011.1	0.0	190.0	190.0	-7.3	25.0	0.0	17.7	0.0	0.0
Agosto	1 183.4	7.8	190.0	197.8	-1.1	16.7	0.0	15.6	0.0	0.0
Septiembre	1 365.6	82.6	237.5	320.1	4.8	196.9	0.0	201.7	0.0	0.0
Octubre 2017	1 484.0									
Total		127.4	2 571.8	2 699.2	93.3	3 329.7	565.0	3 988.0	392.4	0.0

Extracción autorizada: 3 884.7 hm³

Presa: Josefa Ortiz de Domínguez (El Sabino)

Almac. Mínimo. 96.0 Cap. Conser. 519.3

Mes	Almacena- miento Inicial (hm ³)	ENTRADAS (hm ³)			SALIDAS (hm ³)				Volumen Excedente (hm ³)	Volumen Faltante (hm ³)
		Cuenca Propia	De M. Hidalgo	Total	Evaporación Neta	Riego+O.U. DR 076	Otras DR 075	Total		
Octubre 2016	521.3	0.0	0.0	0.0	8.5	21.9	0.0	30.4	1.0	0.0
Noviembre	489.9	0.0	44.3	44.3	5.1	94.8	0.0	99.9	0.0	0.0
Diciembre	434.3	0.0	142.8	142.8	0.5	121.9	0.0	122.4	0.0	0.0
Enero 2017	454.7	0.0	126.1	126.1	3.9	141.9	0.0	145.8	0.4	0.0
Febrero	434.7	0.0	192.1	192.1	5.5	152.4	0.0	157.8	0.0	0.0
Marzo	468.9	0.0	41.3	41.3	8.4	173.6	0.0	181.9	0.0	0.0
Abril	328.2	0.0	0.0	0.0	7.6	64.8	0.0	72.4	0.0	0.0
Mayo	255.8	0.0	0.0	0.0	9.9	44.3	0.0	54.2	0.0	0.0
Junio	201.7	0.0	0.0	0.0	6.5	20.9	0.0	27.4	0.0	0.0
Julio	174.3	0.0	0.0	0.0	-0.4	25.9	0.0	25.5	0.0	0.0
Agosto	148.8	0.0	0.0	0.0	-0.3	31.3	0.0	31.0	0.0	0.0
Septiembre	117.7	8.5	0.0	8.5	0.4	18.7	0.0	19.1	0.0	0.0
Octubre 2017	107.1									
Total		8.5	546.6	555.0	55.6	912.2	0.0	967.8	1.4	0.0

Almacenamientos probables 1 de octubre.

Extracción autorizada: 912.2 hm³

27 septiembre de 2016