



IV. ADECUACIONES DE LA LAGUNA LA GASERA Y SUS ESTRUCTURAS.

Desafortunadamente, se han presentado diversas circunstancias que han impedido la construcción de alguno de los siete almacenamientos que se tienen proyectados; por ello, se ha contemplado la posibilidad de hacer algunas adecuaciones a la laguna, que permitan mejorar su capacidad actual de almacenamiento y regulación. En este capítulo se incluye el análisis de varios escenarios como posibles alternativas.

Es conveniente aclarar que mientras no se construya ninguna presa, la capacidad de almacenamiento de la laguna es escasa, comparada con los volúmenes de escurrimiento directo que ingresan a la misma; por esta razón se considera conveniente proponer dos adecuaciones al sistema hidráulico: uno de ellos consiste en modificar la estructura de descarga de la laguna, de tal manera que se incrementen de manera notable los caudales que descarga la laguna, desde el inicio del ingreso de las avenidas, pero con la limitación de que el caudal máximo de salida de la estructura de descarga no sea mayor que $30 \text{ m}^3/\text{s}$, cuyo gasto es el máximo que es capaz de conducir el río de *La Compañía*, sin presentar problemas de desbordamiento. La otra adecuación se basa en hacer trabajos de dragado en la laguna para aumentar su capacidad de almacenamiento durante el tránsito de las avenidas.

IV.1 Definiciones de niveles del sistema hidráulico.

Se hace notar que con las adecuaciones propuestas se busca no aumentar los niveles de los bordos, ya que al hacerlo, se tiene el riesgo de que ante la eventual falla de un

tramo de bordo, se tengan problemas ocasionados por inundaciones que no se pueden controlar. De esta manera, se propone tomar como base los niveles de los bordos perimetrales que actualmente se tienen en el sistema hidráulico, y a partir de ellos, definir los demás niveles de las otras estructuras hidráulicas, como las derivadoras y la estructura de descarga de la laguna.

IV.1.1 Bordos.

El nivel en la corona de los bordos perimetrales que confinan a la laguna La gasera es la cota 2243.60 msnm, que es la que actualmente se tiene. Se recuerda que los bordos perimetrales de la laguna, también forman parte de la margen derecha del tramo aguas arriba de la derivadora del río San Rafael y de la margen izquierda del tramo aguas arriba de la derivadora del río San Francisco. Véase figura 4.1.1.

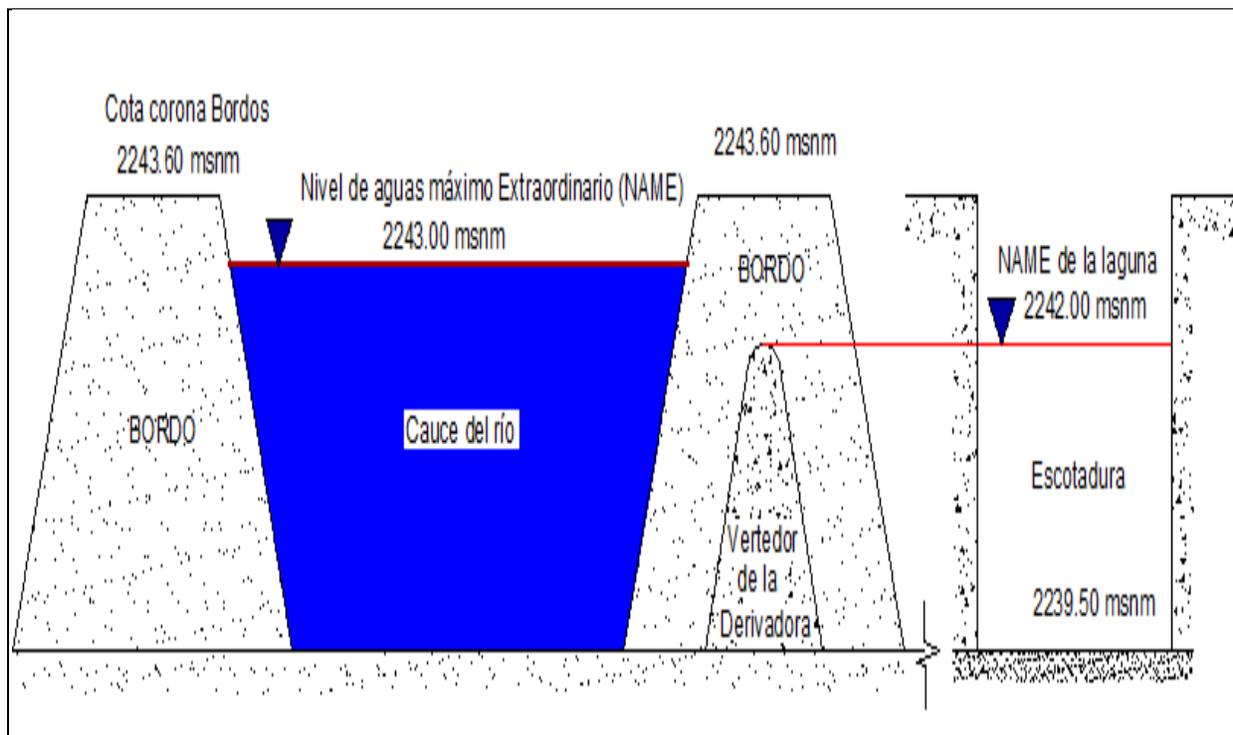


Figura 4.1. 1 Definición de niveles de las estructuras del sistema hidráulico de la laguna.



IV.I.II *Nivel de Agua Máximo Extraordinario (NAME), en los cauces*

Con base en el nivel de la corona de los bordos, y que además se recomienda un bordo libre de 0.60 m, el NAME de la superficie libre del agua en los cauces de los ríos San Francisco y San Rafael queda definido en la cota 2243.00 msnm, véase la figura 4.1.1.

IV.I.III *Cresta de los vertedores de las derivadoras.*

Con los niveles antes definidos, la elevación de las crestas de los vertedores de las derivadoras, se pueden definir al considerar que la carga sobre las crestas de ambas derivadoras sea de 1.00 m, con descarga libre hacia la laguna para garantizar la eficiencia de la descarga. De esta manera, los niveles de las crestas de los vertedores de las derivadoras quedan definidos en la cota 2242.00 msnm, como se indica en la figura 4.1.1.

IV.I.IV *Nivel del Agua Máximo Extraordinario (NAME), en la laguna.*

El nivel del agua en la laguna es función de los niveles antes definidos. El nivel del agua en la laguna no tiene que superar la cota de la cresta de los vertedores de la derivadora; ya que si esto sucede, el vertedor de las derivadoras funcionaría con descarga ahogada, lo que disminuiría su eficiencia. Con estas consideraciones, el nivel del NAME debe ser la cota 2242.00 msnm, que es el mismo nivel al que se encuentran las crestas de los vertedores de las derivadoras, (véase la figura 4.1.1).

IV.II *Estructura de descarga de la laguna.*

Se recuerda que la estructura de descarga de la laguna está integrado por 3 orificios de sección cuadrada, con 0.76 m de lado, a la cota 2239.5, y un vertedor tipo cimacio de cresta libre a la cota 2242.10 msnm.

Los orificios mencionados funcionan adecuadamente cuando se requiere controlar de manera natural el vaciado de un almacenamiento, sin embargo, es conveniente mejorar la capacidad de descarga de esta estructura; por ello se propuso quitar estos orificios y dejar una escotadura. Se realizaron diversas propuestas de las dimensiones de la escotadura, hasta quedar en una sección de 4 m de ancho para sustituir a los tres orificios que existen actualmente.

De esta manera, en la figura 4.2.1 se indica en color azul la ley de descarga de la estructura mencionada, y en color anaranjado se presenta la ley de descarga de los orificios. Se nota claramente la mayor capacidad de descarga que se tiene con la escotadura desde el inicio de la avenida.

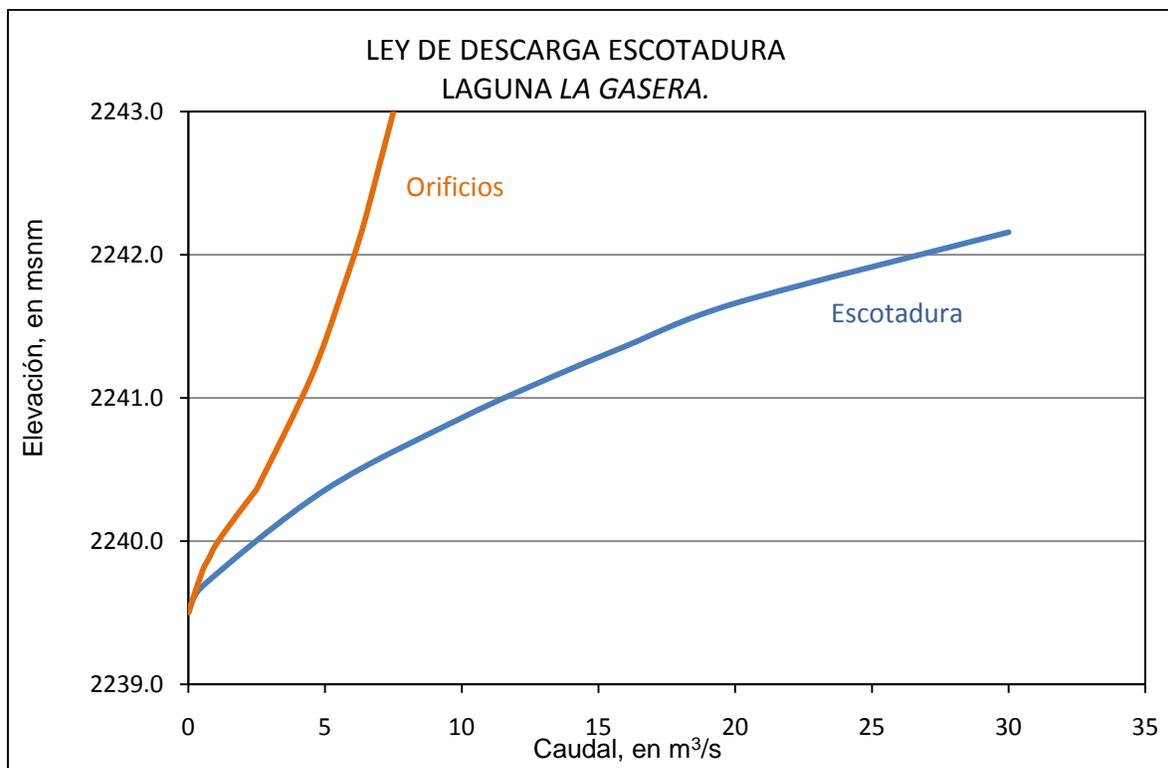


Figura 4.2. 1 Comparación de la ley de descarga de los orificios vs escotadura.

IV.III Definición de la curva Elevaciones – Áreas (E-A), de la laguna.

Condiciones actuales de la laguna, con una escotadura como estructura de descarga.

Al realizar el tránsito de la avenida asociada al periodo de retorno de 100 años, se tiene que tanto el nivel del agua en la laguna como el caudal máximo descargado exceden los valores de diseño, en la figura 4.3.1 se presentan los hidrogramas de entrada y salida asociados a un periodo de retorno de 100 años, sin aumentar la de almacenamiento de la laguna, se observa que el gasto de salida es de $37.39 \text{ m}^3/\text{s}$, que es superior al permitido.

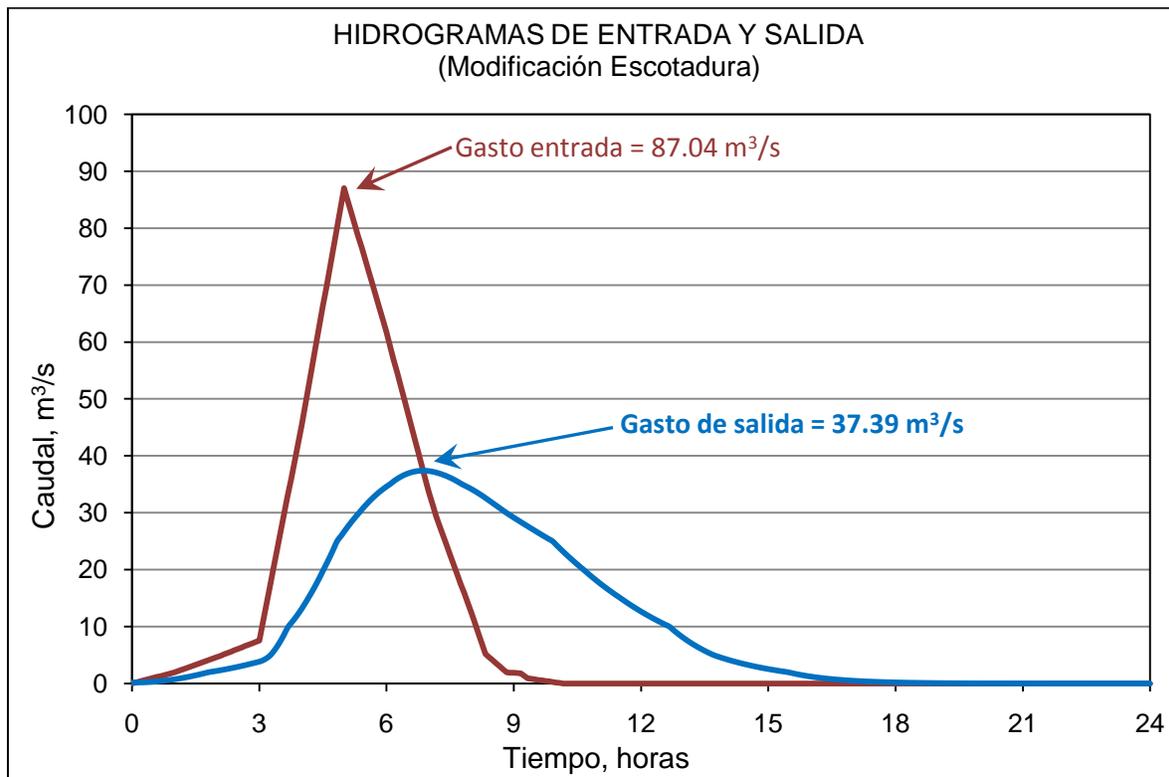


Figura 4.3. 1 Hidrograma de la laguna La Gasera, $Tr = 100$ años, sin Dragar.

En la figura 4.3.2 se presenta el limnigrama de la laguna, cuyo nivel de la superficie libre del agua se encuentra en la cota 2242.79, el cual supera al NAME de la laguna por casi 0.80 m.

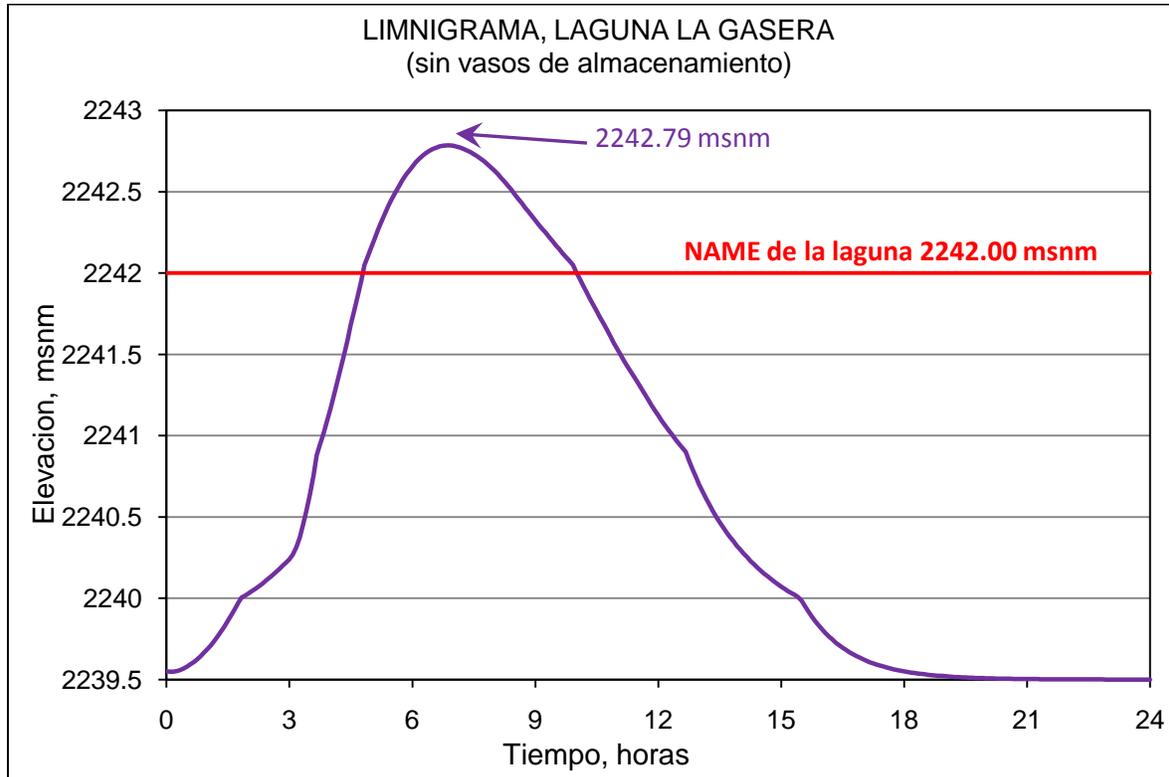


Figura 4.3. 2 Limnigramma de la laguna La Gasera, $Tr=100$ años, sin Dragar.

Análisis con una escotadura como estructura de descarga y con Dragado en la laguna.

Con base en estos resultados se propuso aumentar el volumen de almacenamiento de la laguna. La capacidad de almacenamiento de la laguna se puede mejorar de dos formas: una de ellas consiste en aumentar la cota de la corona de los bordos perimetrales de la laguna y la otra el realizar trabajos de dragado dentro del almacenamiento.

La alternativa más recomendable es la de dragar; no se recomienda aumentar la altura de los bordos por razones de seguridad, ante la posibilidad de la falla de alguno de sus tramos.

Una manera de estimar las superficies de dragado para aumentar la capacidad de almacenamiento de la laguna, se basa en emplear la curva elevaciones-áreas de la laguna, y con esto observar la respuesta del almacenamiento durante el tránsito de una avenida extraordinaria.

En la figura 4.3.3 se incluye, en color azul océano, la curva elevaciones – áreas de la laguna obtenida de un levantamiento topográfico en el año 2000.

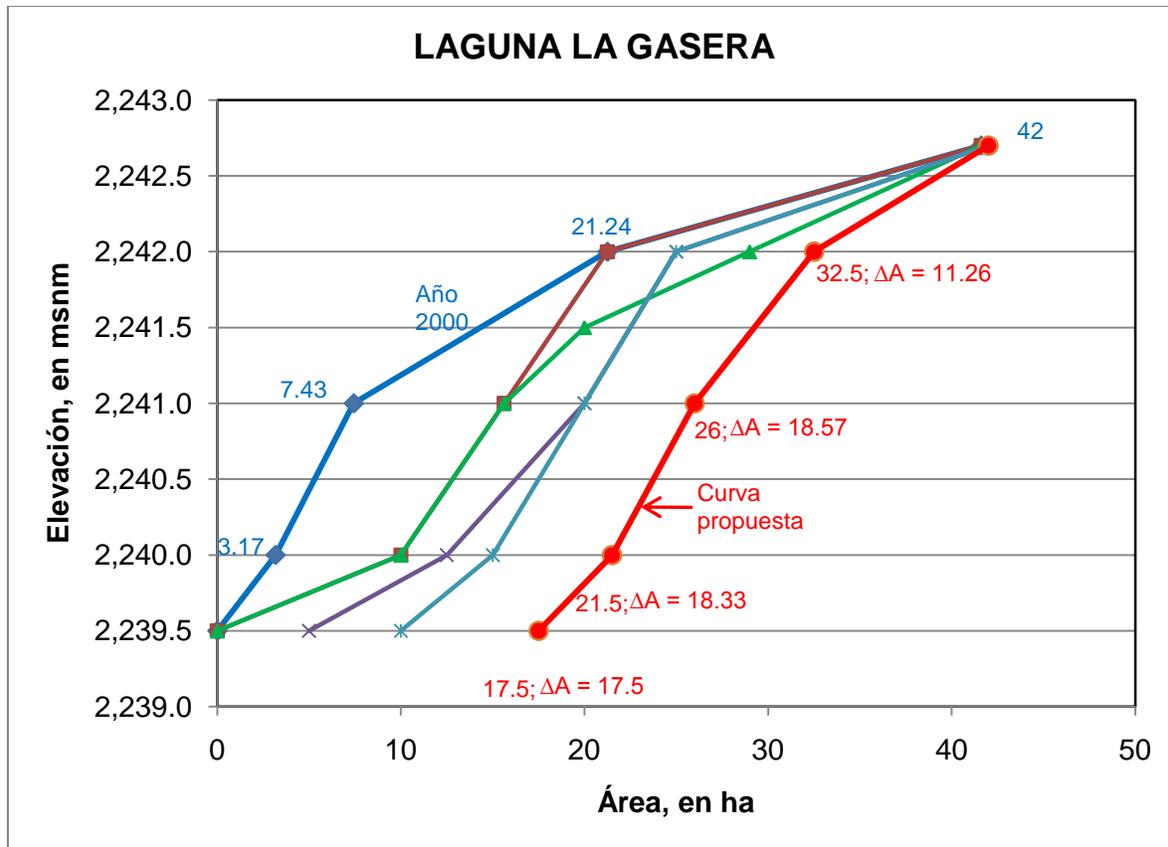


Figura 4.3. 3 Curvas Elevaciones – áreas

Lo que se hizo fue proponer el área disponible para diferentes curvas de nivel, y después calcular el correspondiente volumen de almacenamiento, cuyas curvas se incluyen en la figura 4.3.4.

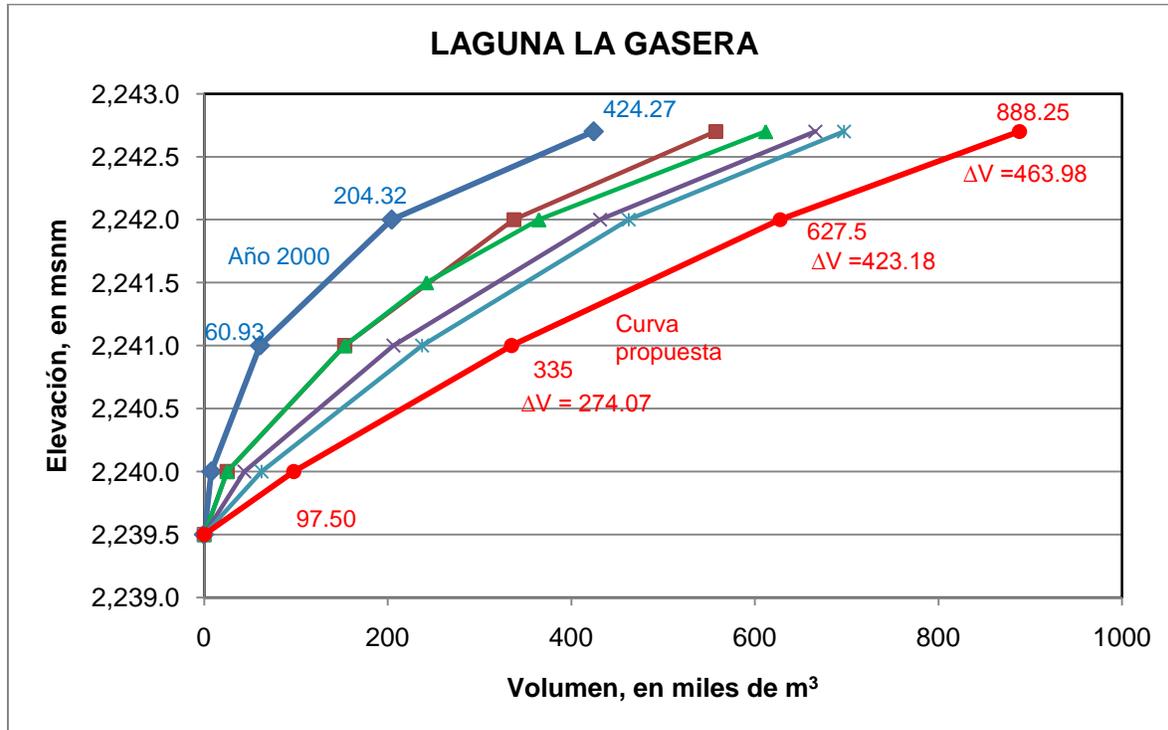


Figura 4.3. 4 Curvas Elevaciones – volúmenes

Después de varias curvas propuestas se llegó a definir las curvas mostradas con color rojo, y se procedió a modelar primero el tránsito de la avenida asociada a un periodo de retorno de 50 años y 100 años.

a) *Análisis para un periodo de retorno de 50 años.*

En la figura 4.3.5 se presentan los hidrogramas de entrada y salida de la laguna, el gasto máximo que sale de la laguna y entra al río de *La Compañía* es de 22.62 m³/s. Se puede ver claramente que este gasto es menor al caudal máximo que es capaz de conducir el río de *La Compañía*.

En la figura 4.3.6 se presenta el correspondiente limnigrama en la laguna, donde se indica que el nivel máximo del agua en el almacenamiento se encuentra a la cota 2241.83 msnm; este valor queda por debajo del NAME de la laguna.

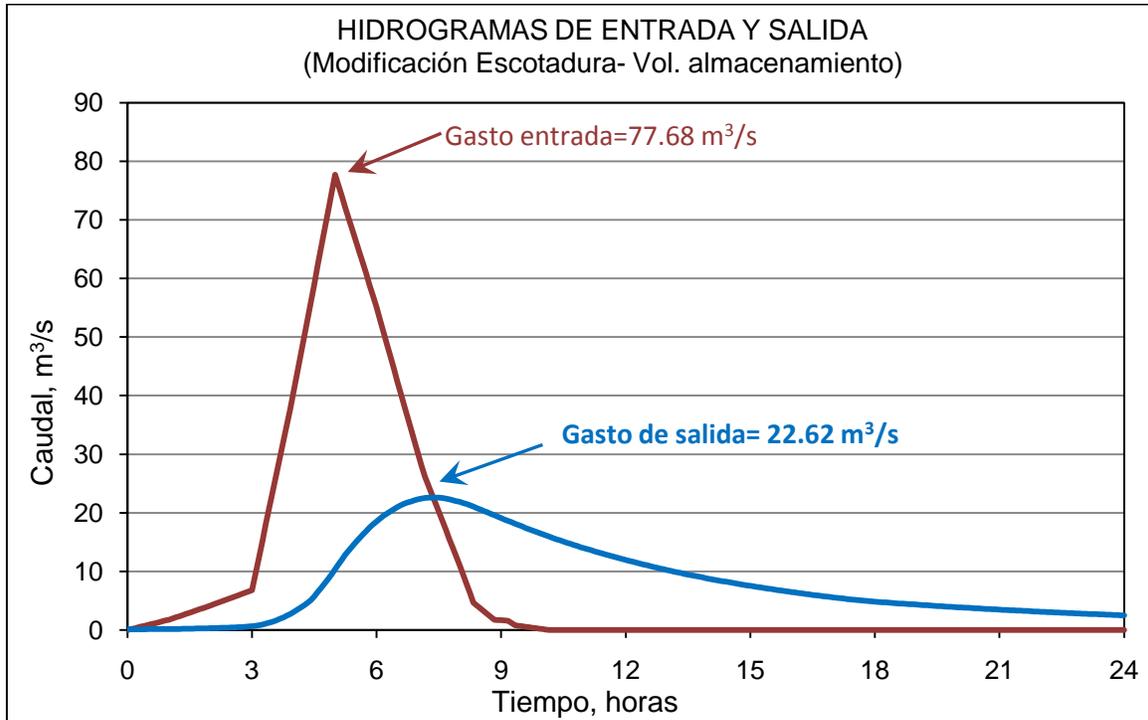


Figura 4.3. 5 Hidrograma de la laguna La Gasera, $Tr=50$ años.

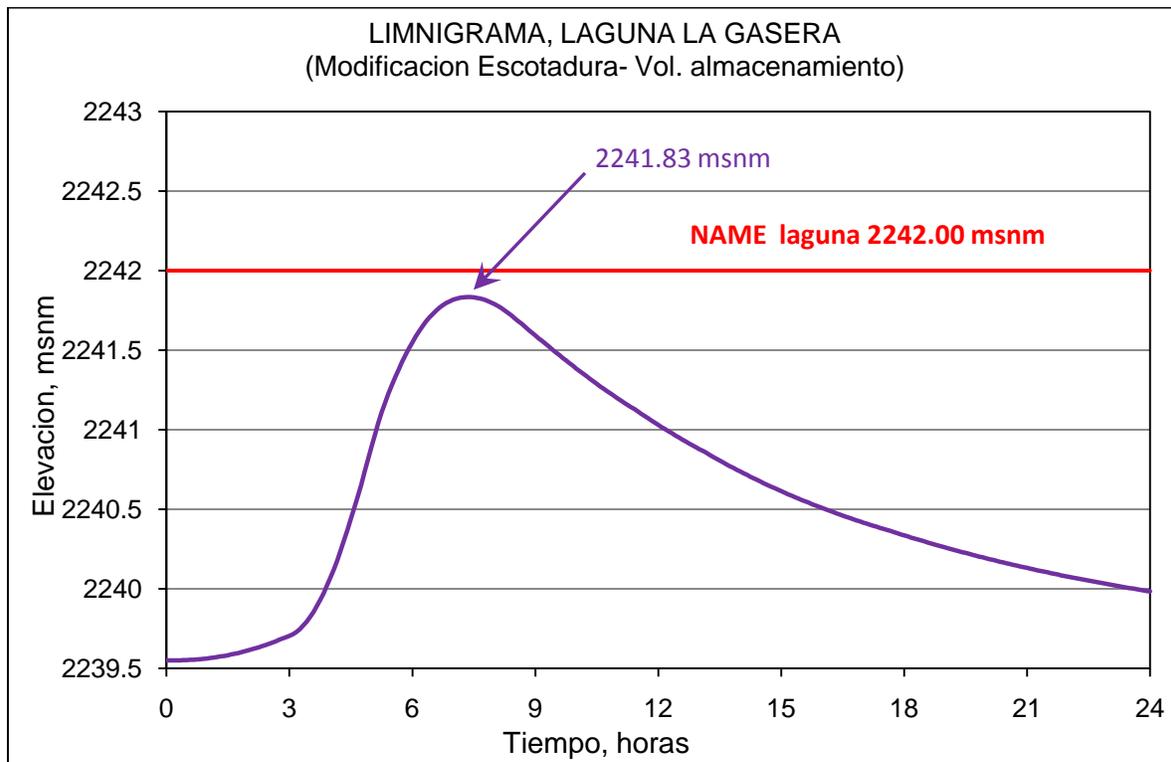


Figura 4.3. 6 Limnigrama de la laguna, $Tr=50$ años

b) Análisis para un periodo de retorno de 100 años.

Se presenta también la modelación del tránsito de la avenida asociada a un periodo de retorno de 100 años, como revisión de la curva propuesta *E-A (Elevaciones Áreas)* de la laguna. Los hidrogramas de entrada y salida del tránsito de avenidas se presentan en la figura 4.3.7, donde se indica que el gasto máximo que sale de la laguna y entra directamente al río de *La Compañía* es de $26.66 \text{ m}^3/\text{s}$, siendo este valor menor que el gasto máximo recomendado de descarga hacia el río de *La Compañía*.

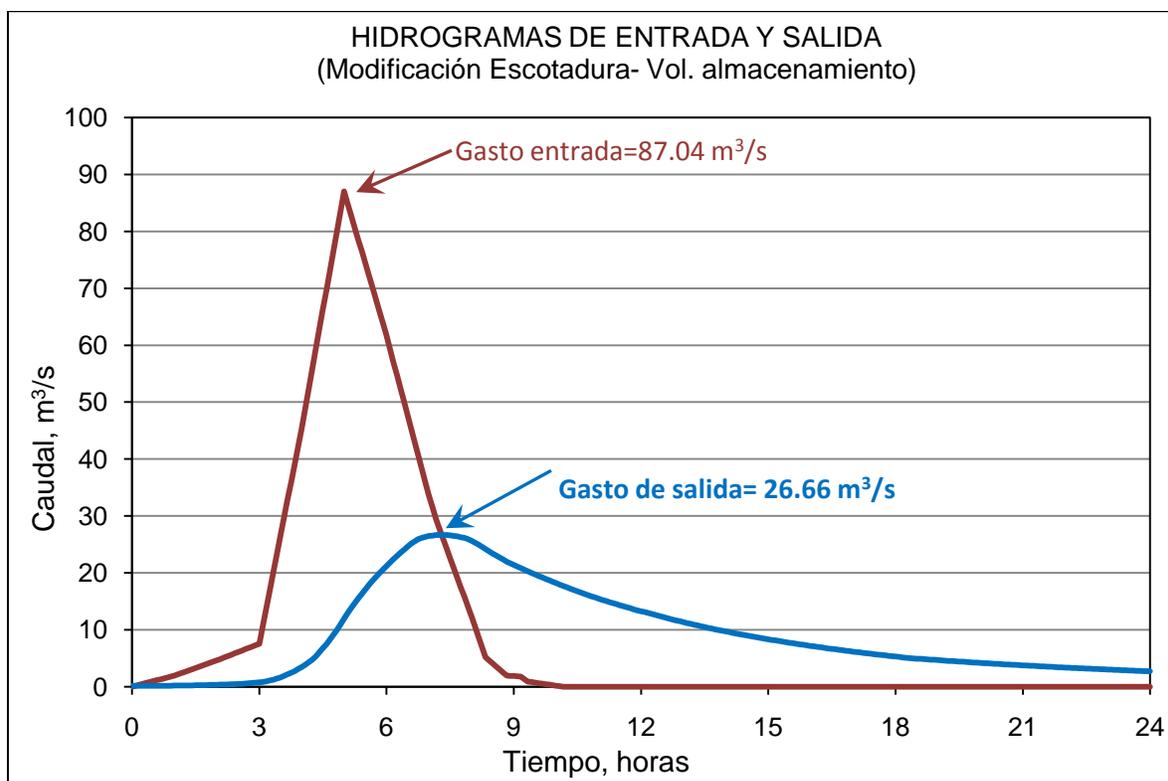


Figura 4.3. 7 Hidrograma de la laguna La Gasera, $Tr=100$ años.

En la figura 4.3.8 se presenta el correspondiente limnigrama en la laguna, donde se indica que el nivel máximo del agua en la laguna es prácticamente la cota 2242.00 msnm, siendo este el nivel del *NAME* de la laguna.

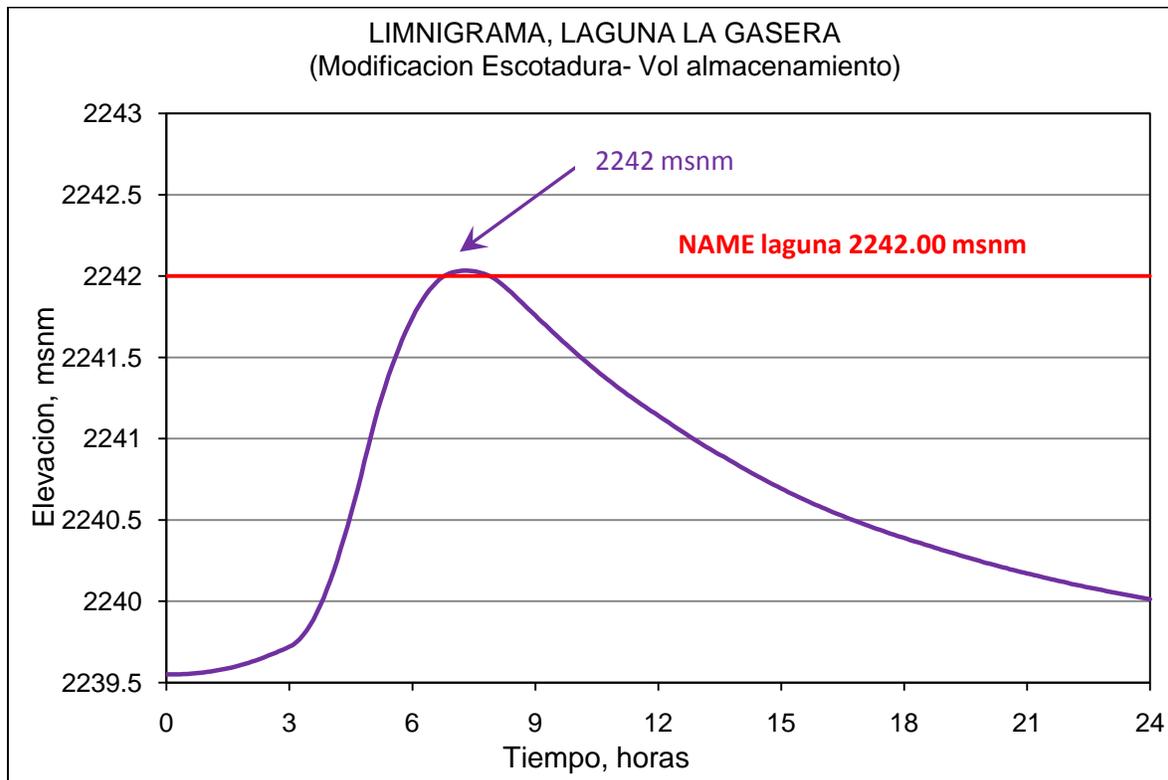


Figura 4.3. 8 Limnigramma de la laguna, $Tr=100$ años.

Con la curva de Elevaciones – Áreas propuesta, se cumple con la condición de descarga máxima hacia el río de *La Compañía*, si el nivel en la laguna sobrepasa el nivel máximo permitido, basta con aumentar la capacidad del almacenamiento, siempre teniendo en cuenta la factibilidad del volumen de material que se puede dragar.

