



### III. FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DE LA LAGUNA LA GASERA

El funcionamiento hidráulico de la laguna La Gasera consiste en que al irse llenando, una parte del caudal sale por los orificios y otra por el vertedor de la estructura de descarga. El gasto que sale de la estructura de descarga de la laguna *La Gasera* entra directamente al río de *La Compañía*, y el gasto total que ingresa al río de *La Compañía* está dado por la suma del gasto descargado por la estructura de descarga de la laguna *La Gasera* mas el que es descargado por cada uno de los orificios de las derivadoras; se requiere que el gasto total no exceda los  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ , ya que este es el caudal máximo que puede conducir el río de *La Compañía*, sin que se tengan problemas de desbordamiento aguas abajo de la confluencia de los ríos San Francisco y San Rafael.

La revisión del funcionamiento hidráulico de la laguna *La Gasera*, consiste en modelar los tránsitos de las avenidas que ingresan a la laguna, cuyos hidrogramas están incluidos en el capitulo anterior, para diferentes escenarios que se presentan a continuación.

#### *III.1 Sin presas Construidas.*

Este escenario corresponde a las condiciones actuales del sistema hidráulico en estudio, que se distingue por no disponer de ningún vaso de almacenamiento en las cuencas de los ríos San Francisco y San Rafael; el hidrograma de ingreso a la laguna es el mostrado en la fig 2.3.1. El método empleado para modelar el tránsito de la avenida se incluye en el apéndice B.

En las figs. 3.1.1, 3.1.2 y 3.1.3 se muestran los hidrogramas de entrada y salida para los periodos de retorno de 10, 50 y 100 años respectivamente.

En la figura 3.1.1 se puede observar que el gasto de salida de la laguna *La Gasera*, para el periodo de retorno de 10 años es de  $19.79 \text{ m}^3/\text{s}$ , que ingresa directamente al río de *La Compañía*; el gasto mencionado es menor que el que es capaz de conducir el río sin presentar problemas de desbordamiento.

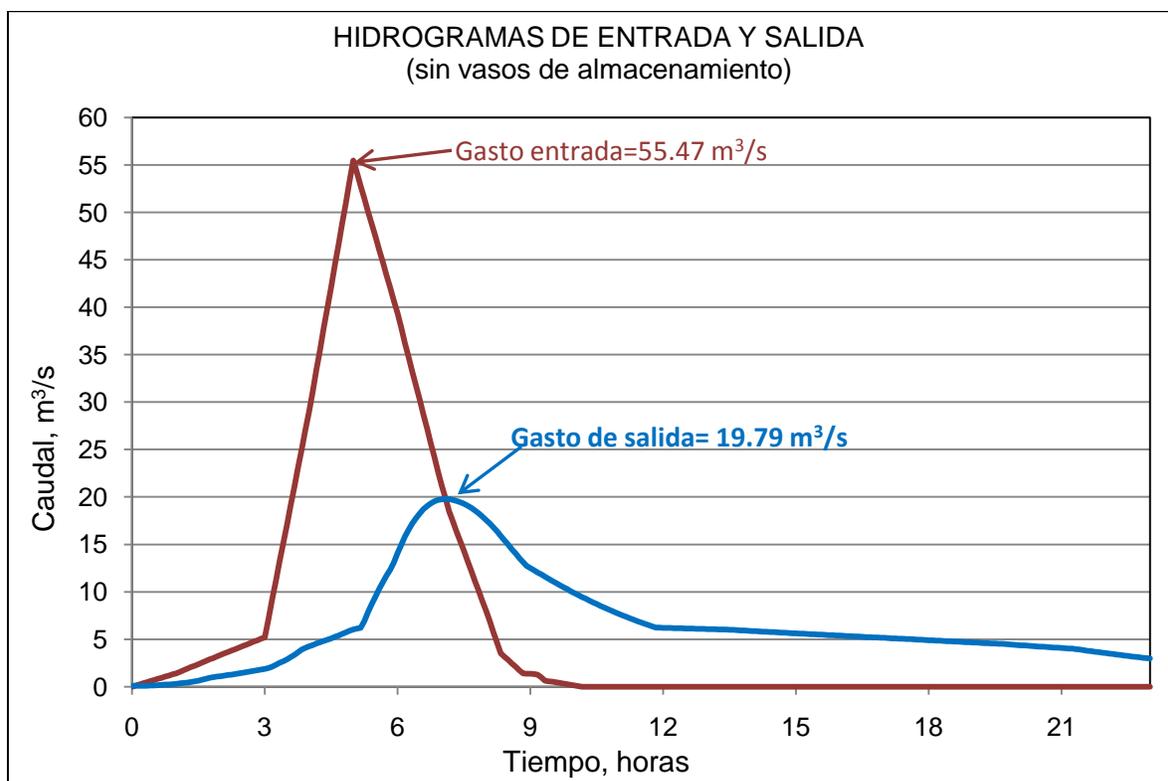


Figura 3.1. 1 Hidrogramas de la laguna *La Gasera*,  $Tr= 10$  años

En la figura 3.1.2 se presentan los hidrogramas de entrada y salida de la laguna *La Gasera* para un periodo de retorno de 50 años. En este caso el gasto total de salida y que ingresa directamente al río de *La Compañía*, es de  $33.45 \text{ m}^3/\text{s}$ ; este gasto es mayor al que puede conducir el río, por lo que para un periodo de retorno de 50 años, se corre

el riesgo de que al menos una vez el río de *La Compañía* presente problemas de desbordamiento.

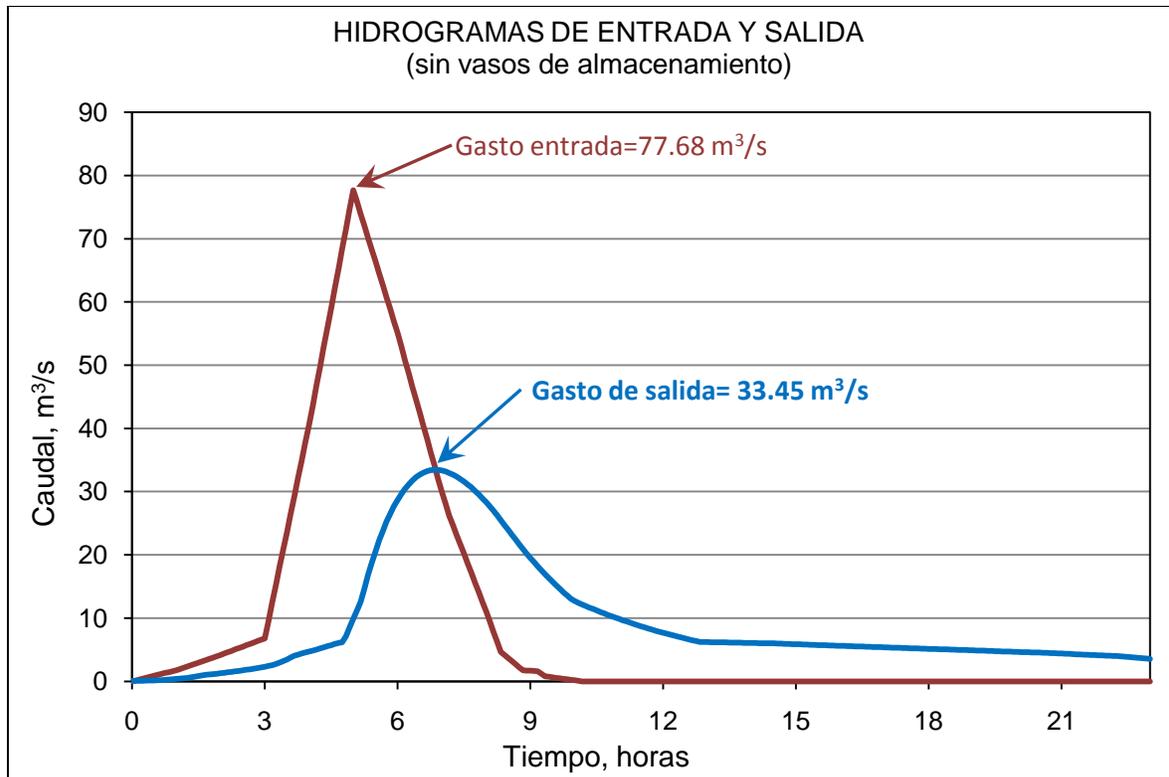


Figura 3.1. 2 Hidrogramas de la laguna La Gasera,  $T_r = 50$  años.

Finalmente en la figura 3.1.3 se presenta el hidrograma para un periodo de retorno de 100 años, donde el gasto de entrada es de  $87.04 \text{ m}^3/\text{s}$ , mientras el gasto de salida de la laguna la gasera el de  $39.01 \text{ m}^3/\text{s}$ , y claramente se observa que este gasto es mucho mayor al gasto de  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  que puede conducir el río de *La Compañía*.

Es conveniente recordar que estos resultados se basan en el hecho de que sobre las cuencas de los ríos San Francisco y San Rafael no se tiene ninguna presa construida, además de considerar que sobre el cauce del río San Francisco no se tienen los efectos de las alcantarillas en la capacidad de conducción del río San Francisco.

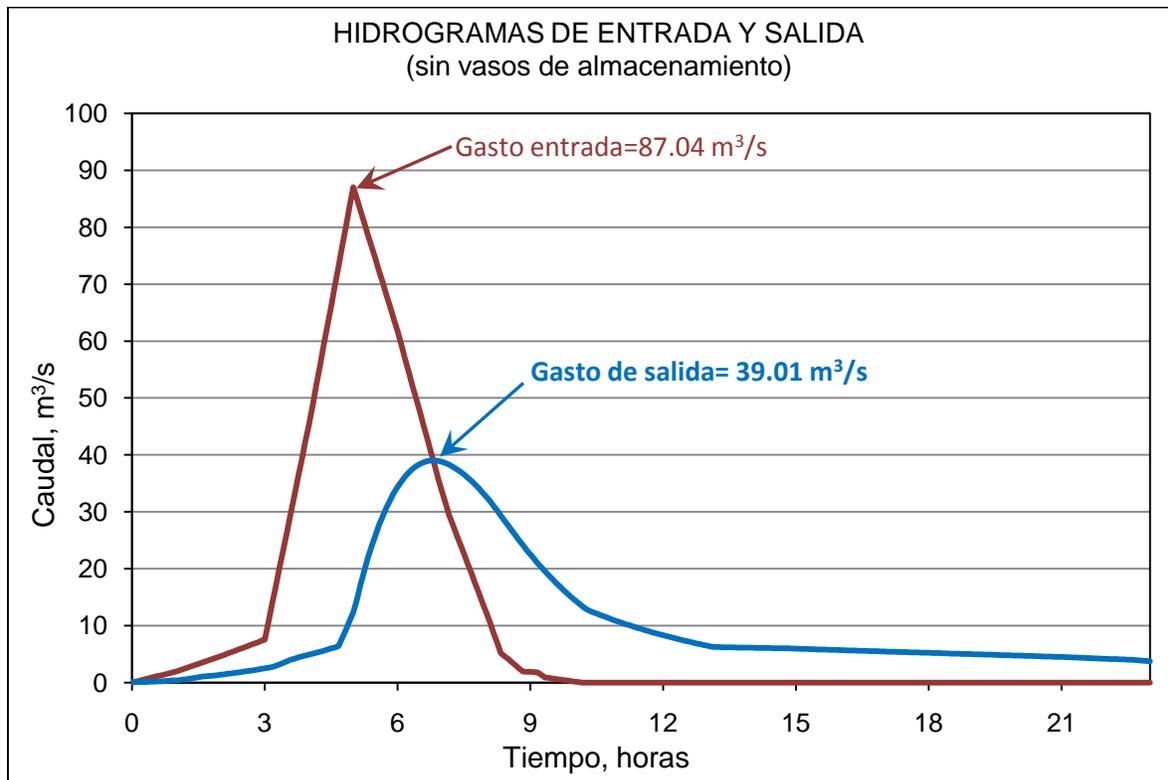


Figura 3.1. 3 Hidrogramas de la laguna La Gasera,  $Tr=100$  años.

En la figura 3.1.4 se presenta el limnigrama de la laguna durante el paso de las avenidas; ahí se indican los niveles máximos al que llega el agua dentro del vaso de almacenamiento, para los diferentes periodos de retorno.

Para el periodo de retorno de 10 años, la elevación máxima del agua en la laguna es 2242.57 msnm, mientras que para el periodo de 50 años es la cota 2242.87 y 2242.97 msnm para el periodo de retorno de 100 años; debido a que la menor elevación que tienen las coronas de los bordos perimetrales de la laguna es la cota 2243.60 msnm, para las avenidas asociadas a los periodos de retorno de 50 y 100 años.

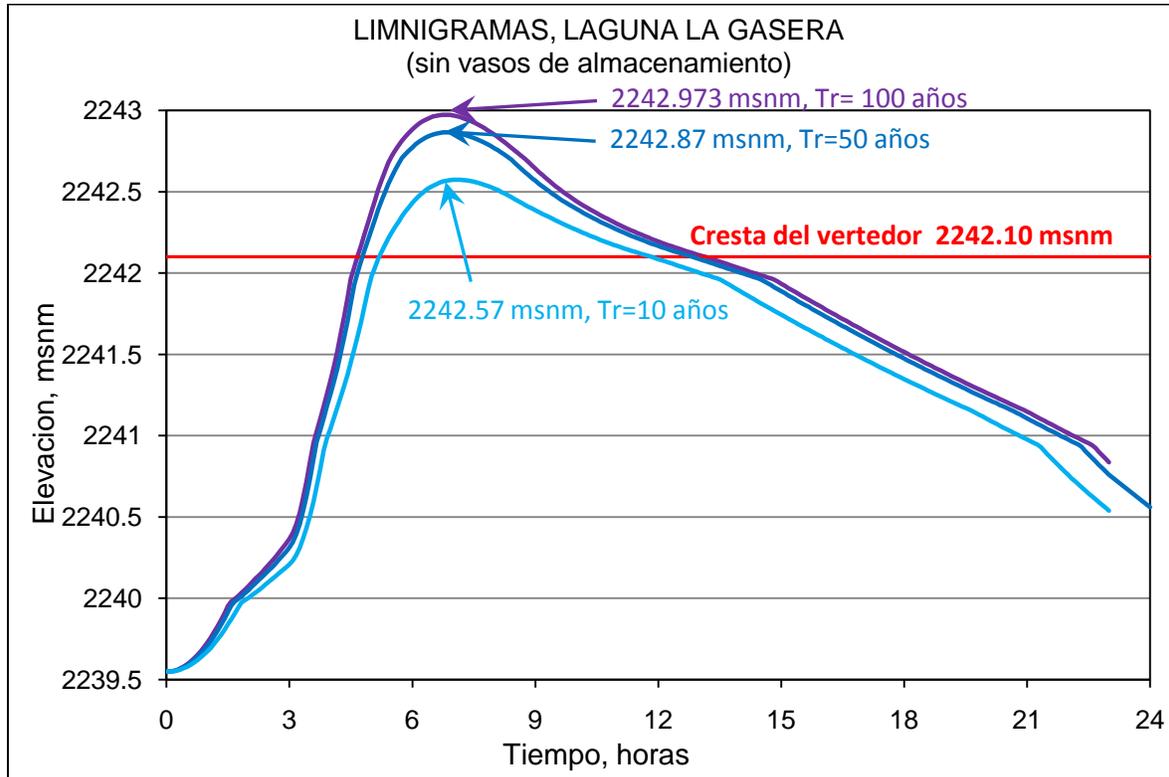


Figura 3.1. 4 Linmigramas de la laguna la Gasera, varios periodos de retorno.

### III.II Con algunas presas Construidas.

Una forma de ver la utilidad de disponer de las presas de almacenamiento que se tienen proyectadas, consiste en hacer la modelación numérica del funcionamiento hidráulico del sistema, con la suposición de que se tienen algunas presas construidas. Para ello, es conveniente definir un criterio que permita decidir cuáles presas se deben construir primero. Se considera que dicho criterio se debe basar en seleccionar aquellos almacenamientos que tienen mayor capacidad de regulación durante el tránsito de avenidas, y que también capten las avenidas de mayor volumen que están asociadas a los periodos de retorno de 50 y 100 años. Como restricción se tiene que el caudal máximo que se descarga al río de La Compañía no debe exceder de  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ .



En el estudio hidrológico que se presenta en Jiménez *et al* (2010), se indica que las avenidas con los mayores caudales llegan a la presa Santo Domingo, ubicada en la cuenca del río San Rafael, y las presas Texcahuey, Zoquiapan y Chihuahua II, que pertenecen a la cuenca del río San Francisco. En la tabla 3.2.1 se muestra la comparación de los caudales máximos,  $Q_E$ , de los hidrogramas que llegan a cada vaso, y también los gastos máximos de salida,  $Q_S$ , para el periodo de retorno de 100 años.

*Tabla 3.2.1 Caudales máximos de los hidrogramas con periodo de retorno de 100 años*

PRESA	$Q_E (m^3/s)$	$Q_S (m^3/s)$	$Q_S/Q_E (%)$	$Q_E - Q_S (m^3/s)$
Santo Domingo *	17.184	8.031	47	9.153
Texcahuey *	13.36	4.735	35	8.625
Zoquiapan *	12.35	11	88	1.35
Chihuahua II *	11.08	4.336	39	6.744
Las Jícaras	7.98	3.866	48	4.114
Xaltocan	6.512	3.451	53	3.061
El Olivar	4.5	4.286	96	0.214

(\*) Presas que tienen prioridad para ser construidas.

De acuerdo a la tabla presentada, se marcan con (\*) las presas que tiene prioridad para ser construidas, ya que estas regulan las avenidas más grandes. Con base en estos datos y utilizando el hidrograma de entrada que cumple con estas características, se procede a realizar el tránsito de avenidas en el vaso de almacenamiento de la laguna.

En la figura 3.2.1 se presentan los hidrogramas de entrada y salida de la laguna *La Gasera*, para un periodo de retorno de 50 años; el gasto máximo de entrada a la laguna es de  $46.903 m^3/s$ , mientras que el gasto de salida es de  $24.833 m^3/s$ , que es menor a los  $30 m^3/s$  que el río de la Compañía puede conducir, por lo que no se tiene ningún problema de desbordamiento; por ello se concluye que al construir las 4 presas, se tiene una buena regulación de las avenidas asociadas a un periodo de retorno de 50 años, provenientes de la cuenca del río San Francisco y San Rafael.

En la figura 3.2.2 se presenta el correspondiente limnigrama para el periodo de retorno de 50 años, se muestra que la cota máxima del agua en la laguna es 2242.7 msnm.

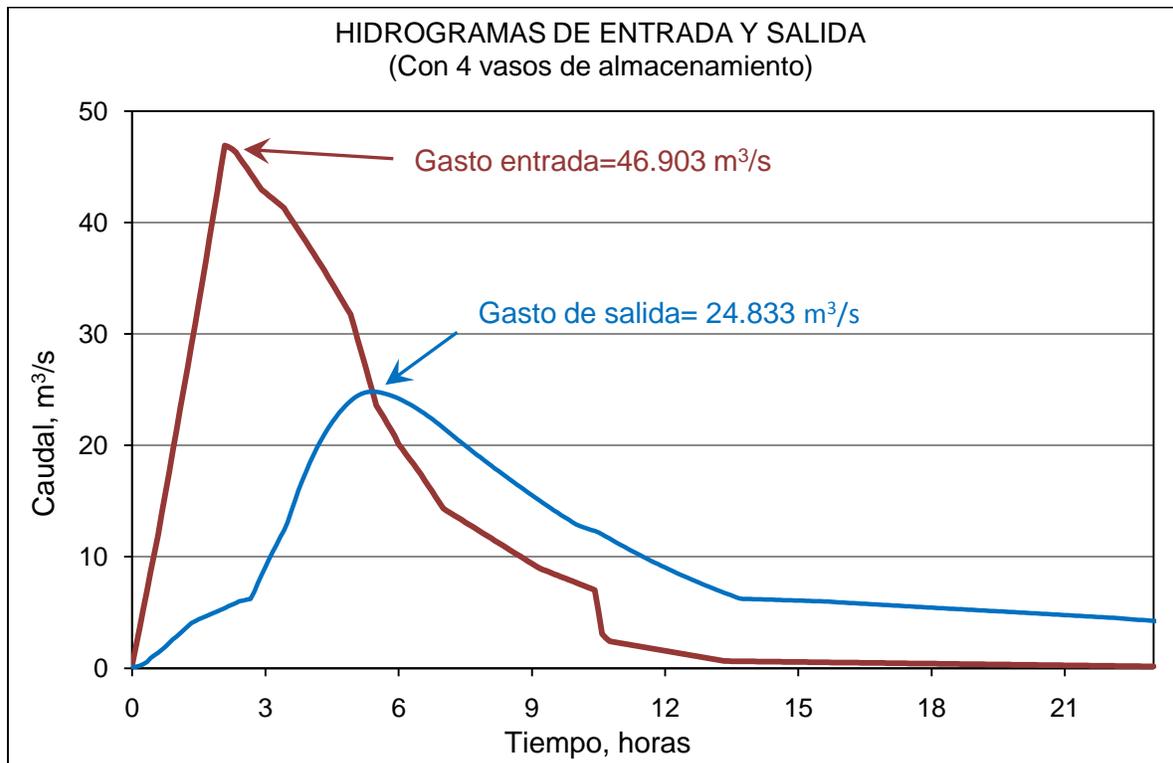


Figura 3.2. 1 Hidrogramas de la laguna la Gasera,  $Tr= 50$  años

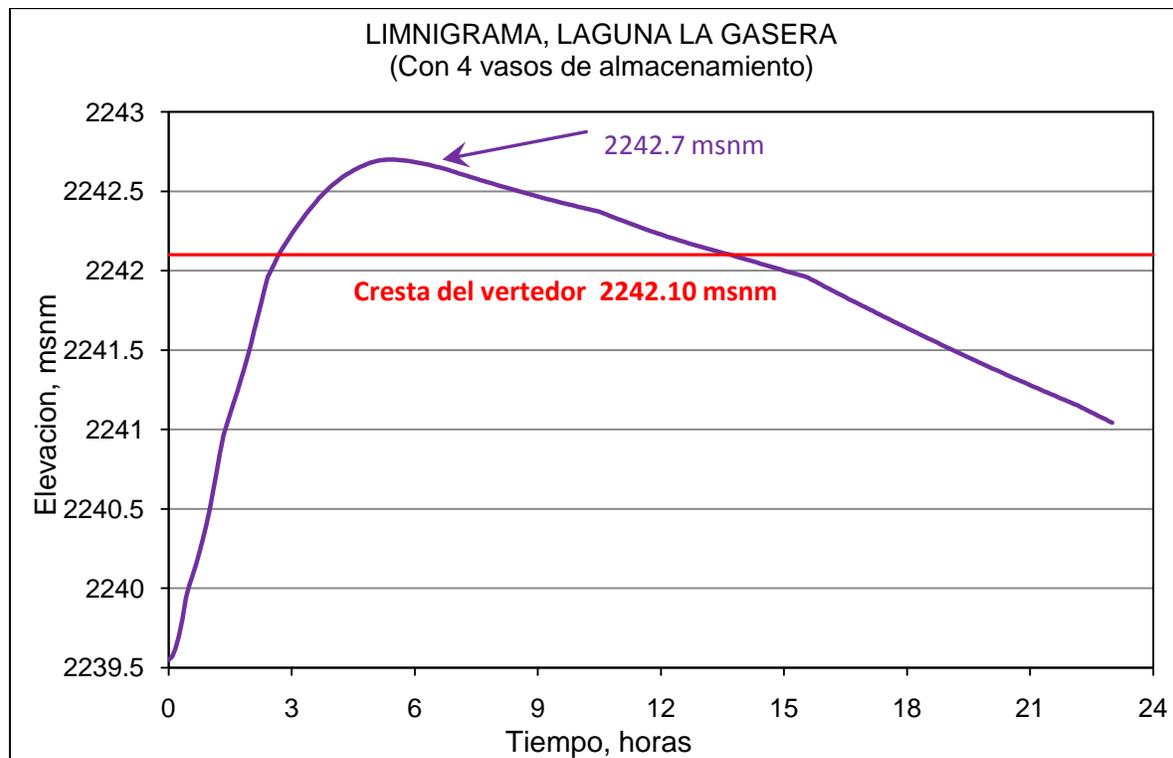
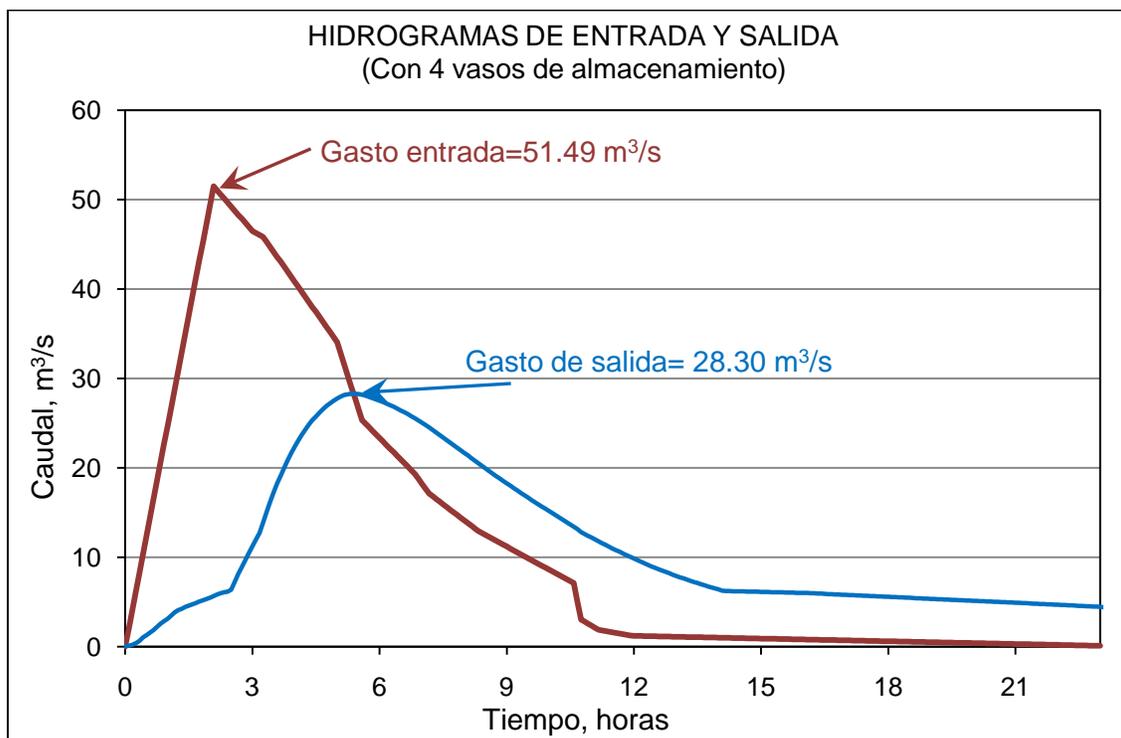


Figura 3.2. 2 Limnigrama de la laguna la Gasera,  $Tr= 50$  años.

En la figura 3.2.3 se presentan los hidrogramas de entrada y de salida de la laguna *La Gasera*, para un periodo de retorno de 100 años; el gasto máximo de salida de la laguna *La Gasera* es de 28.30 m<sup>3</sup>/s, mientras que el de entrada es de 51.49 m<sup>3</sup>/s, es decir, el caudal pico de entrada se reduce en casi el 45%.

De igual forma, para un periodo de retorno de 100 años, el gasto descargado hacia el río de la compañía es inferior, de manera que las 4 presas antes mencionadas regulan de manera normal las avenidas provenientes de la cuenca del río San Francisco y San Rafael.



*Figura 3.2. 3 Hidrogramas de la laguna la gasera, Tr=100 años.*

En la figura 3.2.4 se presenta el correspondiente limnigrama para un periodo de retorno de 100 años, mostrando la cota máxima del agua en la laguna de 2242.77 msnm. Se aprecia que también el nivel del agua rebasa la cota de la cresta del vertedor de la laguna por un periodo de aproximadamente 11 horas.

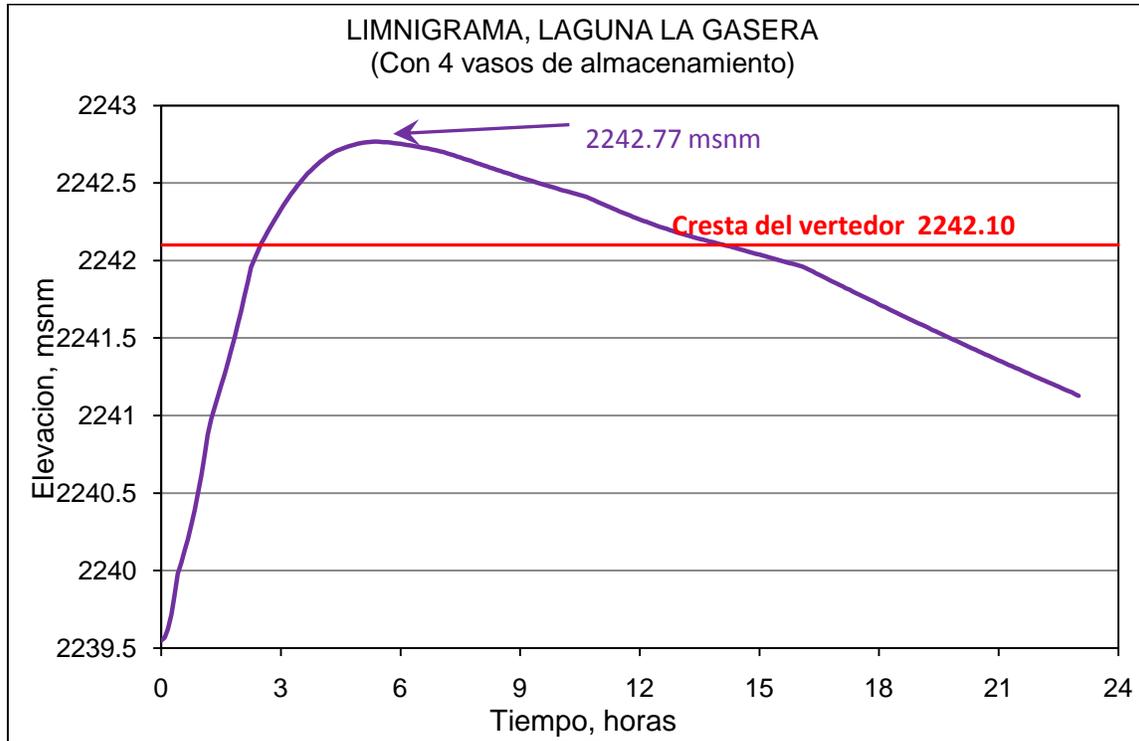


Figura 3.2. 4 Limnigramma de la laguna La Gasera,  $Tr= 100$  años.

### III.III Con todas las presas Construidas.

Para este análisis se considera que se tienen construidas las siete presas: Santo Domingo y Xaltocan en la cuenca del San Rafael; Texcahuey, Zoquiapan, Chihuahua II, Las Jícaras y El Olivar en la cuenca del San Francisco.

En la figura 3.3.1 se presenta el hidrograma de entrada y de salida de la laguna, correspondiente a las condiciones mencionadas. El gasto de salida de la laguna y que entra directamente al río de *La Compañía*, es de  $23.27 \text{ m}^3/\text{s}$ , siendo menor que los  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  que puede conducir el río de *La Compañía*, mientras que el gasto de entrada es de  $42.411 \text{ m}^3/\text{s}$

En la figura 3.3.2 se muestra el limnigramma asociado a el periodo de retorno de 50 años, el nivel máximo del agua dentro de la laguna esta a la cota  $2242.66 \text{ msnm}$ . La cresta del vertedor es superada por un lapso de aproximadamente 11 horas.

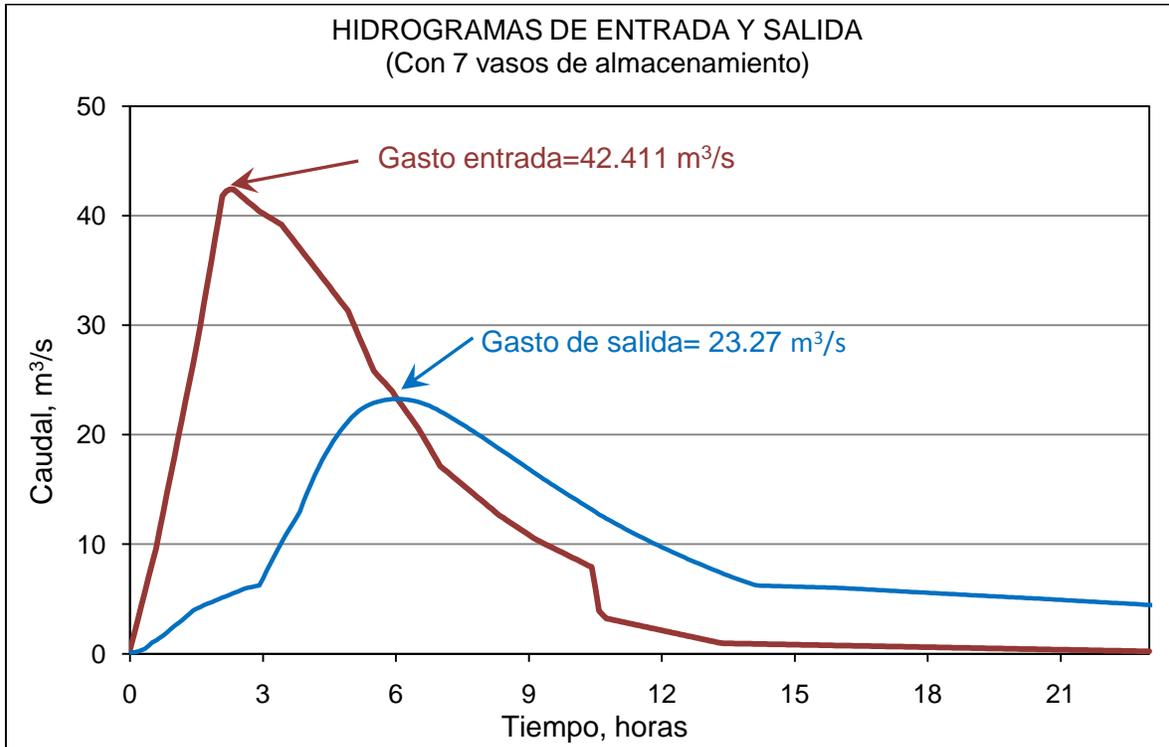


Figura 3.3 1 Hidrogramas de la laguna La Gasera,  $Tr= 50$  años.

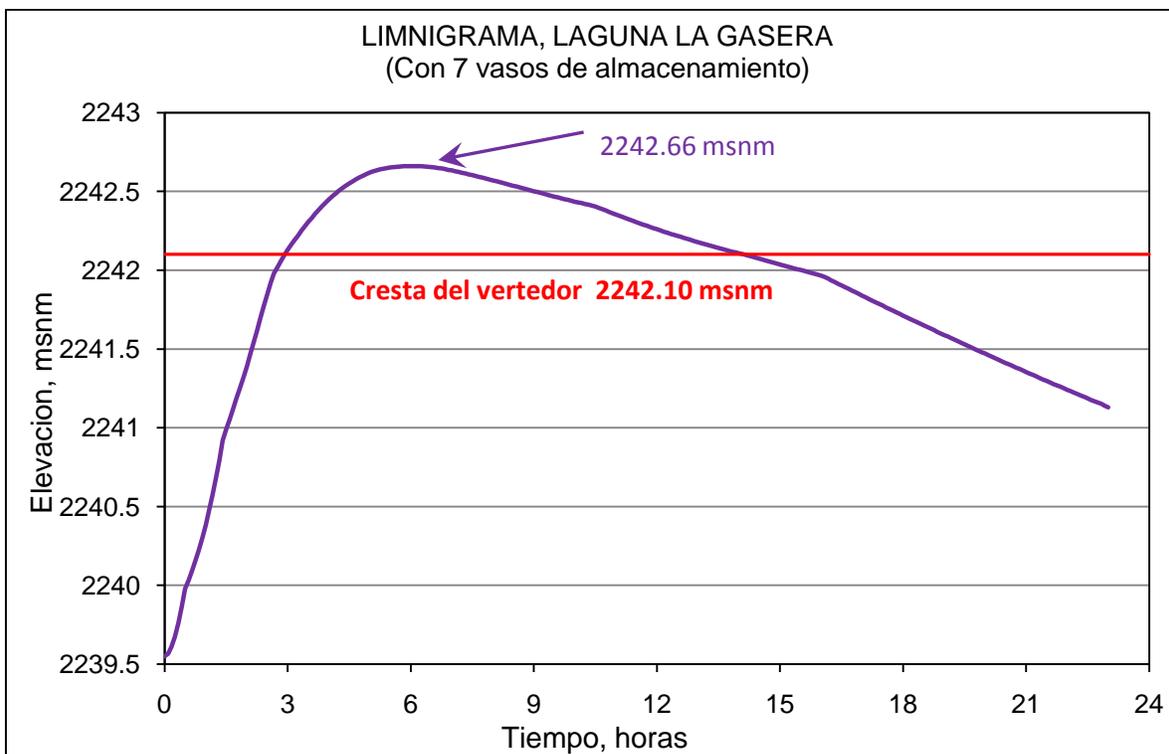


Figura 3.3 Limnigrama de la laguna La Gasera,  $Tr= 50$  años.

En la figura 3.3.3 se presenta el hidrograma de entrada y de salida de la laguna *La Gasera*, asociados a un periodo de retorno de 100 años. El gasto de salida y que entra directamente al río de *La Compañía* es de  $26.45 \text{ m}^3/\text{s}$ , siendo menor que los  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  que puede conducir el río de *La Compañía*, mientras que el gasto de entrada es de  $45.75 \text{ m}^3/\text{s}$ .

El gasto de salida se reduce en aproximadamente en  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  entre la alternativa de construir las 7 presas, o solo construir 4.

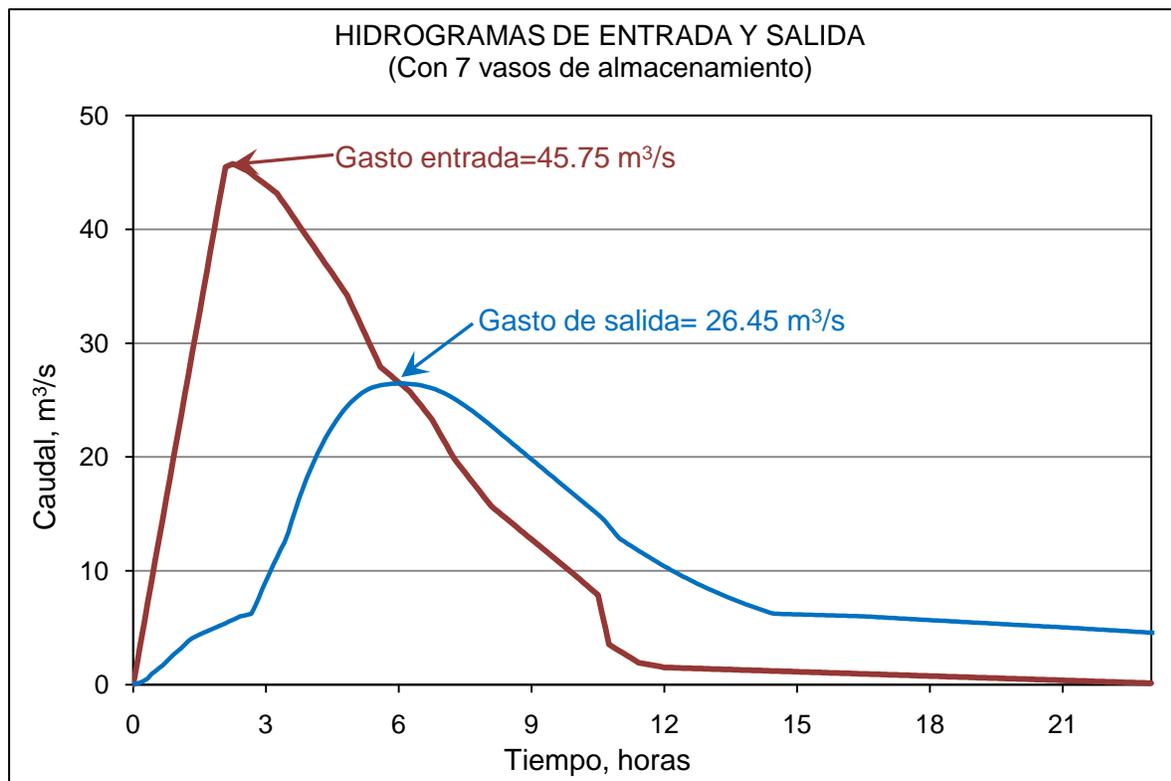


Figura 3.3 2 Hidrogramas de la laguna *La Gasera*,  $Tr=100$  años.

En la figura 3.3.4 se presenta el limnograma de la superficie del agua en el vaso de almacenamiento, con una cota máxima de  $2242.73 \text{ msnm}$ . El nivel de la cresta del vertedor de la laguna es rebasado por el agua en un lapso de tiempo de aproximadamente 11 horas.

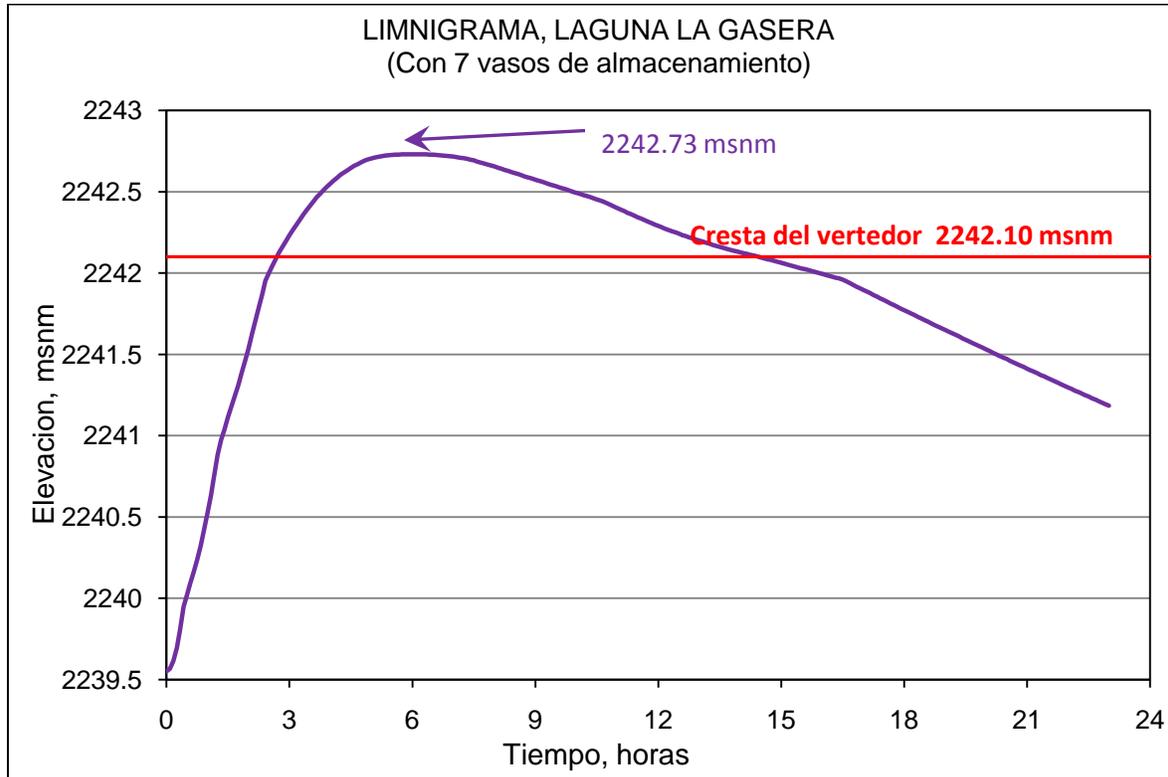


Figura 3.3 3 Limnigramma de la laguna La Gasera,  $Tr = 100$  años.

Al construir las presas se regula de manera adecuada las avenidas provenientes de la cuenca del río San Francisco y de la del río San Rafael. En cuanto a la factibilidad de construir las 7 presas, en el tránsito de avenidas se refleja que con construir las 4 presas con la mayor capacidad de regulación, es suficiente para descargar al río de *La Compañía* menos de los  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ , cuyo valor indica que no se tendrían problemas desbordamientos en el río de *La Compañía*. Mientras no se desee utilizar el agua de las avenidas provenientes de las cuencas, el construir 4 presas es suficiente para regular las avenidas, pero no para aprovechar el agua.

Se recuerda que el tránsito de las avenidas para cuando se tienen cuatro y siete presas construidas, se realizó utilizando los hidrogramas asociados a los periodos de retorno de 50 y 100 años, siendo este ultimo el más desfavorable