

## CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones y recomendaciones más relevantes derivadas de este estudio.

Uno de los grandes problemas que se encontraron para la realización de este trabajo y que es común que se presente en todo proyecto u obra de ingeniería es el de la calidad y cantidad de los datos disponibles para realizar el análisis.

En este caso, se obtuvieron, a partir de la información disponible, los registros de los volúmenes de ingreso por cuenca propia a cada uno de los embalses, lo suficientemente extensos y confiables para que los resultados al realizar el funcionamiento de vaso en el Sistema Hidroeléctrico del Río Santiago fueran lo más apegados a la realidad y que sean de utilidad para los tomadores de decisiones en el sistema eléctrico.

La simulación de políticas de operación óptimas que incluyen el concepto de curva guía que actualmente la Comisión Federal de Electricidad considera en el manejo de sus sistemas hidroeléctricos es un procedimiento que permite seleccionar aquella política que mejor concilia los propósitos de generación hidroeléctrica con respecto a los escenarios de derrames y de posibles déficit en el sistema.

La simulación conjunta del funcionamiento de vaso de las tres presas, usando el registro histórico de 28 años, con las 23 políticas generadas, arrojó resultados variados; las que dieron los peores escenarios de déficit y de generación fueron descartadas; finalmente se identificó como mejor de todas a la política 21, con la que se generó más energía total (332.28 GWh/quincena) y presentó sólo déficit en La Yesca (44.07 GWh/quincena) con pocos derrames (La Yesca 5168.04, El Cajón 2501.11 y Aguamilpa 5971.66 millones de m<sup>3</sup>), comparándolos con las otras políticas. Esta política es de tipo quincenal, pero por su formato es suficientemente flexible para utilizarse en periodos de operación más cortos; esta política es resultado de considerar curvas guía propuestas para cada presa que no sobrepasan el NAMO de las presas, con el fin de que el sistema pueda operar dentro de niveles seguros, según lo establecido por la Comisión Nacional del Agua.

El sólo simular los registros históricos no permite ver con claridad los posibles escenarios en el largo plazo ante posibles eventos extremos mayores que los históricamente registrados; por ello fue importante obtener registros sintéticos más largos que los

históricos y con un comportamiento estadístico similar a ellos, para vislumbrar lo que podría suceder con el sistema.

Este trabajo mostró la fiabilidad del método Svanidze modificado para la generación de registros sintéticos con una similitud muy alta con el comportamiento estadístico del registro histórico, ya que se logró reproducir el patrón de variación de los coeficientes de autocorrelación, correlación cruzada y coeficientes de asimetría.

Al realizar la simulación con las diez series sintéticas de cien años cada una se logró corroborar que la política 21 proporciona el mejor escenario en el largo plazo; los resultados de la simulación reportaron que en promedio en 100 años se lograría una energía total generada por el sistema de 327.728 GWh/quincena, con condiciones promedios de 11352.25 millones de m<sup>3</sup> de derrame en La Yesca, 6347.594 millones de m<sup>3</sup> de derrames en el Cajón y 24148.272 millones de m<sup>3</sup> de derrame en Aguamilpa; mientras que en promedio en 100 años podrían tenerse 746.103 millones de m<sup>3</sup> déficit en la Yesca y 0 millones de m<sup>3</sup> para El Cajón y Aguamilpa.

De acuerdo con estos resultados se recomienda que una vez puestas en operación conjunta las presas: La Yesca, El Cajón y Aguamilpa, se verifiquen la validez de estos resultados, porque pudieron existir cambios en el diseño de estructuras o cambios en algún aspecto que afecte la operación de una presa, y por consiguiente cambie algún parámetro que se consideró para hacer la simulación del funcionamiento de vaso en el sistema; se recomienda que se vuelva a hacer simulaciones de las políticas de operación para confirmar lo óptimo de la política elegida; otra recomendación importante es operar el sistema con estas políticas sin sobrepasar el NAMO de las presas, porque con las simulaciones se observó que no se ganaría en energía generada por lo que no es necesario aumentar el riesgo por niveles altos en las presas (en particular de Aguamilpa).

Se puede afirmar que los objetivos de este trabajo se cumplieron satisfactoriamente, ya que el empleo conjunto de procedimientos hidrológicos como es la simulación del funcionamiento de vaso y el uso de registros sintéticos con bases probabilísticas se redujo la subjetividad en los resultados de sólo haberse utilizado registros con pocos años y se pudo seleccionar una política de operación que puede incrementar la seguridad para operar las presas analizadas que forman parte del importante Sistema Hidroeléctrico del Río Santiago.

También es recomendable el hacer simulaciones en todos los sistemas de presas en cascada del país, no sólo en donde se construyan nuevas presas o en los sistemas donde se produzca la mayor cantidad de energía, se pueden aprovechar mejor los recursos si en todos los sistemas del país se operan de la mejor manera posible.

Finalmente, es indudable que con el incremento de la población la demanda de energía eléctrica aumentará año con año en nuestro país y en general, en todo el mundo, por lo que es muy importante la optimización en la operación de toda la infraestructura

hidráulica del país para la generación de energía eléctrica y en especial de aquellas energías que provienen de recursos que ya no se pueden considerar renovables, como es el caso del agua, a fin de no desperdiciarlas porque en un futuro sus fuentes de generación podrían verse disminuidas.