

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela de Ingeniería



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**"EL RIO SANTIAGO, UNA ALTERNATIVA PARA EL
ABASTECIMIENTO DE AGUA A GUADALAJARA"**

TESIS PROFESIONAL

que para obtener el título de:

INGENIERO CIVIL

presenta:

IGNACIO CELESTINO SANCHEZ RAMIREZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

-INDICE-

1.	Introducción	1
2.	Sistema de abastecimiento actual	3
2.1	Sistema Río Santiago	3
2.2.	Sistema de aguas del subsuelo	5
3.	Lago de Chapala	8
3.1.	Características físicas	8
3.2.	Características hidrológicas	10
3.3.	Operación hidrológica del Lago.	14
3.4.	Dependencia de Chapala de la cuenca Lerma	19
4.	Demanda futura de agua potable	27
4.1.	Crecimiento demográfico de la zona metropolitana.	27
4.2.	Abatimiento de los acuíferos del subsuelo	31
5.	Obras en proceso de ejecución	33
5.1.	Acueducto Chapala-Guadalajara	33
5.2.	Agua del subsuelo, Toluquilla, Tesistán	34
6.	Proyectos estudiados o en estudio	35
6.1.	Vasos alternos Huejotitán y Cajititlán	35
6.2.	Derivadora El Purgatorio	36
6.3.	Vaso de Los Encinos	38
6.4.	Vaso de Tinajeros	38
6.5.	Conducción alta de La Zurda	39
6.6.	Otros acuíferos	39

7.	Hidrología de la cuenca del río Santiago	41
7.1.	Ubicación y características generales	41
7.2.	Características hidrológicas de la -- cuenca.	45
8.	Posibilidades de almacenamiento de las a- guas del río Santiago.	67
8.1.	Vaso de Santa Fe	67
8.2.	Cortina	82
8.3.	Conducción a Guadalajara	88
9.	Estudio comparativo	90
10.	Conclusiones	98
	Cuadros	101
	Bibliografía	121

1.- INTRODUCCION.

Entre las grandes ciudades de México, Guadalajara ocupa un lugar privilegiado en lo que se refiere a su abastecimiento de agua, ya que este servicio puede considerarse como seguro, suficiente y barato; compárese, por ejemplo, el abastecimiento de esta ciudad con los costosos y complicados sistemas de abastecimiento del Distrito Federal, de Monterrey o de Mexicali, y la bondad del sistema de Guadalajara se hace evidente.

Es de primordial interés para los habitantes de la zona metropolitana de Guadalajara el tratar que el servicio de agua potable conserve las características de seguridad, suficiencia y economía. Por lo tanto, debe procurarse que las nuevas obras que se emprendan, para satisfacer la creciente demanda, no solamente sean económicas en su costo inicial, sino buscar especialmente que sean seguras y económicas en cuanto a su operación, ya que esto último implica un costo permanente.

Uno de los objetivos del presente trabajo, es enfatizar los graves inconvenientes que para Guadalajara y su región circunvecina representa el que su abastecimiento de agua potable dependa, casi exclusivamente, de las extracciones del lago de Chapala, por lo que se dará especial importancia al estudio de los datos referentes a este Lago y a su principal fuente de abastecimiento que es la cuenca del Lerma; para así poder mostrar que el lago de Chapala no es una fuente confia-

ble para satisfacer las futuras demandas de agua potable de la zona metropolitana de Guadalajara. Por lo tanto, se deben considerar, dentro de los estudios, como primordiales aquellos proyectos que no involucran directamente el uso del agua del Lago.

Por otra parte, y por razón natural, de los factores -- que más influyen en los costos de operación de las obras de abastecimiento, son la cercanía de la fuente de aprovechamiento y su altitud, ya que estos son determinantes de la longitud de la línea de conducción y de la magnitud del bombeo necesario.

De todas las posibles fuentes de abastecimiento, una de las más cercanas a Guadalajara es el río Santiago. Este estudio trata de mostrar las ventajas de utilizar los volúmenes de agua de ese río, que actualmente están prácticamente subutilizadas, como una fuente complementaria para satisfacer la creciente demanda de la zona metropolitana.

2.- SISTEMA DE ABASTECIMIENTO ACTUAL DE AGUA POTABLE DE LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA.

El abastecimiento actual proviene de dos fuentes: aguas superficiales y aguas del subsuelo. Las aguas superficiales provienen del lago de Chapala y forman lo que se llama Sistema río Santiago; las aguas subterráneas se extraen principalmente de Tesistán y Los Colomos.

2.1 SISTEMA RIO SANTIAGO.

2.1.1. Características del Sistema río Santiago.

En el Sistema río Santiago, las aguas almacenadas en Chapala se dejan escurrir por el cauce del río Santiago hasta la presa derivadora Corona.

Las aguas del Río derivadas en la presa Corona son conducidas por el canal de Atequiza que en una longitud de 28 kilómetros tiene una capacidad de 10 metros cúbicos por segundo, del cual se dispone de una demanda máxima de cuatro metros cúbicos para riego en una superficie de 3,453 hectáreas.

El Canal desemboca en el vaso regulador La Calera, con capacidad útil de 300,000 metros cúbicos, en el que está instalada la Planta de Bombeo No. 1 que con cinco unidades de bombeo de 2,000 litros por segundo cada una, elevan los caudales a 22 metros de altura. De

esta capacidad instalada se consideran cuatro unidades de servicio y una de reserva, con lo cual la capacidad normal máxima es de ocho metros cúbicos por segundo.

La tubería de la Planta No. 1 descarga a un segundo Canal llamado Las Pintas, de 25 kilómetros de desarrollo, el -- que también tiene servicios de riego. Su capacidad es de nueve metros cúbicos por segundo y alimenta el cárcamo de bombeo de la Planta No. 2. El Canal se deriva hacia el oriente por un ramal de 450 metros para conectar al vaso regulador de Las Pintas con capacidad útil de 200,000 metros cúbicos y un total de 350,000 metros cúbicos. Dicho Vaso tiene el propósito de sedimentar una parte importante de los sólidos en suspensión y reducir el tratamiento en la Planta.

La Planta de Bombeo No. 2 tiene instaladas cinco bombas horizontales de un metro cúbico por segundo de capacidad y -- una vertical de dos metros cúbicos por segundo y eleva el agua a 55 metros de altura, a lo largo de dos tuberías de acero con diámetro variable de 1.30 a 1.60 metros y una longitud de 1,650 metros con capacidad normal de 4,000 litros por segundo.

En la descarga de las tuberías de la Planta No. 2 se origina el último tramo de conducción de agua cruda, denominado canal de El Cuatro, con capacidad de cuatro metros cúbicos por segundo y una longitud de tres kilómetros. Se cuenta ya con otro canal estibado paralelo, con capacidad de cinco metros cúbicos. Los dos están ya conectados con la Planta de Tratamiento.

Las aguas que proceden del lago de Chapala necesitan -- tratamiento especial de clarificación y purificación. El proceso de tratamiento consiste en decantar y preclorinar, provocando floculación con sulfato de aluminio, hidrato de calcio y sílice activada. El agua clarificada pasa a una sección de filtros y de ahí, con una cloración final, a la ciudad. La capacidad de la Planta de Tratamiento es de nueve metros cúbicos por segundo.

2.1.2. Evolución del sistema río Santiago.

Las aguas extraídas del lago de Chapala han servido, -- desde el inicio de su utilización, para satisfacer el aumento de la demanda de agua potable de la zona metropolitana, así - los volúmenes aportados por el Sistema río Santiago han aumentado en un metro cúbico por segundo en 1956 a 5.370 metros cubicos por segundo.

En el cuadro No. 1 se indican los volúmenes anuales a- portados desde 1956.

Debe tenerse en cuenta que el Sistema río Santiago in- crementa su aportación no solamente debido al crecimiento de- moográfico, sino que también subsana las deficiencias de las - otras fuentes de abastecimiento, que a excepción hecha del -- Sistema Tesistán, todas tienden a disminuir sus caudales.

2.2 SISTEMA DE AGUAS DEL SUBSUELO.

Este sistema aprovecha tanto los volúmenes extraídos de

pozos profundos como los de Tesistán y los provenientes de manantiales como Los Colomos.

2.2.1. Sistema Tesistán.

Consiste en 21 perforaciones a profundidad media de 177 metros, ubicadas en las cercanías de Tesistán, municipio de Zapopan. Suministra 905 litros por segundo.

2.2.2. Sistema Colomos.

Aprovecha los manantiales ubicados en la zona de Los Colomos; los principales son: La Campana, Chochocate, El Barreno y Rosa Amarilla. Aportan 147 litros por segundo.

2.2.3. Otros aprovechamientos subterráneos.

Sistema El Deán.- Las unidades de explotación de este sistema son cuatro pozos que con un promedio de 106 litros por segundo abastece principalmente la Zona Industrial.

Sistema Agua Azul.- Consta de 12 pozos con un gasto promedio de 165 litros por segundo. Todos estos pozos llegan a la Planta de Rebombeo No. 8, localizada en González Gallo y Dr. R. Michel y de ahí a la zona suroeste del Sector Reforma.

Pozos Varios.- En diferentes puntos de la ciudad se encuentra una serie de pozos localizados principalmente en la zona poniente de la ciudad, con un gasto total aproximado de 949 litros por segundo.

En total se obtienen 2,272 litros por segundo del subsuelo. Los volúmenes anuales de agua potable aportados a la-

zona metropolitana son: Sistema río Santiago, 169.222 (70%)- millones de metros cúbicos, del subsuelo 71.65 millones de me tros cúbicos o sea el 30% del total de 240.872 millones de me tros cúbicos.

3. LAGO DE CHAPALA.

Siendo el lago de Chapala la principal fuente de abastecimiento de agua potable de Guadalajara, se considera de interés presentar los datos referentes a este Lago, sus características físicas, su funcionamiento y su operación actual.

3.1. CARACTERISTICAS FISICAS.

El Lago es el mayor almacenamiento natural del país con una capacidad total de 6,354 millones de metros cúbicos, a la elevación de 1,524.60 m.s.n.m., inundando a esta elevación una superficie de 1,117.94 kilómetros cuadrados.

El eje mayor del Lago tiene una dirección este-oeste con una longitud aproximada de 80 Km. y anchura máxima de 20 Km.

En la parte oriental del Lago desemboca el río Lerma que junto con el río de la Pasión, que desemboca en la parte sur, son los principales afluentes; el río Santiago, único efluente del Lago, tiene su embocadura en la parte noroeste junto a la población de Ocotlán.

El Vaso natural del Lago tenía una capacidad de 2,603.72 millones de metros cúbicos a la elevación de 1,521 m.s.n.m. con una área inundada de 929.88 kilómetros cuadrados, pero con la construcción a principios de este siglo de la Presa de Poncitlán sobre el río Santiago se aumentó su capacidad de almacenamiento a la cifras anteriormente citadas, lo que permitió regularizar los escurrimientos del río Santiago y su aprovechamiento en la generación de energía eléctrica aguas abajo de Poncitlán.

Otra consecuencia de la construcción de la Presa de Poncitlán fue que el vaso del Lago prácticamente se extendió hasta ese lugar, haciendo que el río Zula, que desemboca en el río Santiago junto a Ocotlán, se convirtiera en un afluente directo del Lago.

Primitivamente el Lago, en su parte oriental, se extendía casi hasta Sahuayo y San Antonio Guaracha; esta era una zona pantanosa de muy escasa utilidad, por lo que entre 1905 y 1910 se construyeron unos bordos de contención que iban desde el poblado de La Palma, en el estado de Michoacán, hasta la isla de Maltaraña en donde actualmente desemboca el río -- Lerma, de allí sigue el bordo hasta las cercanías de Jamay, en el estado de Jalisco. Se segregaron así 40,000 hectáreas del Lago, que se drenaron mediante una estación de bombeo instalada en La Palma, y se formó lo que actualmente se llama La Ciénega, que constituye una rica zona agrícola.

Simultáneamente con estas obras se emitió un decreto que limitaba el Lago a la altura de 1,524.60 m.s.n.m., siendo esta cota el límite de la zona federal.

Otra característica del Lago era que la salida del río Santiago era bastante más alta que la parte más baja del Lago lo que ocasionaba que un alto porcentaje de su almacenamiento no se pudiera utilizar. En 1947 se terminó el dragado del cauce del río Santiago para bajar el nivel del derrame del Lago a la elevación de 1,519.80 m.s.n.m., que corresponde al umbral de las compuertas más bajas de la Presa de Poncitlán, con lo que se aumentó la capacidad útil del Lago a 4,766 millones de metros cúbicos.

3.2 CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS.

3.2.1. Cuenca, precipitación y evaporación.

La cuenca del Lago hasta la presa de Poncitlán, teniendo en cuenta tanto su cuenca propia como la de los ríos de La Pasión y Zula es de 8,380 kilómetros cuadrados.

La precipitación dentro de esta cuenca es variable, así se tiene que dentro de la cuenca propia del Lago, el promedio es de 740 mm. anuales, mientras en la del río Zula este promedio sube a 850 mm. y en la del río de La Pasión alcanza los 900 mm.

En la cuantificación de los volúmenes perdidos por evaporación existen discrepancias según el método y el criterio seguidos.

El Ing. José Vicente Orozco opina así: "Para los niveles que de ordinario alcanza el lago de Chapala, la evaporación, en promedio anual, representa un volumen aproximado de 1,300 millones de metros cúbicos". (1)

Por otro lado, la lluvia directa sobre el Lago corresponde en promedio a 766 millones, por lo tanto, la pérdida anual neta es de aproximadamente 534 millones de metros cúbicos.

3.2.2. Areas inundadas y capacidades.

A principios del siglo se efectuó el levantamiento topográfico del Vaso que sirvió esencialmente para determinar la localización de la curva de nivel 1524.60 que es el límite de la zona federal; los datos deriva--

dos de este levantamiento tuvieron vigencia hasta que alrededor del año de 1970 se hizo un nuevo levantamiento del Vaso.- Con los datos del primer levantamiento, el volumen almacenado a la cota 1524.60 era de 8,220 millones de metros cúbicos y con el nuevo levantamiento resultó ser de 6,354 millones de metros cúbicos o sea una diferencia de 1,866 millones.

Esta discrepancia de datos ha suscitado varias interpretaciones, entre las cuales se tiene la que atribuye esta diferencia al azolvamiento del Vaso; esta interpretación ha causado gran impacto en la opinión pública de Jalisco, la otra -- atribuye la diferencia a imperfecciones en el levantamiento primitivo.

Con respecto a la primera opinión debe tenerse en cuenta lo siguiente: las estaciones hidrométricas de Corrales y Yurécuaro cuentan con registros de sólidos en suspensión, el dato máximo lo proporciona Yurécuaro con un contenido medio de 0.003938, considerando un gasto medio anual de 1,600 millones de metros cúbicos, se tendría que cada año pasarían por Yurécuaro un promedio de únicamente 6.3 millones de metros cúbicos de azolve. Se puede también sumar el azolve registrado entre 1961 y 1976, siendo únicamente 36.9 millones de metros cúbicos. Por otra parte, estaría por estudiarse el efecto del vaso del Mezquite como sedimentador de sólidos en suspensión. Lo que pudiera encontrarse sumamente ilustrativo sería la comparación entre los dos levantamientos del Vaso; de ser cierta la hipótesis del azolvamiento, las mayores diferencias deben encontrarse en las desembocaduras de los dos prin-

cipales afluentes, los ríos Lerma y de La Pasión. Si efectivamente se hubiera depositado esa cantidad de azolve, se hubiera formado un verdadero delta en la desembocadura del Lerma en Maltaraña.

Considerando la otra opinión, se tiene que la diferencia en cuanto a superficie inundada a la cota 1524.60 es de 19 kilómetros cuadrados, 1.7% de la superficie, en cambio, a la cota 1523 esta diferencia sube a 65 kilómetros cuadrados y a la 1522 es de 83 kilómetros cuadrados, lo cual indica que la principal diferencia está en los valores de las cotas, o sea, en la profundidad del Lago, cosa que puede explicarse teniendo en cuenta los métodos mucho más exactos con que se hizo el último levantamiento del Vaso.

En el cuadro No. 2 están indicados los volúmenes y superficies inundadas en el lago de Chapala, tanto del primero como del segundo levantamiento.

3.2.3. Capacidades de entrada y de salida.

El lago de Chapala tiene dos características de especial importancia porque son las que determinan principalmente su funcionamiento y operación; estas son: a) La capacidad del río Lerma para conducir volúmenes de agua al lago y la capacidad del río Santiago, en el tramo entre Poncitlán y el Salto, para desfogar el agua almacenada en el Lago. b) La circunstancia de que el límite oriental del Vaso sea artificial, consistiendo en un bordo construido a principios del siglo, el cual separa del Lago la zona llamada La Ciénega, que

comprende aproximadamente 400 kilómetros cuadrados de tierras agrícolas que se encuentran abajo de la cota 1524.60.

Sobre la capacidad de conducción del Lerma, tomando como base los aforos en Yurécuatro se tiene que en el año de 1927, el río tuvo un gasto máximo de 1,049 metros cúbicos por segundo, y el 20 de agosto de 1973 el río Lerma volvió a tener un gasto máximo del orden de 1,050 metros cúbicos por segundo; en la temporada lluviosa puede considerarse como normal un gasto medio de aproximadamente 300 metros cúbicos por segundo. Para calcular las aportaciones al Lago se deben agregar a estos valores los gastos de los ríos Duero, La Pasión y Zula así como los escurrimientos de la cuenca directa del Lago. El río Duero, único del que se tienen aforos, ha tenido un gasto máximo de 119 metros cúbicos por segundo en el año de 1955 y un promedio de gastos máximos de 44 metros cúbicos por segundo.

Para determinar la capacidad del río Santiago a la salida de Chapala se toman como base los aforos en la estación hidrométrica Corona en la cual se tiene que el gasto máximo registrado fue de 620 metros cúbicos por segundo en septiembre de 1935 y el segundo en orden de importancia fue de 387 metros cúbicos por segundo en octubre de 1967 y en 1973 se tuvo un gasto máximo de 379 metros cúbicos por segundo, el gasto máximo promedio en esta estación es de 107 metros cúbicos por segundo.

De todo lo anterior se deduce que el Lago, en un lapso de tiempo más o menos largo, puede recibir mayores volúmenes de los que puede desfogar.

Los bordos de contención de La Ciénega tuvieron hasta 1959 una corona de cuatro metros de ancho y su elevación estaba en la cota de 1525.30 por lo que con el nivel del agua en la cota 1524.60, quedaba solamente un bordo libre de 0.70 metros, no es de extrañar que estos bordos se hayan roto y La Ciénega se haya inundado en tres ocasiones: de 1912 a 1915, de 1926 a 1928 y de 1935 a 1936. En 1959 estos bordos se elevaron a la cota 1527.50 y su anchura se aumentó a 6.00 metros.

3.3. OPERACION HIDROLOGICA DEL LAGO.

La función esencial del lago de Chapala es la regularización de los volúmenes que aporta el río Lerma y el almacenamiento en los años abundantes para que sirvan como reserva para los años secos.

3.3.1. Líneamientos generales de la operación.

La operación hidrológica del Lago tiene como objetivos principales: 1o. Disponer, durante la temporada lluviosa, de suficiente capacidad de almacenamiento para poder absorber los volúmenes que resultan de la diferencia entre la capacidad de entrada del río Lerma y la salida del río Santiago; 2o. Alcanzar, al final de la estación de lluvias, los niveles más altos compatibles con la seguridad de los bordos de La Ciénega y la necesidad de evitar graves inundaciones en los poblados ribereños.

La operación del Lago puede seguirse paso a paso relacionando los niveles del Lago con las extracciones registradas en Corona desde 1934.

Solamente se tratarán algunos casos que parecen característicos: En el estiaje 1937-1938, a pesar de que el 10. de octubre de 1937 el Lago estaba a la cota 1524.32, se extrajeron de él 1,636 millones de metros cúbicos; durante la temporada de lluvias, estando el 10. de junio de 1938 en la cota de 1522.75, se extrajeron 589 millones de metros cúbicos de junio a septiembre con el resultado de que, por dos años consecutivos, el Lago no recuperó sus niveles ordinarios y así, en 1939, la cota máxima que alcanzó el Lago fue de 1523.06 y en 1940, 1522.74, 1.86 metros abajo de la cota de tasación.

En el estiaje 1944-1945, estando el Lago el 10. de octubre a la cota 1524.01, se extrajeron 640 millones y únicamente en junio de 1945, 124 millones más; el Lago desde entonces no recuperó sus niveles normales hasta 1958.

En cambio, en el estiaje 1958-1959, se efectuaron las extracciones estrictamente necesarias y el nivel del Lago se mantuvo casi estacionario durante todo el estiaje, fluctuando de 1523.70 a 1523.40.

En 1959 se dejó que el Lago alcanzara la cota 1524.76 sin que se abrieran la totalidad de las compuertas de Poncitlán, dado que los gastos medios en Corona durante el temporal lluvioso fueron del orden de los 100 metros cúbicos por segundo y en Diciembre de dicho año, estando el nivel del Lago en la cota 1524.67, se extrajeron únicamente los volúmenes concesionados.

Basándose en los datos anteriores puede afirmarse que - el período de sequía de 1945 a 1957 influyó decisivamente en el criterio para manejar los niveles y extracciones del Lago; hasta 1944 se procuraba que los niveles no rebasaran la cota de 1524.30 para tener cuando menos un bordo libre de un metro y para ello se hacían extracciones a veces anticipadas. De 1958 en adelante se procuró tener los niveles más altos posibles para tener una reserva en los años de lluvias escasas, es to fue posible gracias al reforzamiento de los bordos de La Ciénega y al mayor control que se tiene de los escurrimientos, por las obras de almacenamiento construídas sobre el río Lerma y sus afluentes.

Registros de los niveles del Lago se tienen desde 1900- y con base en esos datos se puede ver que entre 1900 y 1944 - el Lago alcanzó su cota máxima de 1524.60 o la sobrepasó solamente en cinco ocasiones, los años de 1906, 1913, 1926, 1935 y 1941; de estas cinco fechas, en tres de ellas, 1913, 1926 y 1935 se ocasionaron rupturas en el bordo de contención de La Ciénega.

De 1958 a 1976 la cota máxima ha sido alcanzada o rebasada en nueve ocasiones; los años de 1959-1965-1967-1968-1971 1972-1973-1974-1976 y en el año 1967, el Lago alcanzó la cota 1525.59 sin ninguna novedad en los bordos de La Ciénega.

A pesar de que la operación del Lago ha mejorado extraordinariamente, sin embargo, debido a la deficiente capacidad del río Santiago, todavía se tienen que extraer volúmenes adicionales cuando el Lago llega a los inicios del temporal lluvioso con niveles altos.

3.3.2. Extracciones del Lago.

Estas extracciones pueden considerarse de dos clases: -
1o. Las regulares que consisten en las concesiones que deben satisfacerse con aguas del Lago y 2o. Los excedentes que en años de lluvias abundantes tienen que sacarse del Lago por medio del río Santiago.

3.3.2.1. Concesiones.

Las concesiones que deben satisfacerse en Chapala son las siguientes:

- Para agua potable de la zona metropolitana de Guadalajara,
- Para uso agrícola.

Lo relativo al agua potable ya fue estudiado en el párrafo 2.1 Sistema río Santiago.

Las extracciones que se hacen el Lago de Chapala para uso agrícola son de dos clases:

- a) Bombeos directos del Lago y
- b) Derivaciones a través del río Santiago.

Los bombeos directos del Lago son los siguientes:

- El Fuerte, para riego de 2,000 Ha.
- Cuitzeo, para riego de la ribera izquierda del río -- Santiago desde Ocotlán hasta Poncitlán, 1,800 Ha.
- Jamay, para riego de 4,500 Ha.
- Santa Cruz, riego de 120 Ha.
- Jocotepec, riego de 200 Ha.
- Palo Alto, riego de 180 Ha.
- Cojumatlán, riego de 200 Ha.

Las superficies regadas mediante derivaciones del río Santiago son las siguientes:

- Atequiza, con 3,450 Ha.
- Ex-Hacienda de Zapotlanejo, 2,030 Ha.
- La Aurora, con 1,660 Ha.

El total de superficie regada es de 16,140 Ha. lo que representa una extracción anual aproximada de 150 millones de metros cúbicos.

Aún cuando las concesiones para generar energía eléctrica con agua de Chapala han sido totalmente canceladas, para poder entender la operación de Chapala en el pasado, se indica a continuación la cuantía de dichas concesiones.

Para generación de energía eléctrica se tenían las concesiones de la Comisión Federal de Electricidad y la de las plantas de Atequiza.

La concesión de la C.F.E. comprendía 536'095,000 metros cúbicos anuales tomados del lago de Chapala, más las aguas broncas que escurrían de la presa de Poncitlán aguas abajo.

Para generación de energía eléctrica en las dos plantas de Atequiza se tenían concesionados seis metros cúbicos por segundo, pero como estos se devolvían al río Santiago sin consumirse, deben considerarse como parte de la concesión de la C.F.E. De cualquier modo, esta concesión pudo obliigar a extraer de Chapala mayores volúmenes de agua en un momento dado, para satisfa-

cer aprovechamiento tan pequeño. Esta concesión dejó de funcionar desde 1956.

En total, las extracciones ordinarias anuales del Lago son como sigue:

- Agua potable para Guadalajara..169 millones de m.c.
 - Concesiones para uso agrícola..150 " " "
- 319 millones de m.c.

3.3.2.2. Demasías.

Están constituidas por los volúmenes que en los años de lluvias abundantes se tienen que desalojar del Vaso. Independientemente de las concesiones, estos volúmenes se tiran al mar sin ningún provecho.

Debido a que las demasías del lago de Chapala constituirían una de las principales fuentes de abastecimiento del almacenamiento que se va a proponer, es más indicado tratar este tema en el capítulo relativo al estudio hidrológico del referido Vaso.

3.4. DEPENDENCIA DE CHAPALA DE LA CUENCA LERMA.

Se considera que las aportaciones del río Lerma al Lago representan aproximadamente el 50% del total.

3.4.1. Características Generales de la Cuenca Lerma.

El río Lerma es uno de los más intensamente aprovechados del país, debido indudablemente a que atraviese una de las regiones más pobladas y a pesar de que oficialmente existe una veda para nuevos aprovechamientos, las necesidades de una creciente población han hecho que sigan construyéndose --

nuevas obras para la utilización de las aguas de la cuenca Lerma. Además, deben tenerse en cuenta los daños que las inundaciones de los años 1958, 1967 y 1973 causaron tanto en zonas rurales como urbanas, lo cual ha hecho imperativo la construcción de obras de almacenamiento para el control de -- avenidas, especialmente en la zona León, Irapuato y Silao.

En 1930 empezó a operar la presa de Tepuxtepec con capacidad de 162 millones de metros cúbicos; en 1935, esta misma presa se sobreelevó para alcanzar una capacidad de 317 millones y en 1973 su capacidad aumentó a 586.0 millones de metros cúbicos.

En 1949 se inició el almacenamiento de las aguas del -- Lerma en el vaso de Solís con capacidad de 800 millones de metros cúbicos.

En 1950 se empezó a extraer agua de las lagunas del Lerma para conducir las al Distrito Federal. Estas extracciones han sido del orden de 100 millones de metros cúbicos anuales. El efecto de estas extracciones se puede ver con los datos de las estaciones hidrométricas Atenco y Puente de Metepec; en la primera, el promedio anual de volúmenes escurridos de 1942 a 1950 fue de 63.58 millones de metros cúbicos y de 1951 a -- 1962 fue de 1.50 millones de metros cúbicos. En iguales condiciones, los volúmenes aforados en la estación Puente de Metepec fueron de 243.1 millones de metros cúbicos y de 47.79 -- millones respectivamente.

Como las aguas extraídas de las lagunas del Lerma resultaron insuficientes para satisfacer las demandas de agua pota

ble de la zona metropolitana de la Ciudad de México, en la década 1960-1970 se perforaron una serie de pozos en la región Ixtlahuaca, de los cuales se extraen aproximadamente 50 millones de metros cúbicos anuales. Estas extracciones han afectado especialmente el rendimiento de los manantiales que existían en la zona.

A partir de 1936, la capacidad de almacenamiento en la cuenca Lerma ha aumentado aproximadamente a 3,000 millones de metros cúbicos. Cuadro No. 3

Para tener una idea del grado de aprovechamiento de la cuenca Lerma, la lámina No. 1 muestra las cuencas y subcuencas que se consideran controladas por obras de almacenamiento.

3.4.2. Características Hidrológicas de la cuenca Lerma.

3.4.2.1. Cuenca, precipitación, escurrimiento.

El río Lerma, hasta su desembocadura en Chapala, tiene una cuenca de aproximadamente 40,539 kilómetros cuadrados. La precipitación media anual de esta superficie varía en términos generales de 500 mm. anuales en la parte norte de la cuenca, a 900 mm. anuales en la parte sur, con un máximo aislado de 1,100 mm. en la zona del Nevado de Toluca y un mínimo, también aislado, en la parte norte del estado de Guanajuato de 400 mm.

Si se toman como base para cuantificar los volúmenes escurridos por el río Lerma, los aforados en las estaciones hidrométricas de Yurécuaro y la Estanzuela que son las dos estaciones más próximas a su desembocadura en Chapala y dividiendo los datos en tres etapas, la pri

mera de 1923 a 1944, la segunda de 1945 a 1957 y la tercera de 1958 a 1977, se tienen los datos siguientes:

-YURECUARO-

Período	Vol. Anual Promedio	Vol.máx.	Ocurrió	Vol.mín.	Ocurrió
1923-1944	2,000	4,907	1935	967	1930
1945-1957	793	1,755	1955	312	1957
1958-1977	1,790	4,481	1958	368	1972

-ESTANZUELA-

Período	Vol. Anual Promedio	Vol.máx.	Ocurrió	Vol.mín.	Ocurrió
1923-1944	384	487	1941	300	1944
1945-1957	291	472	1955	199	1957
1958-1977	342	489	1958	243	1960

Los volúmenes están dados en millones de metros cúbicos

De los datos anteriores claramente se nota un período de extraordinaria sequía de 1945 a 1957 que es más notable en la estación Yurécuaro que en la Estanzuela.

3.4.3. Operación Hidrológica de la cuenca Lerma.

3.4.3.1. Capacidad de almacenamiento.

Se considera que existe dentro de la cuenca Lerma una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 3,200 mi--

llones de metros cúbicos. En la lámina No. 1 se muestra un croquis de la ubicación de los principales Vasos.

Como puede verse, de los grandes afluentes del río Lerma, el Turbio y el Duero carecen de grandes obras de almacenamiento.

3.4.3.2. Superficie regada.

Se estima en 470,000 hectáreas las regadas dentro de la Cuenca, de las cuales un fuerte porcentaje lo hacen en forma precaria.

3.4.3.3. Excedentes.

Los excedentes de la Cuenca, de acuerdo con aforos de la estación Yurécuaro, tienen una gran variación, -- van de un mínimo de 312 millones de metros cúbicos a un máximo de 4,907 millones y un valor medio de 1,565 millones en 51 años de observación.

3.4.3.4. Relación excedentes-precipitación.

Se tomaron como base los datos de la estación Yurécuaro en los años de 1956, 1957 y 1958 considerándolos como típicos de años con escurrimientos ordinarios a medios, escasos y abundantes dado que los volúmenes escurridos fueron de 957, 312 y 4,481 millones de metros cúbicos respectivamente.

Existe una gran diferencia entre los volúmenes escurridos según sea la precipitación. Así, los prome---

dios de lluvia en la cuenca Lerma en los años de 1956,- 1957 y 1958 fueron de 600, 611 y 935 milímetros respectivamente.

Las precipitaciones en la cuenca Lerma están principalmente afectadas por la presencia, en la temporada mayo-octubre, de perturbaciones ciclónicas en el Golfo de México, los llamados "nortes". Así, un estudio de tallado del número, intensidad y trayectoria de los ciclones en los años 1947, 1957, 1958, 1967 y 1973 podrían probarnos la afirmación anterior.

Las perturbaciones ciclónicas del Pacífico influyen en mucho menos escala en la cuenca Lerma, únicamente en su parte baja, ubicada en el estado de Michoacán en las zonas correspondientes a las cuencas del Duero y la directa a Chapala.

3.4.3.5. Inundaciones.

Las características topográficas de la Cuenca hacen que en años de lluvias abundantes se registren inundaciones tanto en zonas urbanas como rurales. Se considera que en la Cuenca existen 140,000 hectáreas inundables.

3.4.3.6. Contaminación.

Los lugares sobre el río Lerma donde existe mayor contaminación son Toluca, Salamanca y La Piedad. En los dos primeros predominan los desechos industriales y en el tercero los desechos orgánicos.

3.4.4. Evolución de la demanda de agua en la cuenca Lerma.

La demanda de agua en la cuenca Lerma ha ido creciendo aceleradamente y es de esperarse que así continúe por un lapso de tiempo más o menos prolongado.

La cercanía de la cuenca a la zona metropolitana de la Ciudad de México ha hecho que algunas ciudades de la Cuenca, como Toluca y Querétaro, sean las receptoras naturales de las industrias y de los servicios que buscan un mejor medio para desarrollarse que el del Distrito Federal.

Es de esperarse que este proceso se acelere aún más si es que efectivamente se lleva a cabo el anunciado programa de descentralización de la Ciudad de México y que sus consecuencias se extiendan a las demás ciudades que forman lo que se ha llamado "Corredor del Bajío", Celaya, Salamanca, Irapuato y León.

Todo esto ha traído como consecuencia un aumento demográfico que se ha traducido en una mayor demanda de servicios especialmente agua para uso humano y para uso industrial y eliminación de desechos de origen humano e industrial.

Un caso ilustrativo de la escasez de agua potable es el Festival Cervantino que se celebraba en la ciudad de Guanajuato en el mes de abril y tuvo que ser transferido al mes de octubre debido a la escasez de agua potable que se deja sentir especialmente al final del estiaje.

Hasta el presente, el mayor consumo de agua está representado por uso agrícola de la misma, pero es indudable que-

están prácticamente utilizadas todas las posibilidades de almacenamiento de cierta cuantía y a la sobre explotación de -- los mantos acuíferos subterráneos.

(1) Ing. José Vicente Orozco en Chapala Ayer y Hoy.

4.- DEMANDA FUTURA DE AGUA POTABLE PARA LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA.

4.1. CRECIMIENTO DEMOGRAFICO DE LA ZONA METROPOLITANA.

El Area Metropolitana de Guadalajara (AMG) tiene al presente una población estimada de 3.1 millones de habitantes y se calcula que, de mantener su actual ritmo de crecimiento, llegará a siete millones en el año 2,000. El Plan Nacional de Desarrollo Urbano y el Estatal de Ordenación y Regulación de los Asentamientos Humanos en Jalisco, señalan la conveniencia de reducir a cuatro esos siete millones, en vista de los serios inconvenientes que generan este tipo de concentraciones urbanas. De momento parecen existir pocas probabilidades de realizar tales propósitos, dado que las acciones de regulación al respecto son muy incipientes e imprecisas.

Por otra parte, en virtud del Decreto 9,871 del Congreso del Estado de Jalisco, queda formal y materialmente establecida la Región Guadalajara, integrada con el territorio de 19 municipios según se indica posteriormente y de la cual forma parte el AMG y su zona conurbada, todo lo cual se traduce en mayores expectativas acerca de la ordenación y regulación urbana del AMG.

De cualquier forma, en este contexto de incertidumbre, se logre o no la regulación y ordenación del crecimiento urbano-regional del AMG, SIAPA tiene que planificar a fin de cumplir con su cometido de suministrarle agua a todo este conjunto urbano-regional en los términos que así lo exijan su actual y futuro desarrollo.

La Región Guadalajara está definida por el Departamento de Planeación y Urbanización del Estado de Jalisco, como "el área directa o más intensamente solicitada por la fuerza de atracción de la capital tapatza"; y por el Congreso del mismo estado como el área integrada con el territorio de los 19 municipios siguientes:

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Acatlán de Juárez | 11.-Juanacatlán |
| 2. Amatitán | 12. San Cristobal de la Rarranca. |
| 3. Arenal | |
| 4. Cuquifo | 13. Tala |
| 5. Chapala | 14. Tlajomulco |
| 6. El Salto | 15. Tlaquepaque |
| 7. Guadalajara | 16. Tonalá |
| 8. Ixtlahuacán de los Membrillos | 17. Villa Corona |
| 9. Ixtlahuacán del Río | 18. Zapopan |
| 10. Jocotepec | 19. Zapotlanejo |

Dentro de la Región, se ha dicho, quedan comprendidas el Area Metropolitana de Guadalajara y su zona conurbada.

El AMG comprende 309.72 Km² en jurisdicción de cuatro municipios: Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá y abarca 51 localidades incluyendo la propia Guadalajara.

La zona conurbada de Guadalajara, por decreto del Congreso Local, fue definida como el área comprendida en el círculo de 25 kilómetros de radio teniendo por centro el correspondiente, en ese entonces, a la mancha urbana de Guadalajara. -

Posteriormente, mediante decreto del mismo Congreso fue modificada quedando definida como "el área contenida dentro de -- los límites o parteaguas de las cuencas hidrológicas de San Juan de Dios, Río Blanco, El Ahogado, Colimilla, Juanacatlán, Bajío y la Subcuenca de Arroyo Hondo.

Según lo señala el Departamento de Planeación y Urbanización del Estado de Jalisco, la Región tiene un radio aproximado de 50 Km., superficie de 7,179.70 Km.², altura promedio de 1,520 m.s.n.m.; fisiográficamente forma parte de la Mesa Central o de Anáhuac y su corteza es de origen eminentemente ígneo, compuesta fundamentalmente de rocas volcánicas, especialmente basaltos y riolitas; se localiza en una zona de alta -- sismicidad, por lo tanto sujeta a la eventualidad de movimientos telúricos; goza de uno de los climas más agradables y salubres para la vida humana; llueve un promedio de 866 mm. al año; los vientos son moderados y débiles; la insolación y radiación solar tienen considerable duración diaria anual y una distribución bastante uniforme; vegetación y fauna reducidas y en vías de exterminio a causa de la acción irracional del -- hombre; la contaminación ambiental, sin ser aún grave, es -- principalmente manifiesta en la ciudad de Guadalajara, lago -- de Chapala y río Santiago.

La población del AMG ha tenido los siguientes números a partir de 1940.

AÑO	No. de Habitantes	T. de Crecim.
1940	274,733	-
1950	440,528	4.835%

AÑO	No. de Habitantes	T. de Crecim.
1960	851,155	6.808%
1970	1 455,824	5.514%
1980	2'376,910	5.024%

La tasa de crecimiento se calculó para cada década mediante la siguiente fórmula para predecir población futura.

$$P_{n+1} = P_n (1 + t)^r$$

donde:

P_{n+1} : Población de la futura.

P_n : Población conocida

t : Tasa de crecimiento

r : Años de diferencia entre la conocida y la que se quiere estimar.

Tomando un promedio de las anteriores tasas de crecimiento tenemos una tasa promedio de 5.545% en los últimos 40 años. De acuerdo a ésta, proyectaremos la población para los próximos 25 años, asimismo calcularemos la demanda futura de agua potable sobre la base de una demanda de 300 litros diarios -- por persona.

AÑO	POBLACION	DEMANDA (m ³ /s)
1981	2'506,452	8.703
82	2'645,435	9.186
83	2'792,124	9.695
84	2'946,947	10.232

AÑO	POBLACION	DEMANDA (m ³ /s)
1985	3'110,356	10.800
86	3'282,825	11.399
87	3'464,857	12.031
88	3'656,984	12.698
89	3'859,764	13,402
1990	4'073,787	14.145
91	4'299,679	14.929
92	4'538,096	15.757
93	4'789,734	16.631
94	5'055,324	17.553
95	5'335,642	18.527
96	5'631,503	19.554
97	5'943,770	20.638
98	6'273,352	21.782
99	6'621,210	22.990
2000	6'988,356	24.265
01	7'375,860	25.611
02	7'784,852	27.031
03	8'216,522	28.530
04	8'672,128	30.112
05	9'152,997	31.781

4.2. ABATIMIENTO DE LOS ACUIFEROS DEL SUBSUELO.

La creciente urbanización de la zona metropolitana ha --
traído como consecuencia el que los niveles de los mantos freá-
ticos dentro de la zona urbana se hayan abatido considerable-
mente y, aún en algunos casos, se hayan agotado por completo.

Así, los manantiales de los Colomos que en 1933 produ---
cían 288 litros por segundo, han disminuído su rendimiento a-
147 litros; los pozos del Rastro, la Colonia Moderna y San Ra-
fael de los cuales se extraían 100 litros por segundo están -
fuera de servicio y los manantiales de San Andrés, con 20 lí-
tros por segundo, también han desaparecido.

Quedan los acuíferos de las zonas de Toluquilla y Tesis-
tán, pero la recarga de estos acuíferos, especialmente de los
ubicados en el valle de Toluquilla, será cada vez más preca--
ria debido a la tendencia de la ciudad de crecer hacia el --
sur, lo que impermeabilizará las actuales zonas de recarگو.

5.- OBRAS PARA SATISFACER LA DEMANDA DE AGUA POTABLE EN PROCE
SO DE EJECUCION EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA.

Actualmente se están ejecutando algunas obras tendientes unas a mejorar la operación del actual sistema de abasteci--- miento de agua potable, y otras a aumentar los volúmenes de a gua disponibles.

5.1. ACUEDUCTO CHAPALA-GUADALAJARA.

El Sistema rfo Santiago presente los siguientes inconvenientes:

10. El tramo del rfo Santiago ubicado entre Ocotlán y la pre sa derivadora de Corona recibe los desechos industriales - y humanos de Ocotlán y su región, la cual ha experimentado un fuerte crecimiento industrial y demográfico.
20. El canal de Atequiza entre Corona y la presa de La Cale- ra sirve para conducir tanto los volúmenes de agua destina dos a Guadalajara como los que se aprovechan en riego en - esa zona, esto trae como consecuencia que especialmente en los períodos de riego se presenten con frecuencia conflic- tos por el uso del agua, pues los agricultores pretenden - tener prioridad en el uso del agua.

Para evitar estos inconvenientes, se construye actualmen- te un nuevo sistema de conducción que consiste esencialmente- en lo siguiente:

Un canal de llamada, ubicado en las inmediaciones del po blado de Santa Cruz de la Soledad, para conducir las aguas -- del Lago a un cárcamo de donde se bombearán a una tubería a presión que servirán para conducir las hasta la Planta de Tra- tamiento.

Actualmente se está construyendo una línea con capacidad de siete metros cúbicos por segundo, equivalentes, más o menos, a la actual extracción del Lago. Se tiene en proyecto tender en lo futuro otra línea de igual capacidad, con lo que duplicarían las actuales extracciones.

5.2. AGUA DEL SUBSUELO, TOLUQUILLA, TESISTÁN.

Se tiene en ejecución un programa de perforaciones en el valle de Toluquilla y en el de Tesistán, en este último se trata de aprovechar mantos acuíferos aún más profundos que los actualmente utilizados.

La meta es obtener dos metros cúbicos por segundo.

6.- PROYECTOS ESTUDIADOS O EN ESTUDIO PARA SATISFACER LA DEMANDA DE AGUA POTABLE DE GUADALAJARA.

El problema que representa la dotación de agua potable de una población con un crecimiento tan explosivo como Guadalajara, ha sido objeto de múltiples estudios.

Los proyectos que a continuación se mencionan han sido presentados por "Proyectos Intual", empresa ubicada en la capital de la República.

Cuatro de los proyectos consideran el aprovechamiento de los volúmenes excedentes del lago de Chapala, otros cuatro proponen la utilización de distintos afluentes de la cuenca del río Santiago y el último proyecto propuesto se refiere a la utilización del agua proveniente de distintos acuíferos.

6.1. VASOS ALTERNOS HUEJOTITAN Y CAJITITLAN.

Para el aprovechamiento de los volúmenes que en los años de lluvias abundantes no pueden almacenarse en Chapala se han propuesto soluciones varias, algunas aguas arriba de Chapala como Colesio y Corrales, otras aguas abajo de Chapala como Huejotitán y Cajititlán, me referiré a estas dos últimas porque han sido propuestas como alternativas para ayudar a resolver el futuro abastecimiento de agua.

El proyecto Huejotitán propone bombear los excedentes del Lago para almacenarlos en el valle de Huejotitán, ubicado sobre la antigua carretera a México entre las poblaciones de Santa Ana Acatlán y Jocotepec.

En su construcción se prevén dos etapas; la primera implicaría la construcción de una cortina de aproximadamente 60

metros de altura para almacenar 2,000 millones de metros cúbicos, en la segunda etapa con una cortina de 125 metros para almacenar 5,000 millones de metros cúbicos. Para elevar las aguas desde el lago al Vaso propuesto se necesitarían bombear 155 metros de altura.

La operación del vaso de Huejotitán considera almacenar el agua los años que el Lago presente excedentes, y devolver esos volúmenes en los años de lluvias escasas en que el Lago presente niveles bajos, con la intención de conservar el Lago con niveles constantes y adecuados o cuando menos con menores fluctuaciones de las que tiene actualmente.

Se ha pensado como muy conveniente la instalación de una planta de rebombeo para aprovechar, en generación eléctrica, el agua que haya que descargar del Vaso al Lago.

Características semejantes al de Huejotitán presentaría el vaso de Cajititlán que aprovecharía el pequeño lago ya existente, ampliando su capacidad y construyendo las obras de contención y protección que sean necesarias.

A diferencia de Huejotitán, las aguas almacenadas en Cajititlán se tendrían que inyectar directamente al acueducto Chapala-Guadalajara o al río Santiago.

6.2. DERIVADORA EL PURGATORIO.

El río Verde es el afluente de mayor importancia que tiene el Santiago. Ubicado en las cercanías de Guadalajara, desemboca en el Santiago a unos cuantos kilómetros de la orilla oriente de la ciudad.

Para su aprovechamiento, como fuente de agua potable, -- tiene el grave inconveniente de que corre por el fondo de una profunda barranca de más de 500 m. de profundidad.

Para utilizar las aguas del río Verde se efectuó un estudio preliminar para bombearlas sobre la márgen izquierda del río en un lugar llamado El Purgatorio, situado aproximadamente nueve kilómetros arriba de la confluencia de los ríos Verde y Santiago. La tubería de presión de la planta de bombeo descargaría en terrenos del rancho Atengo, ubicado en la delegación municipal de Matatlán, municipio de Zapotlanejo. Del punto de descarga, las aguas se llevarían a Guadalajara por una conducción de 19 kilómetros de longitud atravesando la barranca del río Santiago mediante un sifón.

En la programación de esta derivadora están previstas -- dos etapas, la primera sería antes de la construcción del vaso de la Zurda y la segunda después de su construcción.

El vaso de la Zurda es un almacenamiento proyectado sobre el río Verde que serviría para regularizar sus escurrimientos; está ubicado en la dirección del Valle de Guadalupe.

6.2.1. Derivadora El Purgatorio antes de la construcción del vaso de la Zurda.

De acuerdo con el proyecto de Intual, mediante esta Derivadora sería posible obtener en esta etapa, dos metros cúbicos por segundo.

En el punto 9 de este trabajo, cuando se trate de -- comparar los distintos proyectos existentes, se discuti-

rá este punto relativo a la disponibilidad de agua en el río Verde.

6.2.2. Derivadora El Purgatorio después de la construcción del vaso de la Zurda.

En esta segunda etapa se prevé que el río Verde -- proporcionará 10.5 metros cúbicos por segundo.

6.3. VASO DE LOS ENCINOS.

Este Vaso estaría situado sobre el cauce del río Santiago, la cortina se ubicaría 10 kilómetros aproximadamente aguas abajo del puente Fernando Espinosa y seis kilómetros al noroeste de la población de Tonalá.

Los volúmenes almacenados provendrían de los ríos Calderón y Zapotlanejo y de las excedencias del lago de Chapala.

Con una cortina de 135 metros de altura tendría una capacidad de almacenamiento de 500 millones de metros cúbicos.

Los volúmenes así almacenados conducirían a Guadalajara mediante un bombeo de 240 metros de altura y una longitud de conducción de 16 kilómetros.

6.4. VASO DE TINAJEROS.

Está situado sobre el río Calderón, a seis kilómetros al norte de la población de Zapotlanejo y a aproximadamente ocho kilómetros aguas abajo del puente de Calderón.

Con una altura de 45 metros, su capacidad de almacenamiento sería de 75 millones de metros cúbicos y se considera que podría proporcionar 1.5 metros cúbicos por segundo, con una altura de bombeo de 120 metros y una longitud de conducción de 31 kilómetros.

6.5. CONDUCCION ALTA DE LA ZURDA.

En este proyecto, para evitar los graves inconvenientes que representa la conducción por gravedad de las aguas almacenadas en el vaso de la Zurda, 50 Km. aproximadamente de túneles, se propone un bombeo de aproximadamente 250 metros, una conducción alta por gravedad y la generación de aproximadamente 40,000 Kw.

Este proyecto tiene el grave inconveniente de la gran inversión que representa pero tiene las también grandes ventajas de: a) se puede construir por etapas conforme vaya creciendo la demanda; b) permite el aprovechamiento de los afluentes del río Verde en el trayecto La Zurda-Guadalajara; c) permite la generación de una cantidad apreciable de energía que por su cercanía a la zona metropolitana puede servir para satisfacer la demanda en las "horas pico".

6.6. APROVECHAMIENTO DE OTROS ACUIFEROS.

Este proyecto considera la posibilidad de utilizar los acuíferos de los valles de Aqualulco, Ameca y San Marcos. Se

estima un posible aprovechamiento de aproximadamente cuatro -
metros cúbicos por segundo.

7. HIDROLOGIA DE LA CUENCA DEL RIO SANTIAGO.

Desde el punto de vista hidrológico, el lago de Chapala se extiende hasta las compuertas de Poncitlán que controlan la salida de las aguas ahí almacenadas.

Los volúmenes de agua que se dejan salir por las compuertas prácticamente dan origen al río Santiago.

En tiempos ordinarios no se dejan salir por las compuertas más que los volúmenes necesarios para satisfacer las distintas concesiones que para el uso del agua de Chapala existen. En años de lluvias abundantes, cuando el Lago alcanza niveles muy altos, las compuertas se abren para dejar pasar los excedentes, en estas ocasiones el río alcanza sus más altos aforos.

7.1. UBICACION Y CARACTERISTICAS GENERALES.

El tramo del río Santiago objeto del presente estudio es el comprendido entre las compuertas de Poncitlán y El Salto de Juanacatlán.

A la salida de las compuertas de Poncitlán el río sigue, en un tramo de aproximadamente 24 Km., una dirección orienteponiente hasta las inmediaciones del poblado de Atotonilquillo, donde empieza a describir una amplia curva rumbo al norte, de 21 Km. aproximadamente, para seguir rumbo al norte en un pequeño tramo de dos Km. y llegar a El Salto de Juanacatlán.

El perfil del río Santiago, en el tramo que se considera

puede describirse así: a partir del dintel de las compuertas de Poncitlán cuya cota es 1519.80 metros sobre el nivel del mar, el cauce desciende rápidamente para llegar a un tramo de 1.5 Km. a la altura 1,518.30, una pendiente de uno al millar; del kilómetro 1+500 a 5+900 desciende a la cota 1517.80 lo -- que representa una pendiente de 10 centímetros por kilómetro; del kilómetro 5+900 al 12+500 el cauce no tiene prácticamente pendiente topográfica; del kilómetro 12+500 al 19+900 el cauce desciende a la cota 1515.20, una pendiente de 35 centíme-- tros por kilómetro; del kilómetro 19+900 al 21+100 el cauce -- se eleva otra vez hasta la cota 1517.80, vuelve a bajar en el kilómetro 21+200 a la cota 1514.80; vuelve a subir a la altura 1515.80 en el kilómetro 21+900 que corresponde aproximadamente a la presa derivadora Corona.

A partir de Corona el río presenta una rápida caída pues en aproximadamente 1.2 kilómetros baja 10 metros, pendiente -- ocho al millar; en el kilómetro 23+100 el río se halla a la -- altura 1505.80. Del kilómetro 23+100 al 37+500 prácticamente no existe pendiente topográfica; en el kilómetro 39+900 se -- tiene la cota 1504.30, una pendiente de 60 centímetros por ki-- lómetro. En el kilómetro 47 se tiene una cota de 1503.80 que es la de El Salto de Juanacatlán. En resumen, de Poncitlán a Corona, el río Santiago en 22 kilómetros baja cuatro metros -- lo que representa una pendiente de 18 centímetros por kilóme-- tro; en Corona en 1.2 kilómetros el río baja 10 metros que -- equivale a una pendiente de ocho al millar y en el tramo fi-- nal, de Corona a El Salto, en 23.8 kilómetros, la cota dismi--

nuye dos metros que corresponden a una pendiente de nueve -- centímetros por kilómetro.

En total de las compuertas de Poncitlán a El Salto de -- Juanacatlán se tiene una distancia de 47 kilómetros, un desnivel de 16.0 metros, lo que equivale a una pendiente general - del río de 34 centímetros por kilómetro.

Sobre el cauce del río existen las siguientes estructu-- ras:

Presa de Poncitlán donde están alojadas las compuertas - que controlan las salidas del lago.

El puente nuevo de Poncitlán que comunica con Zapotlán - del Rey. El puente antiguo debió demolerse en 1967 para faci-- litar el flujo de las aguas que desfogaban las compuertas.

La presa derivadora Corona que sirve para derivar los vo-- lúmenes necesarios a los canales de Atequiza en la margen iz-- quierda y Zapotlanejo por la derecha. Esta Presa consta de - una sección vertedora y unas compuertas radiales, la sección - vertedora tuvo también que demolerse en 1967 para hacer más - expedito el flujo de las aguas.

Aguas abajo se encuentra la estación hidrométrica de la presa Corona.

En el extremo norte del tramo del río considerado se en-- cuentra el puente que une las poblaciones de El Salto y Jua-- nacatlán.

La cuenca dentro de la cual escurren las precipitacio-- nes a este tramo del río está limitada, al oriente por la -- del río Zula y la propia del lago de Chapala, al sur por la-

misma cuenca propia del Lago y por la cuenca de la laguna de Cajititlán, al poniente por la misma cuenca de Cajititlán y la del río Salado afluente del Ameca y al norte por las cuencas de los ríos San Juan de Dios y Laja y varias subcuencas que escurren directamente del río Santiago.

Dentro de la cuenca del tramo del río que consideramos, se ubican varias poblaciones, algunas de importancia; a continuación se mencionan las más importantes.

Desde luego las situadas en la orilla del río Poncitlán, Atotonilquillo, Atequiza y Juanacatlán. Otras poblaciones, - San Martín de las Flores, Santa Anita y San Agustín.

Pero desde el punto de vista urbanístico y demográfico, la característica más importante de esta cuenca es la ubicación dentro de ella de la zona industrial de El Salto y la - todavía más importante circunstancia de que la zona metropolitana al llegar por el noroeste a la barrera prácticamente infranqueable de la barranca del río Santiago, tiende ahora a crecer especialmente hacia el sur, donde existen terrenos planos favorables para los asentamientos humanos populares y son precisamente estos asentamientos populares los que ocasionan las grandes concentraciones humanas.

En el cuadro No. 4 está indicado el crecimiento demográfico de la zona metropolitana dentro de la cuenca que estamos considerando.

Por las repercusiones que tiene sobre la contaminación, debe notarse el hecho de que buena parte de la industria - instalada en esta cuenca sea de productos químicos.

7.2. CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE LA CUENCA.

Son de gran importancia estas características, pues de ellas dependen la cuantía y confiabilidad de los recursos hidráulicos que se tratan de aprovechar.

Siendo la meta final de los estudios hidrológicos la determinación de los volúmenes de agua escurridos, infiltrados y evotranspirados en una cuenca determinada, es necesario el conocimiento de los factores que influyen en dichos volúmenes.

Los factores que influyen en el comportamiento hidrológico de una cuenca son muy variados pero los principales son: morfología, orografía, geología, hidrografía, meteorología y vegetación.

7.2.1. Cuenca, precipitación.

Para estimar la cuenca de este tramo del río Santiago se debe de tener en cuenta la particularidad que presenta la cuenca de la laguna de Cajititlán, la cual siendo en el sentido estricto de la palabra una cuenca cerrada, en años abundantes los excedentes pueden desfogarse hacia el arroyo de La Calera o sea hacia el río Santiago.

Dependiendo de que se considere o no la cuenca de Cajititlán como parte integrante de la cuenca bajo consideración su superficie será de 1,346 kilómetros cuadrados o de 1,546 kilómetros cuadrados.

La morfología de la cuenca se refiere a la forma - que presenta, influye principalmente en el tiempo de concentración de los escurrimientos.

La cuenca que consideramos presenta una forma alargada siguiendo el cauce colector, únicamente en su extremo norte presenta un ensanchamiento en la parte correspondiente a la subcuenca del arroyo de Las Pintas y El Ahogado.

En general, puede afirmarse que la porción de la Cuenca ubicada en la margen izquierda es más amplia que la de la margen derecha.

La orografía influye significativamente en la cuantía de los escurrimientos y además en aspectos tan importantes para las cuencas como la hidrografía, erosión y azolvamiento.

La influencia de la orografía en los escurrimientos se manifiesta a través de las pendientes de los terrenos y la precipitación pluvial.

En terrenos con fuertes pendientes, el agua procedente de las lluvias escurre rápidamente y tiene poco tiempo para infiltrarse, lo contrario ocurre en terrenos planos.

La orografía también influye en el monto de las precipitaciones. Existe un tipo de precipitación llamado orográfico provocado por el choque de las nubes contra las montañas, es conocimiento popular el que en montañas y sierras llueve más. Por el contrario, los valles ubicados entre dos montañas altas, presentan precipitaciones bajas.

La cuenca del río Santiago que estudiamos presenta condiciones orográficas muy contrastadas; está limitada en casi to da su extensión por una serie de serranías pero en su inte--rior existen valles con pendientes muy suaves.

A este respecto es característica la subcuenca del arroyo de Las Pintas que presenta condiciones orográficas extre--mas, por una parte su límite poniente es la serranía del Colli, sumamente abrupta y accidentada y luego, bruscamente, --sin transición se convierte en una planicie con pendientes --tan suaves de hasta 80 centímetros por kilómetro.

La pendiente longitudinal de la Cuenca está gobernada --por la general del cauce del río Santiago que es de aproximadamente 34 centímetros.

Se calcula que un 37% de la superficie de la Cuenca es --montañosa con pendientes fuertes, mientras el restante 63% es está ocupado por valles con pendientes suaves.

Las condiciones geológicas de una cuenca son especialmente determinantes en lo que se refiere a escurrimientos e in--filtración. Tomando como base los mapas elaborados por el DETENAL podemos decir que:

La geología de la cuenca es bastante uniforme y se caracteriza en general porque las serranías que forman su partea--guas y en general los terrenos con pendientes fuertes. están--constituidos por basaltos; los lomeríos y terrenos con pen---dientes intermedias están formados por tobas y los valles, --planicies y riberas de las corrientes de agua son de origen -

sedimentario formando los suelos aluviales. La única excepción es la serranía del Collí, al noroeste de la Cuenca que tiene como material predominante el vítreo, de origen volcánico, muy intemperizado.

La presencia o ausencia de cauces definidos dentro de una cuenca modifican las condiciones hidrológicas de dicha cuenca.

Refiriéndonos a la cuenca bajo estudio, ésta presenta un cauce colector principal de 47 kilómetros de longitud que describe una trayectoria primero de oriente a poniente en 24 kilómetros para orientarse definitivamente rumbo al norte después de describir una amplia curva de 21 kilómetros.

Los principales afluentes por la margen derecha son los arroyos de La Cañada y de Agua Fría que drenan el valle de Zapotlán del Rey; su cuenca es de 250 kilómetros cuadrados. El resto de la margen derecha no presenta afluentes dignos de mencionarse, esta parte de la Cuenca está constituida por una faja angosta en la cual, del parteaguas que se localiza en la serranía cuyos principales cerros son los de Santa Fé y El Pantón, el terreno desciende abruptamente a las planicies ribereñas del río, en las cuales los cauces de drenaje son muy cortos y sin importancia.

Por la margen izquierda, la Cuenca tiene una amplitud mayor lo que da origen a afluentes de mayor importancia.

De oriente a poniente estos afluentes son: arroyo del Tigre que se origina en la serranía de Mezcala y confluye al Santiago cerca del poblado de Casablanca.

Arroyo de los Sabinos, que baja desde las estribaciones del Cerro Viejo y desemboca cerca de la estación de La Capilla, drena una cuenca de 176 kilómetros cuadrados.

El arroyo de La Calera, que en años abundantes recibe -- los excedentes de Cajititlán.

El arroyo de Las Pintas que es el más importante de todos los afluentes de este tramo por la superficie de su cuenca que es de 520 kilómetros cuadrados, el 39% de la cuenca total del tramo. Además, la cuenca del arroyo de Las Pintas -- presenta algunas características que la hacen muy interesante desde el punto de vista hidrológico.

El extremo poniente de esta subcuenca se ubica en la serranía del Colli cuyas condiciones geológicas la hacen una importante zona de recarga de los acuíferos de la zona.

Otra circunstancia que es de notarse es que los cauces de las corrientes de agua que están perfectamente marcados en la parte superior de la cuenca, prácticamente desaparecen al llegar a la parte plana lo que se puede interpretar como un indicio de que gran parte de los volúmenes escurridos se infiltran en esos lugares y de que cuando ocurren grandes crecientes el agua se esparce por todo el valle.

La parte baja de esta subcuenca presenta una gran incidencia de días con niebla, especialmente al término de la estación lluviosa. La estación climatológica de El Salto registra un promedio anual de 81 días con niebla que contrasta con los datos de las estaciones climatológicas de Guadalajara y Huerta Vieja que registran únicamente 17 y 13 días de niebla anuales.

La presencia en este Valle de numerosos espejos de agua, especialmente el vaso del Ahogado que tiene una superficie inundada de 500 hectáreas, hace pensar que está relacionada -- con esta tan alta incidencia de días con neblina.

La expansión de la zona metropolitana en la cuenca del arroyo de Las Pintas es ante todo un problema urbanístico, pero desde el punto de vista hidrológico va más allá del simple aumento de la demanda de agua potable y servicios de alcantarillado.

Consideramos únicamente dos de los principales problemas hidrológicos que produce la urbanización:

- a) Está comprobado que los grandes núcleos urbanos constituyen lo que se ha dado en llamar "islas climáticas" o sea las condiciones climatológicas de las grandes ciudades difieren de las de los lugares circunvecinos, así se ha comprobado experimentalmente que la temperatura y precipitación pluvial son más elevadas que las de la región que la rodea.

Para nuestro caso es interesante conocer que el aumento de la precipitación probablemente se deba a la mayor cantidad de partículas sólidas que flotan en el aire de las grandes ciudades originadas por los gases producidos por los motores de combustión interna.

- b) La sustitución del actual suelo agrícola y forestal por el suelo urbanizado, indudablemente traerá como consecuencia la disminución de los volúmenes de agua pluvial infiltrados, con el consiguiente aumento de los volúmenes escurridos.

Otra consecuencia de la urbanización es que se modifica radicalmente la cuantía del gasto máximo instantáneo de los escurrimientos debido al aumento del coeficiente de escurrimiento que esencialmente indica la rugosidad de la cauces, -- así en zonas urbanizadas este coeficiente varía de 0.70 a -- 0.50 y en zonas agrícolas se considera de 0.10.

La consecuencia más tangible de lo anterior será el aumento de las posibilidades de ocurrencia de crecientes y el incremento también de su intensidad. A esto debe agregarse la tendencia general de eliminar los cauces naturales de escurrimiento al urbanizar.

En resumen puede afirmarse que al extenderse la mancha urbana en la cuenca del arroyo de Las Pintas, se tendrán cada vez mayores escurrimientos por un doble motivo: aumento de la precipitación y disminución de la infiltración, asimismo las probabilidades de crecientes aumentará.

La vegetación tiene una doble influencia sobre las condiciones hidrológicas de las cuencas.

Por una parte, la vegetación modifica las condiciones climatológicas de las zonas donde se ubica creando las condiciones que propician una mayor precipitación.

Por otra parte, la cubierta vegetal del suelo favorece la infiltración, evita la erosión y disminuye la posibilidad de formación de crecientes.

Tomando como base los datos contenidos en los mapas de DETENAL, la vegetación de la Cuenca puede describirse así: en la parte alta de la Cuenca, en algunas regiones aisladas aún-

quedan restos de bosques naturales nativos, la serranía del Colli es el principal ejemplo, predominan en ella los pinos y en menor proporción los encinos; los otros núcleos forestales se localizan en el Cerro Viejo y el Papantón en donde la vegetación consiste principalmente en encinos.

En los lomeríos se ubican principalmente los matorrales y pastizales y las planicies son tierras dedicadas a la agricultura ya sea de riego o de temporal.

De los factores meteorológicos que influyen en una cuenca se tratará especialmente lo referente a precipitación por ser este el factor decisivo en la determinación de los volúmenes de agua de que se puede disponer en una cuenca.

Para la determinación de la precipitación se utilizan -- los datos obtenidos en las estaciones pluviométricas.

Para una más correcta evaluación de los datos pluviométricos se deben considerar los datos aportados no solamente -- por las estaciones ubicadas estrictamente dentro del espacio de la cuenca que se considera, sino las ubicadas en las inmediaciones que pueden servir para interpolar valores.

Se consideró de interés registrar únicamente los datos -- referentes a precipitaciones anuales por estar también tratando de conocer volúmenes anuales escurridos.

A continuación se inserta una relación de estaciones pluviométricas utilizadas. Se ordenaron siguiendo un orden geográfico por creerse que esto facilitaría las conclusiones que puedan sacarse.

Dentro de la cuenca del río Santiago se ubican cuatro estaciones pluviométricas, dos en los extremos de este tramo de río y dos intermedias. Estas estaciones son: Poncitlán en el inicio de este tramo y El Salto en su terminación, las intermedias son Huerta Vieja y Atequiza. Para tener una idea más completa de las precipitaciones se incluyen los datos de Guadaluajara que sirven para evaluar las precipitaciones en la -- cuenca del arroyo de Las Pintas.

De las cuencas de los arroyos de La Laja y Zapotlanejo -- no se tienen datos pluviométricos por lo que se usan las de -- las estaciones de La Red, Palo Verde y Tepatitlán, que están -- ubicadas en las cercanías.

En el plano No. 5 está indicada la ubicación de las esta -- ciones pluviométricas e hidrométricas.

En el cuadro No. 5 están consignados los datos pluviomé -- tricos anuales de cada estación.

Con el objeto de obtener un argumento más de las venta -- jas hidrológicas de la cuenca del río Santiago sobre la del Lerma, se hace a continuación una comparación entre las preci -- pitaciones en las estaciones de: Celaya, Chapala, Guanajuato, León, Morelia, Querétaro, Toluca y Zamora.

En el cuadro No. 6 están las precipitaciones anuales en la cuenca del Lerma.

De los cuadros 5 y 6, pueden sacarse las siguientes con -- clusiones:

- a) El promedio de precipitación en la cuenca del Lerma es -- de 709 mm. mientras que en la del Santiago es de 885, va -- lor que es .25% superior

- b) En la cuenca del Lerma la precipitación mínima registrada es de 483 mm. en la del Santiago es 645, las máximas son 1,050 y 1,268 mm. respectivamente.
- c) Precipitaciones mayores de 900 mm., que son las que verdaderamente producen los grandes escurrimientos, en la cuenca del Lerma en el período considerado se tienen -- tres, en cambio, en la del Santiago, se produjeron trece.

7.2.2. Orografía.

En el tramo oriente de la Cuenca, comprendido entre Poncitlán y Atequiza, por la margen izquierda tiene pendientes fuertes que van de aproximadamente 0.10 en la zona montañosa-límitrofe con el parteaguas a 0.04 en la faja intermedia de lomeríos, finalmente en la estrecha planicie que colinda con el río se tiene una pendiente de 0.01.

Por la margen derecha, en este mismo tramo entre Poncitlán y Atequiza, la cuenca presenta condiciones más contrastadas, el parteaguas se ubica en una serranía cuya pendiente se considera es alrededor de 0.09 y de ahí baja al valle de Zapotlán del Rey cuya pendiente se calcula en 0.004. El siguiente tramo de cuenca considerado es el comprendido entre Atequiza y El Salto.

En este tramo y por la margen izquierda, se pueden distinguir dos zonas, aquella parte de la cuenca que escurre directamente al río Santiago y la subcuenca del arroyo de la Cañada.

En la cuenca directa, el parteaguas está más bien formado por lomeríos con pendiente aproximada de 0.07 y a los terrenos planos que forman la mayoría de este tramo de cuenca - se les puede considerar una pendiente de 0.006.

La subcuenca del arroyo de la Cañada presenta en toda su extensión pendientes muy fuertes que en algunas zonas llegan al 0.12.

Para completar la cuenca del río Santiago falta lo referente a la orografía de la subcuenca del arroyo de Las Pin---tas. Esta subcuenca, la más extensa, en lo que se refiere a pendientes se divide así: la zona limítrofe con el partea---guas en sus tramos norte y poniente a la cual se puede estimar una pendiente promedio de 0.11. Zona limítrofe con el -- parteaguas sur tiene una pendiente de 0.03, en el resto del - Valle, en la parte alta del mismo la pendiente es de 0.02 y - en la parte baja del mismo Valle es de 0.008.

En lo que se refiere a la orografía, la cuenca del arroyo de La Laja tiene dos partes perfectamente definidas, la zona montañosa que ocupa la mayor parte de la cuenca y cuya pendiente es de 0.11 y la parte central de la cuenca en la cual la pendiente general es de 0.02.

Para su cálculo se utiliza la fórmula de Horton, que determina la pendiente media de una cuenca.

$$S_c = \frac{N D \sec \theta}{\alpha}$$

donde:

$$\alpha : \alpha_x + \alpha_y$$

$$N : N_x + N_y$$

θ : ángulo entre las líneas de la malla a las curvas de nivel.

α_x : longitud total de las líneas de la malla en la dirección "x", comprendidas dentro de la cuenca.

α_y : longitud total de las líneas de la malla en la dirección "y", comprendidas dentro de la cuenca.

N_x : número total de intersecciones y tangencias en las líneas de la malla en la dirección "x" con las curvas de nivel.

N_y : número total de intersecciones y tangencias en las líneas de la malla en la dirección "y", con las curvas de nivel.

D : desnivel constante entre curvas de nivel.

S_c : pendiente media de cuenca.

7.2.3. Hidrometría, escurrimientos, aportaciones externas.

Las entradas y salidas de los volúmenes de agua del río Santiago en el tramo bajo consideración están perfectamente controladas por una serie de estaciones hidrométricas cuya ubicación y características se mencionan en seguida:

En Corona se localizan tres estaciones hidrométricas:

Estación Corona, ubicada sobre el río Santiago 300 metros aguas abajo de la presa derivadora Corona, antiguamente-

servía para aforar los volúmenes que se entregaban a la C.F.E. para generación de energía eléctrica, actualmente sirve para medir los excedentes del río una vez satisfechas las concesiones de Atequiza, Zapotlanejo y agua potable para Guadalajara. Está en operación desde 1933.

Estación Atequiza que está situada sobre el canal del mismo nombre que se origina en la presa derivadora Corona por la margen izquierda. Primitivamente servía para medir los volúmenes concesionados a la zona de riego de Atequiza y al molino de Atequiza. Actualmente sirve para controlar el agua que se entrega a la zona de riego de Atequiza y a la ciudad de Guadalajara. El inicio de su operación data de 1933.

Estación Zapotlanejo que sirve para medir los volúmenes derivados en Corona al canal de Zapotlanejo, ubicado en la margen derecha del río. Entró en operación en 1934.

En el Salto de Juacatlán se localizan dos estaciones hidrométricas que son:

Estación El Salto que se localiza un kilómetro aguas abajo de El Salto de Juanacatlán, medía los volúmenes de agua concesionados a la C.F.E., actualmente mide las excedencias del río en el punto en que se ubica. Inició sus operaciones en 1951. Actualmente está suspendida.

Estación La Aurora, ubicada sobre el canal del mismo nombre, que se deriva del río Santiago por la margen derecha en la presa derivadora de El Salto. Cuantifica el gasto del canal. Se tienen datos desde el año de 1958. También está actualmente suspendida.

Además de las estaciones ya mencionadas se completa el conocimiento hidrométrico con el registro de los volúmenes bombeados en la Planta de Bombas No. 1 (La Calera) y Planta de Bombas No. 2 (Las Pintas) del sistema río Santiago de abastecimiento de agua potable.

Lo que realmente interesa es la cuantificación de los volúmenes que escurren por la cuenca y van al río Santiago en este tramo.

Lo anterior es susceptible de lograrse de una manera exacta combinando los datos de las estaciones hidrométricas anteriormente mencionadas.

Para mayor claridad de las operaciones que es necesario ejecutar, es conveniente dar una idea del funcionamiento pasado y presente del canal de Atequiza.

El canal de Atequiza, hasta 1956, llevó los volúmenes concesionados al molino de Atequiza y a la zona de riego de Atequiza, las aguas usadas en el molino se devolvían al río Santiago y formaban parte de la concesión de la C.F.E.

A partir de 1956, al empezar a abastecerse de agua la ciudad de Guadalajara, se suprimió la concesión del molino y el canal de Atequiza condujo los volúmenes de las concesiones de la zona de riego y de agua potable para Guadalajara. Sin embargo, como el canal de Atequiza tiene una capacidad de conducción mayor, para facilitar la operación del riego, ordinariamente se conducían volúmenes mayores de los necesarios para satisfacer las concesiones y los volúmenes sobrantes se devolvían al río Santiago por el arroyo de la Capilla. Esto de

ninguna manera significaba un desperdicio porque las aguas -- que se desfogaban por el arroyo de La Capilla servía para -- completar la concesión de la C.F.E.

Resumiendo, antes de 1956, los volúmenes aforados en el canal de Atequiza se empleaban en: a) satisfacer la conce--- sión del molino de Atequiza, que eran devueltos al río Santia go sin consumirse; b) riego en la zona de Atequiza; c) retornos al río por el arroyo de La Capilla.

Después de 1956, esos mismos volúmenes se empleaban en:- a) riego de la zona de Atequiza; b) agua potable para Guadala jara; c) retornos por el arroyo de La Capilla.

Actualmente se emplean en: a) zona de riego de Atequiza; b) agua potable para Guadalajara.

Un dato de interés para determinar los volúmenes escu-- rridos en la Cuenca, es el de los volúmenes devueltos al río Santiago por el canal de Atequiza.

La cuantificación de estos volúmenes devueltos se puede- hacer como sigue: conocemos el dato de los volúmenes afora-- dos en el canal de Atequiza y el de los volúmenes bombeados - en la Planta No. 1, o sea el agua para Guadalajara, y desconoce mos el agua consumida por el riego en Atequiza y también - desconocemos los volúmenes del canal de Atequiza devueltos al río Santiago.

Para efectos prácticos, el volúmen de agua empleado en - riego, se puede calcular conociendo que la superficie suscep- tible de riego es de 3,453 hectáreas y considerando una lámí- na de riego de un metro, se tiene que el volúmen anual emplea

do en riego es de 35 millones de metros cúbicos. Por lo tanto, en un año determinado el volúmen total aforado en el canal de Atequiza (A), es igual al volúmen empleado en riego -- (35 millones de metros cúbicos) más el agua enviada a la Planta de Bombas No. 1 (B) más los volúmenes devueltos al río Santiago.

$$A = 35 + \bar{B} + D$$

de donde

$$D = A - (35 + \bar{B}).$$

Conociendo los volúmenes devueltos al río Santiago tenemos que las entradas de agua tienen que ser iguales a las salidas, por lo tanto, los volúmenes aforados en El Salto más los aforados en La Aurora (estos dos datos representan las salidas de la Cuenca), son iguales a los volúmenes aforados en la estación Corona más los devueltos al río Santiago por el canal de Atequiza más los volúmenes de agua producto del escurrimiento pluvial de la cuenca que consideramos (estos tres datos representan las entradas de agua de la Cuenca).

Si representamos por C los aforos de Corona, por D los volúmenes devueltos al río, por F los escurrimientos de la -- Cuenca, por S los aforos de El Salto y por 'a' los aforos del canal de La Auora se tiene que lo que buscamos es E:

$$S + a = C + D + F$$

$$E = S + a - (C + D)$$

Como ya se indicó antes, las fechas de iniciación de las operaciones de las estaciones es como sigue: Corona y Atequiza en 1933, Zapotlanejo en 1934. Para poder iniciar nuestros cálculos con datos desde 1951, fecha de inicio de la estación de El Salto, faltarían los datos de La Aurora de 1951 a 1958, pero como esta estación muestra una gran uniformidad en los datos anuales se puede, sin error sensible, suponer como dato válido el promedio de los valores registrados de 1958 a 1971. Este promedio es de 33.1 millones de metros cúbicos. Extender las operaciones al período 1951-1958 es tanto más interesante en cuanto a este período de tiempo comprende la culminación y término de la sequía que de 1945 a 1957 se abatió sobre la región.

En los cuadros No. 7 y 8 están indicados los datos de las estaciones hidrométricas y los resultados de la combinación de ellos para obtener como resultado final los escurrimientos anuales en la Cuenca.

De la observación de los cuadros se pueden sacar las siguientes conclusiones:

Debe hacerse notar que lo que nos da el cuadro son los volúmenes que la Cuenca aporta al río Santiago, de ninguna manera son los escurrimientos totales de la Cuenca.

Aportaciones externas a la Cuenca que consisten en los volúmenes que en los años de lluvia abundante deben de extraerse del Lago para conservarlo a niveles adecuados. Estas extracciones se hacen abriendo las compuertas de Poncitlán.

La cuantificación de los excedentes del Lago se hace por medio de los datos aportados por la estación hidrométrica Corona, a los cuales se les debe restar los volúmenes de las -- concesiones de la C.F.E. y del canal de La Aurora, esto en lo que se refiere a los años anteriores a 1956 que fué el año en que se canceló la concesión de la C.F.E. Para años posteriores únicamente debe restarse lo relativo a la concesión de - La Aurora.

En el cuadro No. 9 están consignados los valores anuales de los excedentes del Lago, que son también las aportaciones-externas que se reciben en esta Cuenca.

Basándose en los datos aportados por el cuadro No. 9, es interesante hacer notar:

Probablemente después de la construcción de la presa de Poncitlán, a excepción de los años extraordinariamente secos, siempre presentaba excedentes el Lago. Vino luego un período de lluvias escasas en la Cuenca durante diecinueve años, de - 1945 a 1964, el Lago no presentó excedentes con la sola excep- ción de 1959. Durante este período de escasez se pensó que - el Lago ya no presentaría excedentes, sin embargo de 1965 a - 1977, con la excepción de 1970, hubo necesidad de desalojar - del lago volúmenes de agua que excedieron a las concesiones, - por lo que parece lógico esperar que en un lapso de tiempo -- más o menos largo el Lago presente excedencias aunque también parece lógico suponerse que la cuantía de estos excedentes -- irá disminuyendo con el tiempo debido a la creciente utiliza- ción del agua de la cuenca del Lerma.

7.2.4. Infraestructura hidráulica y superficies regadas en la Cuenca.

En la Cuenca bajo consideración, 7,280 hectáreas son susceptibles de regarse, de las cuales 5,480 hectáreas lo hacen con aguas que provienen del lago de Chapala, lo que representa una extracción de 47 millones de metros cúbicos anuales y 1,800 hectáreas se riegan con recursos hidrológicos propios de la Cuenca. La capacidad de almacenamiento se estima en 18 millones de metros cúbicos.

Por la márgen derecha los principales aprovechamientos son:

Tres vasos ubicados en el valle de Zapotlán del Rey los que a continuación se enuncian:

La Colonia, con una capacidad útil de 5.8 millones de metros cúbicos y riego de 300 hectáreas.

La Noria, capacidad útil 0.7 millones de metros cúbicos y riego de 100 hectáreas.

Chila, con capacidad útil de 0.6 millones de metros cúbicos y riego de 250 hectáreas.

Por la misma márgen derecha se tiene la zona de riego de la Hacienda de Zapotlanejo, que utiliza agua del Lago; derivándola del río en Corona, se riegan 2,030 hectáreas con un gasto anual de 12 millones de metros cúbicos.

Por la márgen izquierda las principales zonas de riego son:

Atequiza, con una superficie dominada por los canales de 1,450 hectáreas, utiliza aproximadamente 35 millones de metros cúbicos de agua extraídos de Chapala.

En la zona de riego de La Calera se regaban aproximadamente 2,500 hectáreas con aguas extraídas de la laguna de Cajititlán, actualmente, debido a los bajos niveles de esta laguna, gran parte de esta zona se riega con agua del subsuelo.

En lo que se refiere a infraestructura hidráulica y zonas de riego, falta por describir las ubicadas en la cuenca de Las Pintas o El Ahogado. Esta cuenca tiene una superficie de 511 kilómetros cuadrados y es por lo tanto la más extensa de las subcuencas que integran la cuenca general. Dentro de la cuenca de Las Pintas se localiza el manantial de Toluquilla, al cual se le estima un aforo de 180 litros por segundo, siendo el manantial de mayor importancia en la Cuenca.

Los principales vasos de almacenamiento son: El Cuervo con capacidad de 4.4 millones de metros cúbicos; El Ahogado con 4.2, Las Rusias con 1.0, La Providencia con 0.85, Las Pintas con 0.45 y El Zapote con 0.12; además existen otros vasos de menor capacidad que se usan preferentemente como abrevaderos, algunos de los cuales son los de San José y Santa Cruz del Valle, Arroyo de Ermedio, La Calerilla y la Concepción. De todos estos vasos, los de Las Pintas y El Zapote, forman parte de la conducción de agua potable para Guadalajara.

El vaso del Ahogado tenía originalmente una capacidad de 9.5 millones de metros cúbicos, pero debido a la acumulación de azolves, actualmente sólo tiene una capacidad de 4.2 millones. La superficie inundada es de aproximadamente 450 hectáreas y tal vez pueda considerarse que una superficie igual se inutilice por drenaje deficiente que el azolvamiento del vaso produce.

La profundidad media del vaso es menor de 0.8 metros, por lo cual, un gran porcentaje debe perderse por evaporación.

El área de riego de mayor importancia es la que utiliza las aguas de la presa del Ahogado, la superficie dominada por los canales es de 1,146 hectáreas pero ordinariamente se riegan anualmente alrededor de 900 Ha. y las aguas almacenadas en la presa del Cuatro se aprovechan en 300 de ellas. A la mayoría de las superficies se les proporciona únicamente riegos de auxilio y solamente en algunas pocas se siembran hortalizas. Es de esperarse que en la medida que la urbanización va creciendo, estas superficies vayan disminuyendo especialmente en lo que se refiere a Toluquilla y el Cuatro.

7.2.5. Evolución probable de los escurrimientos.

Los escurrimientos propios de la Cuenca se verán afectados por los siguientes factores:

En canal de Las Pintas sirve de interceptor de las aguas broncas que escurren en el valle de Toluquilla; esto se ve claramente comparando los volúmenes bombeados por las Plantas No. 1 y 2. Durante el estiaje la Planta No. 1 bombea diariamente mayores volúmenes que la Planta No. 2, esta diferencia de volúmenes probablemente represente en su mayor parte, las pérdidas de conducción del canal de Las Pintas. En el período de lluvias, por el contrario, la Planta No. 2 bombea ordinariamente mayores volúmenes que la Planta No. 1, la diferencia entre estos dos bombeos cuantifica los volúmenes de aguas broncas captadas por el canal de Las Pintas.

Basándose en datos de las plantas de bombeo se obtuvo un promedio anual de 15 millones de metros cúbicos de aguas broncas captados por en canal de Las Pintas, con un máximo de 24 millones en 1975.

Ahora bien, al llevarse a cabo la construcción del acueducto Chapala-Guadalajara, el canal de Las Pintas dejará de funcionar y por lo tanto, esos volúmenes de aguas broncas fluirán libremente al Santiago.

Como ya indicamos en la parte correspondiente, puede preverse racionalmente que las precipitaciones y escurrimientos en el valle de Toluquilla aumentarán en intensidad y cantidad debido a la creciente urbanización, pero probablemente las repercusiones se irán dejando sentir muy lentamente.

En lo que se refiere a las aportaciones externas producto de los excedentes de la cuenca del Lerma, es muy difícil prever su comportamiento futuro aunque, de acuerdo con lo expuesto en 3.4.4., es de preverse una disminución paulatina de los excedentes, aunque esencialmente dependerán del comportamiento pluviométrico de la cuenca del Lerma.

8.- POSIBILIDADES DE ALMACENAMIENTO DE LAS AGUAS DEL RÍO SANTIAGO.

Para poderse utilizar los escurrimientos de la cuenca -- del río Santiago deben forzosamente que almacenarse.

En el párrafo 6.3 se trató lo relativo al Proyecto de -- los Encinos, en el cual parte de los volúmenes almacenados -- provendrían de la cuenca del río Santiago.

Ahora se presenta otra alternativa de almacenamiento que si bien es cierto no tendría su cuenca la misma extensión de captación que la de Los Encinos, si puede presentar ventajas-comparativas en cuanto a facilidad de construcción y economía de operación.

8.1. VASO DE SANTA FE.

8.1.1. Localización, altura sobre el nivel del mar, curva de áreas y capacidades.

Entre los afluentes del río Santiago por su margen derecha se encuentra el arroyo de La Laja que desemboca en el río Santiago un kilómetro aguas arriba del puente Fernando Espino sa.

El arroyo de La Laja se origina en las estribaciones del cerro de Santa Fe, tiene una dirección sostenida hacia el noroeste, después de descender del cerro de Santa Fe, atraviesa una planicie en la que se ubican los poblados de Santa Fe y - La Laja. Esta planicie tiene una pendiente muy suave, cinco-al millar, lo que permitiría que con una cortina relativamente baja se tenga una capacidad de almacenamiento apreciable.

La ubicación probable de la cortina estaría a 1.2 Km. al sureste de la carretera libre a Zapotlanejo, un poco aguas arriba del poblado de La Laja y a tres kilómetros al oriente de Puente Grande.

Su localización precisa estaría determinada por consideraciones tanto topográficas como de conveniencia de afectar - lo menos posible el poblado de La Laja, en especial sus instalaciones industriales.

Para determinar las dimensiones del Vaso se tomó como -- criterio el no inundar el poblado de Santa Fe, por lo que se tomó como cota máxima de almacenamiento la 1480 m.s.n.m. de a cuerdo con los datos del mapa editado por la Dirección de Estudios del Territorio Nacional.

La cota del arroyo en el sitio de la cortina sería aproximadamente 1445 por lo que se tendría una altura de cortina del orden de 35 metros.

Con estas dimensiones, el Vaso tendría las características que están expuestas en el cuadro de áreas y capacidades - que con el número 10 se inserta al final.

De acuerdo con los datos de este cuadro, a la cota 1480 se tendría una superficie inundada de 2,412 hectáreas y una - capacidad de almacenamiento de 361.5 millones de metros cúbicos.

A esta capacidad se le debe restar una determinada cantidad para tener en cuenta los azolves.

Todas las corrientes de agua arrastran materiales sólidos en suspensión, los cuales tienden a depositarse cuando la

velocidad de la corriente se disminuye o anula o cuando un obstáculo obstruye el libre flujo de la corriente, estas dos circunstancias tienen lugar al construirse la cortina de un vaso de almacenamiento, por lo que su capacidad se ve disminuida.

Para determinar la cantidad de azolve que transporta una corriente de agua en las estaciones hidrométricas, se toman muestras de agua de las cuales en el laboratorio de obtienen el peso y el volúmen de los materiales acarreados; ordinariamente el azolve se expresa como un porcentaje de los volúmenes escurridos.

Para calcular el volúmen muerto o de azolves del vaso de Santa Fe se utilizaron los datos de la estación hidrométrica de San Cristóbal, la cual registra un 0.1028% de azolves.

El volúmen total de azolves se obtiene multiplicando el promedio de volúmenes que entran al vaso anualmente por el porcentaje de azolves y por lo años, número de ellos, que se considera la vida útil del vaso.

En el caso del vaso que se estudia, la determinación del promedio de volúmenes que entran al vaso se dificulta debido a la eventualidad de las excedencias del lago de Chapala por lo que se optó por considerar una entrada promedio de 150 millones de metros cúbicos anuales. El volúmen de azolves anuales sería de

$$\frac{0.1028 \times 150}{100} = 0.154 \text{ millones de metros cúbicos.}$$

100

y considerando una vida útil del vaso de 50 años, se tiene -- una capacidad muerta o de azolves de 7.7 millones de metros cúbicos, por lo que la capacidad útil del vaso será de

$$361.5 - 7.7 = 353.8 \text{ millones de metros cúbicos.}$$

La corona de la cortina tendría una longitud de 3,750 -- metros.

El plano topográfico del Vaso y la curva de áreas y capacidades están indicadas en la gráfica No. 8. Se tomó como base datos tomados del mapa editado por DETENAL. Siendo las condiciones geológicas del Vaso y la Boquilla uno de los factores más importantes para la determinación de la viabilidad de un proyecto de almacenamiento, es necesario el tener una idea, así sea aproximada, de dichas condiciones.

La ubicación de este Vaso, inmediatamente aguas arriba -- del poblado de La Laja, plantea la necesidad de un cuidadoso estudio sobre la localización y características del vertedor de demasías.

El poblado de La Laja está experimentando una fuerte expansión, por lo que resulta conveniente, si este proyecto se considera factible, el tratar de adquirir los terrenos que resultaran afectados por la construcción de la cortina, para evitar un incremento desmesurado de las indemnizaciones que habría que pagar si se permite que la zona urbana se extienda a lo que sería el Vaso; esto mismo es válido para otros núcleos de población como Santa Fe, La Mora, La Huizachera y otros.

8.1.2. Datos hidrológicos, cuenca, precipitaciones, escurri--
miento.

El vaso de Santa Fe almacenaría los volúmenes de agua --
que provienen de las siguientes fuentes:

- a) Los escurrimientos de la cuenca propia del arroyo de La Laja.
- b) Los escurrimientos de la cuenca del arroyo de Zapotlanejo.
- c) Los escurrimientos de la cuenca del río Santiago en el -
tramo comprendido entre Poncitlán y El Salto.
- d) Los excedentes eventuales del lago de Chapala.

De los anteriores conceptos ya se han estudiado los relati
tivos a la cuenca del río Santiago y a las excedencias del lag
o de Chapala; a continuación se tratará lo relativo al arro-
yo de La Laja y en seguida lo de Zapotlanejo.

La cuenca del arroyo de La Laja está limitada al norte -
por la del arroyo de Zapotlanejo, al oriente por la cuenca --
del río Zula y al sur y al poniente por la del río Santiago.-
La superficie comprendida dentro de la cuenca tiene una extensi
ón de 149 kilómetros cuadrados, de los cuales una gran par-
te son montañosos con fuertes pendientes, especialmente en el
parteaguas sur, donde se ubica el cerro de Santa Fe, el más -
alto de la región, otra parte está formada por lomeríos con -
pendientes también fuertes y puede afirmarse que casi única--
mente la superficie que ocuparía el Vaso propuesto puede con-
siderarse como plana.

De un modo aproximado, el 65% de la cuenca puede considerarse como montañosa, el 15% con lomeríos y 20% como plana.

El principal cauce colector de la cuenca, el arroyo de La Laja, sirve también para captar los retornos del canal de La Aurora.

Dentro de la cuenca, los principales poblados son Santa Fe y La Laja, ésta ubicada sobre la carretera Puente-Grande - Zapotlanejo. La Laja ha experimentado una fuerte expansión debido a que es asiento de varias industrias, especialmente del ramo tequilero.

Dentro de la cuenca del arroyo de La Laja no se encuentra ninguna estación pluviométrica por lo que, para obtener los datos relativos a precipitaciones, se recurrió a la estación más próxima que fue la de El Salto. Como esta estación dejó de funcionar en 1977, de esta fecha a 1984 se utilizaron los datos de la estación Palo Verde.

En el cuadro No. 5 están consignados los datos de las estaciones mencionadas.

En la estación Palo Verde el promedio anual es de 863.3 mm. con un máximo de 1,383.8 mm. que ocurrió en 1958 y un mínimo de 581 mm. registrado en 1979.

Dentro de la cuenca del arroyo de La Laja no se localiza ninguna estación hidrométrica y aún cuando la hubiera, sus datos resultarían alterados por los retornos del canal de La Aurora.

Para poder cuantificar los escurrimientos de esta cuenca tenemos que recurrir a la comparación con los datos obtenidos

de otras cuencas vecinas de las cuales sí se tienen datos hidrométricos.

De las cuencas vecinas, la más próxima es la del río Santiago que colinda con esta Cuenca por el sur y el poniente.

Esta cuenca del río Santiago, que se ha estudiado en los capítulos anteriores, tiene características que difieren radicalmente de la cuenca de La Laja como son su orografía, aprovechamientos hidráulicos y aportaciones externas, que hacen que los escurrimientos calculados para esta cuenca del río -- Santiago tengan un gran rango de variación que va de 16 a 456 millones de metros cúbicos, por lo que se creyó conveniente -- preferir como base de comparación los datos de otras dos cuencas ubicadas también en las cercanías y cuyas condiciones son más semejantes a las de la cuenca del arroyo de La Laja. Estas dos cuencas son las de los ríos Calderón y Tepatitlán que cuentan con las estaciones hidrométricas de La Red y Lagunillas respectivamente.

Desafortunadamente, las dos estaciones mencionadas anteriormente están suspendidas y sus datos abarcan un período de tiempo relativamente corto. La Red operó únicamente de 1961- a 1965 y Lagunillas de 1963 a 1971, sin embargo, durante este período de operación, los valores de las precipitaciones variaron lo suficiente como para tener una base más o menos confiable para nuestros cálculos.

Relacionando los datos de áreas de cuenca, precipitaciones y escurrimientos de las estaciones hidrométricas de La -- Red y Lagunillas, se formó el cuadro No. 11 que nos dá los es

currimientos por kilómetro cuadrado para una determinada precipitación anual. Trasladando esos valores a la cuenca de La Laja se formó el cuadro No. 12 en que están consignados los valores de los escurrimientos de la cuenca del arroyo de La Laja, tomando como base los datos de las cuencas de los ríos Tepatitlán y Calderón registrados en las estaciones hidrométricas de Lagunillas y La Red.

De acuerdo con estos datos, los escurrimientos de la cuenca del arroyo de La Laja varían de un máximo de 52 millones de metros cúbicos que habrían escurrido en 1967 a un mínimo de 4.47 millones en 1979, el promedio sería de 24.54 millones de metros cúbicos.

8.1.3. Posibilidades de derivación del arroyo de Zapotlanejo.

La creciente necesidad de agua potable de la zona metropolitana requiere el aprovechamiento integral de los recursos disponibles, por lo que se ha pensado en la factibilidad y conveniencia de utilizar los volúmenes del arroyo de Zapotlanejo derivándolos al vaso propuesto mediante un canal de 11 kilómetros.

Aún cuando el arroyo de Zapotlanejo es el de menor importancia en la región, sin embargo, pensando en número de habitantes que pueden beneficiarse, resulta atractiva la alternativa.

El arroyo de Zapotlanejo hasta el sitio donde se piensa efectuar la derivación tiene una cuenca de 109 kilómetros cuadrados.

La cuenca tiene características semejantes a la cuenca - del arroyo de La Laja con la que colinda por el sur, por lo - que se le pueden aplicar los mismos valores para determinar - sus escurrimientos.

En el cuadro No. 12 están registrados los volúmenes que se dedujeron podrían haber escurrido por el sitio de deriva-- ción, teniendo en cuenta la intensidad de la precipitación y el área de la Cuenca.

Como puede verse en el cuadro, el escurrimiento máximo a nual sería de 38.15 millones de metros cúbicos, el mínimo de 2.18 y el promedio de 16.96 millones de metros cúbicos.

8.1.4. Derivación de las aguas del río Santiago al vaso de -- Santa Fe.

La conducción de los volúmenes escurridos por el río San tiago al vaso de Santa Fe se haría ampliando el canal de La - Aurora que actualmetne sirve para conducir las aguas con que se riega el valle comprendido entre La Laja y Santa Fe; tiene una capacidad de 1.5 metros cúbicos por segundo y deriva las aguas del río Santiago inmediatamente aguas arriba de El Sal to de Juanacatlán.

El canal de La Aurora tiene actualmente una longitud de aproximadamente 15 kilómetros, pero el tramo que debería am-- pliarse sería de 10 kilómetros. Las aguas del río Santiago - derivadas de El Salto se conducirían hasta las inmediaciones de la ranchería El Salitre donde se verterían en el Vaso.

La ampliación de este canal debe ser objeto de un cuidadoso estudio para determinar sus dimensiones más ventajosas desde el punto de vista económico. Si fuera posible que el cauce del río Santiago en el tramo comprendido entre Atequiza y El Salto pueda servir como vaso regulador de las crecientes, aprovechando la pendiente tan pequeña que tiene el cauce del río, se podrían reducir considerablemente las dimensiones del canal.

La limitación que tendría este vaso regulador sería la necesidad que existe de evitar que cuando, ya sea por lluvias abundantes o porque se tengan que abrir las compuertas de Poncitlán, ocurran en el río Santiago grandes crecientes que inunden los terrenos ribereños que son muy valiosos desde el punto de vista agrícola.

8.1.5. Funcionamiento hidrológico del vaso de Santa Fe.

Tomando como base los datos de los escurrimientos del río Santiago, de los arroyos en La Laja y Zapotlanejo y de las excedencias del lago de Chapala, se simuló el funcionamiento que hubiera tenido el vaso de Santa Fe a partir del año de 1951. Se consideraron dos alternativas, la primera sin tomar en cuenta las excedencias del lago de Chapala y la segunda considerando estas excedencias. La razón de esta distinción es la eventualidad de dichas excedencias ya que a partir de 1945 tuvieron que transcurrir 14 años para que en el año 1959 se presentaran excedencias y luego transcurrieron otros seis años para que hubiera otra vez excedencias, en esta ocasión,-

de 1965 a 1977 con excepción de 1970 se presentaron anualmente; a partir de 1978 ya no ha habido excedencias.

Se formaron los cuadros No. 13 y 14 en los cuales se supuso un aprovechamiento de 150 millones de metros cúbicos anuales. En el cuadro No. 13 no se consideraron las excedencias y en el cuadro No. 14 sí se consideraron.

Un resumen del funcionamiento del Vaso de acuerdo con datos de los cuadros anteriores se presenta a continuación.

=Vaso de Santa Fe= Funcionamiento hidrológico sin considerar la utilización de los excedentes del lago de Chapala.

a) Período estudiado	1951-1984 (34 años)
b) Capacidad total	361'500,000 m ³ .
c) Capacidad de azolves	7'700,000 m ³ .
d) Capacidad útil	353'800,000 m ³ .
e) Escurrimiento total	5,197'900,000 m ³ .
f) Volúmen perdido por evaporación	475'300,000 m ³ .
g) Excedencias	397'900,000 m ³ .
h) Evaporación más excedencias (f+g)	873'200,000 m ³ .
i) Volúmen aprovechado	4,324'700,000 m ³ .
j) Porcentaje de aprovechamiento (i/e)	83.2%
k) Porcentaje de evaporación (f/e)	9.1%
l) Porcentaje de excedencias (g/e)	7.7%
m) Porcentaje de deficiencias	41.0%
n) Deficiencia máxima anual	98'100,000 m ³ .

=Vaso de Santa Fe= Funcionamiento hidrológico considerando la utilización de los excedentes del lago de Chapala.

a) Período estudiado	1951-1984 (34 años)
b) Capacidad total	361'500,000 m ³ .
c) Capacidad de azolves	7'700,000 m ³ .
d) Capacidad útil	353'800,000 m ³ .
e) Escurrimiento total	21,521'300,000 m ³ .
f) Volúmen perdido por evaporación	516'300,000 m ³ .
g) Excedencias	16,524'800,000 m ³ .
h) Evaporación más excedencias (f+g)	17,041'100,000 m ³ . ✓
i) Volúmen aprovechado (e-h)	4,480'200,000 m ³ .
j) Porcentaje de aprovechamiento (i/e)	20.8%
k) Porcentaje de evaporación (f/e)	2.4%
l) Porcentaje de excedencias (g/e)	76.8%
m) Porcentaje de deficiencias	32.4%
n) Deficiencia máxima anual	97'400,000 m ³ .

De la comparación de los datos se deduce la escasa importancia que para el almacenamiento tiene la utilización de los volúmenes excedentes de Chapala. Probablemente con un almacenamiento de mayor capacidad se pueda tener un aprovechamiento más efectivo de esos volúmenes.

8.1.6. Determinación de la avenida máxima probable.

Para el diseño de la cortina de un vaso es de gran importancia el conocer la avenida probable, pues de su valor depende el diseño del vertedor.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Se llama "avenida" a un aumento más o menos rápido del -
gasto de una corriente, ocasionado por una precipitación fuer-
te en su cuenca de captación.

Tanto el volúmen de la avenida como su gasto máximo de--
penden de factores tales como:

1. Area y forma de la cuenca de captación
2. Topografía de la cuenca, pendiente media de ella y de sus
corrientes.
3. Geología de la cuenca.
4. Vegetación de la cuenca.
5. Intensidad de las precipitaciones
6. Estado de saturación de la cuenca, las primeras lluvias pro-
ducen escurrimientos reducidos ya que inicialmente es ma--
yor la infiltración.

Cuando se poseen datos de observación de una corriente -
durante un determinado número de años, se encuentra que en el
período dado se presenta una avenida cuyo gasto máximo es ma-
yor que el de todas las demás.

Si el período de observación de una corriente hubiera si-
do mayor, es probable que pudiera presentarse una avenida de
mayor intensidad que la máxima registrada en el período de ob-
servación, teniendo en cuenta esto, mediante el cálculo de --
probabilidades se hacen extrapolaciones con objeto de hallar-
el "gasto máximo probable de avenida" para frecuencias de 100
a 1,000 años lográndose seguridad mayor en las obras.

El gasto de la avenida máxima instantánea puede encontrar-
se por medio de:

a) Mediciones directas como ya se trató anteriormente.

b) Por medio de fórmulas empíricas, determinando las secciones y pendientes del cauce colector y aplicando la fórmula de Manning que nos da la velocidad y el gasto de una corriente. Al levantar las secciones transversales de la corriente se deben buscar los rastros que hayan dejado las avenidas, -- pues esto proporciona el área, multiplicada por la velocidad nos da el gasto.

c) Por medio de curvas envolventes. En la República, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos ha elaborado para las distintas regiones del país, unas curvas basadas en datos obtenidos de las distintas estaciones hidrométricas de la región que se trate. Estas curvas proporcionan el gasto máximo probable por kilómetro cuadrado de cuenca en función del área de la cuenca de que se trate.

En la lámina No. 11 se muestran las curvas que se aplicaron para el vaso de Santa Fe.

En este Vaso, para los efectos de cálculo de la avenida máxima, únicamente se debe considerar la cuenca propia del arroyo de Santa Fe debido a que las demás aportaciones del Vaso se hacen mediante derivaciones que pueden controlarse en el cauce principal.

Para el área de cuenca de 149 kilómetros cuadrados, la tabla determina un gasto por kilómetro cuadrado de cuenca de 1.7 metros cúbicos por segundo, por lo que la avenida máxima probable será de $149 \times 1.7 = 253.3$ metros cúbicos por segundo.

Para tener una idea de los gastos máximos instantáneos - registrados en la región, a continuación enumeramos los de -- las cuencas más próximas que tiene estaciones hidrométricas:

ESTACION	CORRIENTE	CUENCA (Km ²)	GASTO MAX. (m ³ /s)	AÑOS DE - OPERACION
Valle de Guadalupe	Valle	394	235.0	30
Lagunillas	Tepatitlán	265	132.5	10
Red.	Calderón	204	83.9	5
Cuquifo	Gigantes	64	20.9	3

8.1.7. Regularización de la avenida máxima.

La regularización es un fenómeno que se produce cuando - ocurre la avenida máxima y el vaso se encuentra lleno hasta - su nivel de aguas normales (NAN).

Cuando el vaso está parcialmente lleno, a un nivel infe- rior al NAN, podrá retener todo o parte del volúmen aportado- por la avenida máxima, pero cuando el vaso está lleno, el ver- tedor no derrama todo el volúmen de la avenida sino que parte quedará almacenado en el vaso.

La importancia de la regularización radica en que el gas- to regularizado, que siempre es menor que el gasto de la ave- nida máxima, sirve para proyectar el vertedor de demasías.

Existen varios métodos para el análisis del paso de -- avenidas por vasos reguladores, algunos numéricos y otros grá- ficos, pero en todos se parte de un dato fundamental que es -

el hidrograma de entradas al vaso, el cual se obtiene de los datos de las estaciones de aforo. Desafortunadamente dichos datos no se tienen ni del arroyo de La Laja ni de las corrientes vecinas por lo que se optó por suponer un efecto de regularización del 15% del gasto de la avenida máxima, valor que indudablemente tiene un amplio margen de seguridad si se considera la gran superficie inundada 2,500 Ha., y el relativamente bajo valor del gasto de avenida máxima.

Así, el gasto de la avenida máxima regularizada se considera que es de 215 metros cúbicos por segundo.

8.2. CORTINA DEL VASO DE SANTA FE

8.2.1. Determinación del tipo de cortina.

En la determinación del tipo de cortina, dos son los factores de primordial importancia; la geología del sitio donde se va a ubicar la cortina y la disponibilidad de materiales a distancias económicamente convenientes.

En el caso que se considera no se dispone de más información que la que proporcionan los mapas geológicos del DETENAL. En estos se observa que en las laderas el material son tobas y que en la parte baja son de origen aluvial; con estos materiales forzosamente se tiene que pensar en una cortina de tierra.

8.2.2. Cálculo de la altura de la cortina.

Se consideró como cota máxima de almacenamiento la-
1480. Esta elevación más la carga en el vertedor de dema-
sías, más el bordo libre nos da la elevación de la corona de
la cortina.

Para la determinación de la carga en el vertedor se par-
te el gasto de la avenida máxima regularizada que es de 215 -
metros cúbicos por segundo.

El gasto en el vertedor se determina por medio de la fó-
mula

$$Q = 2 L H^{3/2}$$

donde

Q: descarga

L: longitud del vertedor

H: carga en el vertedor

despejando

$$H^{3/2} = \frac{Q}{2L}$$

Dando a L un valor preliminar de 30 m., se tiene

$$H^{3/2} = \frac{215}{60} = 3.58$$

$$H = 2.34 \text{ m.}$$

Con esto tenemos que la carga sobre el vertedor es de --
2.34 m.

El bordo libre adicional que se da a una cortina es la altura que se prevee a partir del nivel de aguas máximo extraordinarias (NAME) con el objeto de que el oleaje que se produzca no rebasa la corona de la cortina.

La altura de la ola se calcula mediante la fórmula combinada de Hawksley y Hanny.

$$H = (0.005 v - 0.068) \sqrt{F}$$

donde

H: altura de la ola en metros sobre el agua tranquila

v: velocidad del viento

F: distancia en kilómetros, medida en línea recta sobre la superficie del agua, en la cota de máximo embalse, desde la cortina al punto más alejado.

En el vaso de Santa Fe, $F = 8.2$ Km.

Para distintas velocidades de viento tenemos.

v (Km/h)	0.005 v	0.005 v - 0.068	$\sqrt{8.2}$	H
100	0.500	0.432	2.86	1.24
115	0.575	0.507	2.86	1.45
130	0.650	0.582	2.86	1.66

teniendo en cuenta que se trata de un bordo de tierra, se debe tomar un margen de seguridad adicional por lo que considero un metro más de bordo libre quedando en 2.66 m.

Resumiendo los datos anteriores se tiene

Nivel del embalse (NAMN)	1,480.00
Carga sobre el vertedor	2.32
Nivel de agua máximas extraordinarias (NAME) . . .	1,482.32
Bordo libre	2.66
Elevación de la corona	1,484.98
Desplante de la cortina	1,445.00
Altura máxima de la cortina	39.98

Prácticamente la altura máxima de la cortina será de --
40 m.

8.2.2. Diseño de la cortina.

Para diseñar la cortina del vaso de Santa Fe, se necesitan una serie de datos resultado de exploraciones que están fuera de las posibilidades de este estudio, por lo que brevemente se expondrán algunas generalidades respecto a cortinas de tierra y en seguida se determinarán las dimensiones de la cortina únicamente con el objeto de tener idea acerca de los volúmenes de terracería necesarios.

Las presas de tierra se clasifican en dos modos: según su método de construcción y de acuerdo con el método para diseñarla.

De acuerdo con el método de construcción, las terrazas pueden ser: de material compactado con equipo mecánico o de relleno hidráulico.

Según su diseño pueden ser de terracería simple o de pantalla impermeable.

Es muy importante hacer notar que el diseño y la construcción de las cortinas de terracería están estrechamente relacionadas y que frecuentemente los buenos métodos de construcción son tan importantes como un diseño adecuado.

El diseño de la cortina de terracería está basado en una considerable proporción en el resultado de investigaciones y profundidad a la cual dichas investigaciones deben ser llevadas depende principalmente de la altura e importancia de la estructura.

En el diseño de una cortina de terracería deben tenerse en cuenta algunos criterios de fundamental importancia que a continuación se enumeran:

1.- La cortina debe diseñarse de tal manera que se evite su deterioro debido a la erosión. Esto implica:

- a) Que la capacidad del vertedor de demasías tenga capacidad suficiente para desfogar la avenida máxima proyectada.
- b) Que cuando el vaso esté a su nivel máximo, el oleaje no pueda sobrepasar la corona de la cortina.
- c) Que la altura original de la estructura sea suficiente para mantener el bordo libre mínimo, compatible con la seguridad, después de que ocurran los asentamientos previsibles.

2o. La cimentación debe ser estructuralmente adecuada para soportar el peso de la estructura.

3o. La resistencia de una cortina de tierra a filtraciones peligrosas debe desarrollarse mediante una adecuada combinación y compactación de los elementos de la terracería. La --

adecuada combinación se asegura mediante la selección de los materiales y la adecuada compactación se asegura con buenos métodos de construcción.

En algunos casos, cuando se trata de una cortina de altura considerable, no se dispone de volúmenes suficientes de materiales de baja permeabilidad para la totalidad de la cortina. En tales casos se construyen pantallas ya sea de material impermeable o de concreto y en el resto de la cortina se emplea el material disponible.

Para tener una idea de la importancia que en el funcionamiento de una cortina de terracería tienen los factores antes indicados debe recordarse que del total de casos registrados de colapso de cortinas de tierra, aproximadamente el 28% se debió a una insuficiente capacidad del vertedor de demaías y el 22% a fallas estructurales debidas a filtraciones.

Existen algunas reglas o especificaciones que de un modo general proporcionan las dimensiones de una cortina de terracería. A continuación se mencionan:

- talud mínimo en la cara aguas arriba, 2.75 a 1
- talud mínimo en la cara aguas abajo, 2 a 1
- ancho de la corona

$$W = 2(H) \frac{1}{2} + 3$$

donde

W : ancho de la corona en pies

H : altura máxima de la cortina.

Aplicando esta fórmula a la cortina de Santa Fe se tiene

$$W = 2(131.23)^{1/2} + 3 = 25.91 \text{ ft.}$$

$$W = 7.90 \text{ m. o sea } \underline{8.0 \text{ m.}}$$

Con estas dimensiones y considerando un talud en la cortina de 3 a 1 en el parámetro aguas arriba y 2 a 1 en el aguas abajo, se formó la tabla No. 15 en la que están calculados los volúmenes aproximados de la cortina.

De las exploraciones que se hagan en las cercanías de la cortina dependerá el tipo de material que resulte más económico emplear.

8.3. CONDUCCION A GUADALAJARA

Los servicios Intermunicipales de Agua Potable tienen -- programada la construcción de una nueva planta de tratamiento que estaría ubicada a 1.5 kilómetros al oriente del hotel El Tapatío; a este sitio se consideró que se deberá conducir el agua almacenada en el vaso de Santa Fe.

De una manera preliminar, basándose en datos de la carta topográfica publicada por el DETENAL la conducción sería como sigue:

A la salida de la obra de toma consistiría en un canal -- que seguiría aproximadamente la curva del nivel 1,453 m.s.n.m. con una longitud de tres kilómetros hasta llegar frente a la planta hidroeléctrica de Puente Grande, donde se debe cru-

zar el río Santiago mediante una combinación de sifón y puente canal de aproximadamente 500 metros de longitud, para continuar mediante un canal abierto de un kilómetro para llegar a la carretera Guadalajara-Zapotlanejo en la orilla oriente del poblado de Puente Grande donde se ubicaría una planta de bombeo para impulsar los volúmenes de agua a través de una tubería de aproximadamente 16 kilómetros hasta llegar a las inmediaciones de la colonia San Pedrito, este tramo de tubería se localizaría paralelo a la carretera. De san Pedrito -- continuaría la tubería mediante un tramo de 3.5 kilómetros para llegar a la Planta de Tratamiento, un total de conducción de 24 kilómetros. Teniendo en cuenta que la Planta de Tratamiento se ubicaría a la cota 1630, el desnivel total que se tendría que bombear sería de 180 metros más las pérdidas de carga debido a la conducción.

9. ESTUDIO COMPARATIVO DE LA SOLUCION PROPUESTA CON LOS PROYECTOS YA ESTUDIADOS.

Para resolver el problema del futuro abastecimiento de agua potable de han formulado una serie de proyectos que ya se enumeraron en el capítulo seis. Sólo queda hacer una comparación con el proyecto del vaso de Santa Fe.

Se consideran dos aspectos fundamentales: la seguridad en el abastecimiento y la economía tanto en lo que se refiere a la inversión inicial como a la operación.

Existen tres anteproyectos para almacenar los exceden---tes, con el nombre de "Vasos Alternos" dos de ellos consisten en utilizar pequeñas lagunas que ya existen, aumentando su capacidad por medio de bordos de contención, este es el caso de los anteproyectos de Colesio y Cajititlán, el tercer anteproyecto, Huejotitán, sería un vaso enteramente nuevo.

Colesio es una laguna ubicada en la comprensión municipal de Ecuandureo en el estado de Michoacán. Las aguas se ten---drían que derivar arriba de la población de La Piedad.

Este proyecto presenta los siguientes inconvenientes:

10. No capta la totalidad de los excedentes del lago, entre otras aportaciones quedan fuera las de los ríos Duero y Zula y la cuenca propia de Chapala.
20. Los terrenos agrícolas que inundaría son de primera cali---dad con un alto valor y además acaban de ser rehabilitados por medio de un eficiente sistema de drenaje.
30. Desde el punto de vista estrictamente local, existe el ---peligro de que esas aguas se usen en riego en Michoacán--- y no para agua potable de Guadalajara.

Las características de los anteproyectos de Huejotitán y Cajititlán ya fueron expuestos en el párrafo 6.1 por lo que únicamente se harán aquí algunos comentarios.

Los proyectos que presuponen la utilización de los excedentes del lago de Chapala tienen el inconveniente de que en el pasado, durante largos períodos de tiempo, el Lago no ha presentado excedencias y de que para el futuro es lógico prever que dichas excedencias tenderán a disminuir tanto en frecuencia como en intensidad debido a la creciente utilización de las aguas de la cuenca del Lerma.

Durante 19 años, de 1946 a 1964, el Lago presentó excedencias únicamente un año, 1959, y desde 1978 a la fecha tampoco les ha habido y considerando los bajos niveles actuales del Lago en 1520.80, es de preverse que, si no se presenta en la cuenca del Lerma un ciclo de lluvias extraordinariamente abundantes, pasarán varios años sin excedencias.

Los proyectos anteriores suponen la instalación de grandes equipos de bombeo que tienen la posibilidad de estar sin uso bastante tiempo. El proyecto que se supone, aún cuando considera una utilización parcial de las excedencias, no depende exclusivamente de ellas sino que las aguas de la cuenca del río Santiago proporcionan una aportación anual confiable. Además, los volúmenes de agua serían conducidos al Vaso por gravedad mediante un canal relativamente corto.

Otro de los proyectos consiste en un vaso de almacenamiento en el cauce del río Santiago, este proyecto llamado de "los Encinos" implica la construcción de una cortina de 135 -

metros de altura. Una cortina de esta magnitud requiere de-- que las condiciones geológicas, tanto de la boquilla como del vaso, sean mucho más estrictas que para una cortina de 40 metros de altura que sería el caso de Santa Fe.

La ubicación de este Vaso, al oriente de la población de Tonalá, hace que en un futuro no muy lejano reciba una por--- ción considerable de las aguas de la zona metropolitana de -- Guadalajara. Estas aguas negras, que forzosamente tienen que reconocer como cauce colector el arroyo de Las Pintas o El -- Ahogado y que son especialmente contaminantes por la gran pro-- porción de desechos industriales, hacen indispensable que co-- mo parte de este proyecto se considere la construcción del co-- lector de aguas negras cuando menos en su tramo La Capilla- - Tonalá.

Para el vaso de Santa Fe, como la derivación se efectua-- ría inmediatamente aguas arriba de El Salto de Juanacatlán, - el inconveniente que representan las aguas negras del arroyo-- de Las Pintas puede evitarse fácilmente derivando las aguas - de dicho arroyo aguas abajo de El Salto de Juanacatlán, lo -- que representa un canal de aproximadamente cinco kilómetros - de longitud.

En lo que se refiere a superficies inundadas, los terre-- nos afectados por el vaso de Los Encinos tienen un área menor y su valor es indudablemente más bajo.

Los volúmenes almacenados en Los Encinos estarían dispo-- nibles tal vez a la cota 1350, o más abajo, o sea cuando menos 100 metros más bajos que los que provendrían del vaso de San-- ta Fe, esta diferencia se reflejaría en los costos de opera-- ción.

Como en el vaso de Los Encinos los principales abastecimientos serían los mismos que para el de Santa Fe, excedentes del Lago y cuenca directa del río Santiago, es interesante estudiar dos cuestiones: 1o. ¿Uno de los proyectos excluye forzosamente al otro? 2o. ¿Qué ventajas presentan cada uno?

Para contestar adecuadamente estas dos preguntas se necesitaría una serie de datos que están fuera del alcance en este estudio por lo que únicamente se presentarán algunas ideas al respecto.

El que estos dos vasos sean excluyentes depende en su mayor parte de la frecuencia con que puedan presentarse excedentes en Chapala. En el período 1965-1977 indudablemente que los dos vasos habrían estado llenos a toda su capacidad.

Partiendo del supuesto de que se seguirán presentando -- excedentes en Chapala, aunque probablemente cada vez con menor intensidad y frecuencia y considerando también la conveniencia de aprovechar esos volúmenes que actualmente se desperdician, se podría plantear la cuestión de qué ventajas presentaría el sistema combinado Los Encinos-Santa Fe para el almacenamiento de los excedentes de Chapala con respecto de los proyectos de Huejotitán o de Cajititlán.

Desde luego, su capacidad sería mucho menor, pero dada -- la tendencia a disminuir de las excedencias, esto podría representar una ventaja pues se ajustaría a las condiciones probables.

Los dos vasos mencionados tienen en conjunto una cuenca -- que es superior a la del lago de Chapala aproximadamente --

2,300 kilómetros cuadrados, por lo tanto, tienen una relativamente importante captación de escurrimientos independiente de las excedencias.

Otras ventajas de estos dos vasos son su mayor cercanía a Guadalajara y de que no necesitan bombear para captar los excedentes.

La cuestión de las ventajas relativas de los dos proyectos ya se discutió anteriormente.

En el proyecto de la derivadora El Purgatorio, cuyas características se describieron en 6.2, se piensa bombear dos metros cúbicos por segundo del río Verde, ahora bien, en las condiciones actuales de escurrimiento de este río, es muy dudoso que en años ordinarios pueda obtenerse un gasto de dos metros cúbicos por segundo. Cualquiera que haya recorrido el río Verde en el estiaje podrá comprobar que el cauce no es sino una serie de charcos unidos por corrientes insignificantes de agua. Esto se comprueba con los datos de las estaciones hidrométricas.

La estación hidrométrica de La Cuña, ubicada sobre el río Verde en el cruce de la carretera Tepatitlán-Yahualica, en 25 años de observación no registró ningún gasto mínimo mayor de 1.50 metros cúbicos por segundo y solamente en dos ocasiones el gasto mínimo fue superior a un metro cúbico.

Como el gasto mínimo es un valor instantáneo que puede no representar las condiciones reales de flujo, se consideraron también los gastos medios como más representativos de las condiciones de la corriente y se observó que en los mismos 25

años de observación, el mayor gasto medio fue de 1.69 metros cúbicos por segundo solamente presentándose gastos medios superiores a un metro cúbico por segundo en siete ocasiones.

Los datos relativos a gastos mínimos y gastos medios de la estación La Cuña están contenidos en el cuadro No. 16.

Como la estación La Cuña se encuentra a bastante distancia aguas arriba del sitio de derivación puede pensarse que sus datos no reflejan la realidad en el sitio donde se proyecta hacer la derivación.

Con objeto de confirmar los datos de La Cuña se recurrió a comparar los valores de los gastos medios diarios de las estaciones de Arcediano y Las Juntas. Estas dos estaciones están sobre el río Santiago muy próximas entre sí, con la circunstancia de que entre ellas confluye al río Santiago el río Verde. Las Juntas se halla aguas arriba de la confluencia y Arcediano aguas abajo.

Es de suponerse, dada la cercanía de las dos estaciones, que la diferencia entre sus datos se debe a los volúmenes aportados por el río Verde. En el cuadro No. 17 están indicadas las diferencias entre los gastos medios diarios seleccionando los días que puedan dar valores máximos a las diferencias.

En este cuadro, que cubre un lapso de tiempo de 20 años, se puede ver que diferencias mayores de dos metros cúbicos por segundo ocurrieron solamente cuatro veces en ese lapso de tiempo, todas ellas en años cuya precipitación superó a la media regional.

El promedio de diferencias es de 1.23 metros cúbicos por segundo.

En vista de todo lo anterior, puede afirmarse que el río Verde, en tiempos ordinarios, no puede usarse para extraer -- dos metros cúbicos por segundo a menos que se hagan obras de regularización.

Algunas otras características del proyecto El Purgatorio como es la altura de bombeo requerida, 585 metros y la construcción de la tubería de conducción a Guadalajara que forzosamente deberá atravesar la barranca del río Santiago, hacen que este proyecto requiera de una fuerte inversión inicial y que su operación sea también costosa.

Del proyecto de derivación en El Purgatorio una vez construido el vaso de la Zurda y regularizado el flujo en el río Verde, puede afirmarse que parece ser en principio un poco ilógico el almacenar los volúmenes del río a más de 1,600 m.s. n.m., dejarlos caer por el caudal 600 metros aproximadamente -- para luego bombear esa misma altura. Un estudio de la evolución de los costos de la energía eléctrica en los últimos -- años sería sumamente interesante para definir criterios respecto de proyectos que involucran bombeos muy fuertes.

Con respecto a la utilización de las aguas del río Calderón mediante el vaso de Tinajeros, se puede afirmar que el -- proyecto de Santa Fe no interfiere para nada en este proyecto, antes podría pensarse en las ventajas que reportaría formar un sistema combinado con ambos Vasos con lo que se podría disponer para la zona metropolitana de volúmenes equivalentes a los que actualmente se extraen del lago de Chapala.

El vaso de Tinajeros proporcionaría menores volúmenes de agua que el de Santa Fe, la conducción sería de mayor longitud pero en cambio requeriría de menor altura de bombeo.

Para el proyecto de aprovechamiento por etapas de las cuencas de los ríos Calderón, Tepatitlán, Valle de Guadalupe y Verde, lo que se ha llamado "Conducción alta de la Zurda", el vaso de Santa Fe representa la etapa inicial que completa la utilización global de los recursos hidrológicos superficiales susceptibles de aprovecharse para la resolución del problema de abasto de agua potable.

Comparado con los proyectos ya estudiados, el vaso de Santa Fe tiene características que lo hacen merecedor de un estudio más detallado y con mayor acopio de datos.

10. CONCLUSIONES.

El abastecimiento de agua potable de la zona metropolitana de Guadalajara depende en un fuerte porcentaje de volúmenes extraídos del lago de Chapala, estos volúmenes fueron aumentando sistemáticamente desde 1956 hasta 1979 en que se estabilizaron las extracciones y todo el peso del aumento de la demanda recayó sobre volúmenes extraídos del subsuelo que de 30.8 millones de metros cúbicos anuales en 1971 pasaron a 71.3 en 1985 y esta tendencia aún se proyecta para el futuro inmediato. Sin embargo debe entenderse que no será posible continuar así; por lo que es de vital importancia el estudio de nuevas fuentes de abastecimiento que a mediano y largo plazo satisfagan la creciente demanda. Es muy difícil predecir el futuro a mediano plazo del lago de Chapala como fuente de abastecimiento. Por una parte se tiene que todos los síntomas de la cuenca del Lerma indican un agotamiento progresivo de los volúmenes disponibles, sin embargo se tiene el hecho de que en el lapso de tiempo comprendido entre 1965 y 1977 se tiraron al mar 15,240 millones de metros cúbicos equivalentes a 72 años de la aportación actual de Chapala al abastecimiento de Guadalajara.

Tres conclusiones pueden sacarse de todo lo anterior:

10. El futuro comportamiento del lago de Chapala depende primordialmente de la hasta ahora imprevisible evolución de las condiciones climatológicas de la cuenca del Lerma.
2. Importancia de buscar el medio más adecuado de utilización de los excedentes del Lago teniendo en cuenta por -

una parte lo aleatorio del recurso y por la otra la conveniencia de su utilización.

30. Siendo el abastecimiento de agua potable un servicio de primera necesidad, los criterios que deben guiar la planeación de las obras dedicadas a satisfacer la demanda deben ser mucho más amplios desde el punto de vista económico y de previsión de necesidades.

Las precipitaciones pluviales en la región Guadalajara son mucho más favorables tanto en intensidad como en regularidad que las de la cuenca del Lerma por lo tanto Guadalajara debe sustentar la expansión de su abastecimiento con aguas -- que provengan de esa región.

La cuenca del río Santiago en su tramo Poncitlán-El Salto aportó en el período 1951-1971 un promedio de 115 millones de metros cúbicos anuales.

En el arroyo de La Laja se tienen condiciones topográficas que hacen factible un almacenamiento.

De hecho, ya existe un canal que deriva las aguas del -- río Santiago a la cuenca del arroyo de La Laja, el canal de -- La Aurora.

La simulación del funcionamiento hidrológico del vaso de Santa Fe de 1951 a 1984, nos indica que en promedio se utilizarían 132 millones de metros cúbicos anuales, 115 aportados por la cuenca del río Santiago y el resto por los arroyos de La Laja y Zapotlanejo.

En el caso de que el vaso de Santa Fe no dispusiera de -- los excedentes del Lago, el promedio de volúmenes utilizados--

sería de 127 millones de metros cúbicos. Como se ve, este va
so, aún cuando no disponga de los volúmenes excedentes de Cha
pala presenta características favorables desde el punto de --
vista hidrológico.

CUADRO No. 1

SISTEMA RIO SANTIAGO

APORTACIONES ANUALES A LA ZONA METROPOLITANA

AÑO	GASTO 1/5	VOLUMEN millones m ³
1956	1,000	31.536
1964	1,430	45.096
65	1,685	53.138
66	1,989	62.725
67	2,200	69.379
68	2,311	72.880
69	2,728	86.030
1970	3,050	96.185
71	3,145	99.181
72	3,425	108.011
73	4,500	141.912
74	4,500	141.912
75	4,860	153.265
76	5,321	167.803
77	5,170	163.041
78	4,980	157.049
79	5,800	182.901
1980	5,680	179.124
81	5,920	186.693
82	5,860	184.801
83	5,280	166.510
84	5,300	167.191
85	5,370	169.340

FUENTE: SIAPA.

CUADRO No. 2 AREAS Y CAPACIDADES DEL LAGO DE CHAPALA

-DATOS NUEVOS-

-DATOS ANTIGUOS-

COTAS	-DATOS NUEVOS-		-DATOS ANTIGUOS-	
	SUPERFICIES (hectáreas)	VOLUMENES (miles de m ³)	SUPERFICIES (hectáreas)	VOLUMENES (miles de m ³)
1507.5	0.00			
1508.0	0.10	0		
1509.0	0.50	3		
1510.0	0.95	10		
1511.0	1.40	22	0	0
1512.0	2.00	39	100	500
1513.0	3.10	64	1,166	6,830
1514.0	4.65	103	7,384	49,550
1515.0	10.05	177	25,108	207,891
1516.0	854.76	4,571	42,942	536,243
1517.0	20,144.75	104,564	60,916	785,279
1518.0	45,449.01	426,453	73,646	1'744,238
1519.0	66,704.55	994,801	81,846	2'521,788
1519.8	77,922.35	1'587,991	88,000	3'195,380
1520.0	80,726.80	1'736,289	89,829	3'500,617
1521.0	92,988.20	2'603,724	98,516	4'802,702
1522.0	101,233.10	3'574,780	105,377	5'342,165
1523.0	105,702.55	4'609,409	111,242	6'451,774
1524.0	109,546.05	5'665,652	112,810	7'643,626
1524.6	111,794.00	6'354,000	113,700	8'220,000
1525.0	113,203.00	6'799,847	114,296	8'449,986
1525.8	114,206.03	7'710,489	115,488	9'599,910

FUENTE: S.A.R.H.

CUADRO No. 3 ALMACENAMIENTO DE LA CUENCA LERMA

NOMBRE	ESTADO	AÑO DE CONS- TRUCCION	CAPACIDAD EN millones de m ³
Tepuxtepec	Michoacán	1936	586.0
El Volantín	Jalisco	1943	13.7
El Gallinero	Guanajuato	1946	10.9
Solis	Guanajuato	1948	800.0
Jaripo	Michoacán	1951	10.3
Gonzalo	Michoacán	1953	10.0
El Palote	Guanajuato	1954	9.0
Peñuelitas	Guanajuato	1960	24.0
Antonio Alzate	México	1962	38.0
Urepetiro	Michoacán	1963	13.0
Ticuítaco	Michoacán	1964	7.0
Tepetitlán	México	1964	70.0
La Gavia	México	1966	20.0
Caballerías	Michoacán	1966	2.5
Las Alazanas	Michoacán	1967	5.0
Santa Catarina	Querétaro	1967	5.0
Cofradía	Michoacán	1967	9.0
La Golondrina	Guanajuato	1968	6.0
Chichimequillas	Guanajuato	1968	30.0
Begoña	Guanajuato	1968	123.7
El Tule	Jalisco	1968	30.0
Santa Fe	Michoacán	1968	3.0
La Yerbabuena	Michoacán	1969	3.0
Los Reyes	Guanajuato	1969	6.2
San Pedro Huimilpan	Querétaro	1970	5.0
Chanquitiro	Michoacán	1970	2.0
San Antonio Aceves	Guanajuato	1970	21.0
Moreno de Bravo	Michoacán	1971	3.0
El Rosario	Michoacán	1972	200.0
La Venta	México	1973	37.0
Chincua	Michoacán	1973	13.0
San Juan de los Lla- nos	Guanajuato	1976	9.0
La Chirimoya	Guanajuato	1976	5.5
Misión de Arnedos	Guanajuato	1976	5.0
El Barrial	Guanajuato	1976	50.0
Ciénega de Galvanes	Guanajuato	1976	10.0
Los Castillo	Guanajuato	1978	3.8
Marijo	Jalisco	1980	3.0
La Luz	Jalisco	1980	5.5
Solis	Guanajuato	1980	355.0
San Onofre	Jalisco	1980	2.0
La Purísima	Guanajuato	1980	196.0
La Gavia	Guanajuato	1981	210.0
			<u>2,968.9</u>

FUENTE: SARH

CUADRO No. 4. CRECIMIENTO DEMOGRAFICO DE LA ZONA METROPOLITANA
EN LA CUENCA RIO SANTIAGO.

LOCALIDAD	-N U M E R O D E H A B I T A N T E S-				
	1950	1960-Tasa Crec.		1970-Tasa Crec.	
Arroyo de Enmedio	70	153	8.0	391	9.8
La Calerilla	157	-	-	249	2.3
Concepción del V.	377	428	1.3	488	1.3
El Cuatro	40	148	14.0	986	20.9
Las Fuentes	-	767	-	1,304	5.5
Los Gavilanes	25	619	37.8	899	3.8
Las Higuierillas	-	112	6.0	-	-
Las Juntas	992	2,644	10.3	767	-11.6
La Ladrillera	751	702	- 0.6	501	- 3.3
López Cotilla	-	-	-	2,233	-
Nicolás R. Casillas	1,626	2,208	3.1	4,975	8.5
Las Pintas	148	98	- 4.0	2,259	36.8
Las Pintitas	-	-	-	959	-
La Punta	-	-	-	496	-
San Martín de las Flores	3,399	3,752	1.0	6,274	5.3
San Sebastián	1,422	2,135	4.2	3,271	4.4
San Sebastianito	387	590	4.3	821	3.3
San Pedrito	-	-	-	4,465	-
San José del V.	127	61	- 7.0	34	- 5.6
Santa Anita	2,699	4,807	5.9	7,069	3.9
Santa María de Te- quepexpan	622	836	3.0	1,764	7.8
Santa Ana Tepetitlán	1,891	2,312	2.0	3,536	4.3
Santa Cruz del V.	750	913	2.0	2,041	8.4
Tateposco	609	570	- 0.7	1,498	10.1
Toluquilla	1,112	1,576	3.5	1,852	1.6
Unión del Cuatro	176	297	5.3	385	2.6
El Zapote	354	1,173	12.7	1,479	2.3
TOTALES	17,734	26,901	4.2	50,995	6.6

FUENTE: S.P.P. Censos Nacionales.

CUADRO No. 5

PRECIPITACIONES EN LA REGION
milímetros

AÑO	LA RED	PALO V.	TEPAT.	EL SALTO	PONCITLAN
1951	-	623.5	793.7	876.5	635.0
1952	-	768.2	1,070.0	1,016.6	865.0
1953	-	798.5	912.4	1,007.0	765.0
1954	-	661.9	770.5	792.2	734.0
1955	-	1,056.3	947.5	652.9	1,059.0
1956	-	856.9	980.0	872.3	583.0
1957	-	701.6	602.0	739.1	541.0
1958	-	1,383.8	1,324.1	976.3	1,105.0
1959	-	842.2	942.5	991.3	787.0
1960	-	631.9	705.0	853.1	619.4
1961	-	934.1	957.5	824.8	754.3
1962	824.5	846.6	855.1	844.3	797.6
1963	818.2	1,089.6	1,029.0	836.9	845.8
1964	865.7	717.8	909.0	947.1	818.4
1965	1,148.9	1,013.0	1,171.0	1,131.0	819.2
1966	1,071.6	997.3	1,077.0	883.7	883.5
1967	1,361.1	1,338.2	1,410.0	1,299.1	1,221.5
1968	-	846.3	1,117.0	973.7	852.6
1969	-	759.6	728.0	708.1	658.2
1970	859.6	790.5	870.0	760.1	768.3
1971	881.1	864.3	907.0	989.1	831.9
1972	1,012.0	730.7	735.0	792.9	916.3
1973	1,061.3	1,284.7	1,251.0	1,031.0	980.3
1974	864.7	717.8	770.0	705.7	817.3
1975	948.9	808.0	902.0	993.3	817.3
1976	1,081.7	1,004.3	1,050.6	817.4	1,117.8
1977	740.2	749.6	836.5	-	933.4
1978	877.8	787.6	957.0	-	676.9
1979	622.6	581.7	452.3	-	477.1
1980	896.2	929.5	906.9	-	749.9
1981	898.5	850.0	786.7	-	818.3
1982	696.6	810.3	591.1	-	635.0
1983	913.8	711.0	883.0	-	829.0
1984	868.2	862.7	993.0	-	800.3
PROM.	919.7	863.3	917.5	896.8	807.7

	GUAD.	HUERTA V.	ATEQUIZA	PROMEDIO
1951	926.7	-	728.8	764.4
1952	816.3	880.0	846.2	894.6
1953	830.3	843.1	835.3	855.9
1954	789.3	635.3	718.5	728.8
1955	891.5	1,081.6	886.6	939.3
1956	1,118.5	856.3	718.6	855.1
1957	721.3	574.4	635.3	644.9
1958	1,349.3	1,269.7	976.5	1,197.5
1959	932.8	906.9	879.6	897.5
1960	901.1	786.5	906.9	772.0
1961	958.5	853.1	975.2	893.9
1962	995.4	809.0	861.5	854.3
1963	1,101.4	813.4	945.0	934.9
1964	838.0	619.5	773.0	811.1
1965	933.1	962.9	1,054.1	1,029.2
1966	967.8	902.2	896.0	953.9
1967	1,181.0	1,061.8	1,271.4	1,268.0
1968	1,008.7	900.9	852.9	936.0
1969	622.2	598.8	814.3	698.5
1970	1,071.5	1,085.3	819.9	878.2
1971	1,045.1	988.9	978.8	935.8
1972	1,015.0	739.9	765.0	838.4
1973	1,253.7	1,026.9	1,203.0	1,136.5
1974	1,117.5	756.1	785.7	816.9
1975	1,089.7	900.2	847.8	913.4
1976	869.2	875.6	874.0	916.3
1977	1,018.9	916.5	934.7	875.7
1978	1,166.2	643.2	921.4	861.4
1979	899.3	-	556.7	598.3
1980	1,061.8	-	1,063.1	934.6
1981	983.6	711.5	839.9	841.3
1982	1,040.8	929.5	688.2	770.2
1983	1,032.8	-	847.0	869.4
1984	1,086.3	-	864.2	912.5
PROM.	989.3	859.6	869.5	884.5

FUENTE: S.A.R.H. Dirección de Hidrometría.

CUADRO No. 6 PRECIPITACION EN LA CUENCA IERMA-CHAPALA
 mm. anuales; selección de las estaciones con
 mayor número de datos.

AÑO	CELAYA	CHAPALA	GUANAJUATO	IFON	MORFLIA
1923	705	-	868	717	775
24	701	-	470	437	-
25	910	-	829	750	926
1926	832	-	994	813	816
27	732	-	808	831	837
28	666	-	638	765	771
29	400	-	648	499	704
30	611	-	876	690	855
1931	906	-	744	548	834
32	441	-	497	611	553
33	577	-	823	679	579
34	621	-	766	671	722
35	731	1,161	1,004	817	765
1936	575	1,067	593	610	832
37	627	741	673	678	796
38	594	903	591	559	617
39	483	650	643	597	610
40	505	898	697	604	692
1941	831	1,281	1,135	706	973
42	429	849	529	663	750
43	571	758	683	659	681
44	610	865	703	646	609
45	361	648	480	442	560
1946	429	769	672	552	782
47	420	680	773	659	808
48	474	713	814	663	722
49	422	567	540	554	535
50	468	720	538	488	703
1951	489	800	668	563	743
52	564	1,076	648	596	856
53	487	684	632	580	750
54	438	486	668	590	772
55	575	604	799	545	964
1956	423	511	455	653	812
57	445	688	289	520	576
58	837	973	824	943	1,141
59	747	994	692	713	992
60	503	745	496	465	560

concluye 6

AÑO	CELAYA	CHAPALA	GUANAJUATO	LEON	MORELIA
1961	490	814	340	389	566
62	657	885	536	556	697
63	648	951	-	688	907
64	-	689	-	718	863
65	-	976	-	764	1,009
1966	-	1,058	-	667	983
67	-	1,385	-	849	928
68	-	896	-	-	760
69	-	693	849	-	507
70	-	1,217	674	-	-
1971	-	1,123	1,200	-	-
72	-	1,013	525	-	753
73	-	1,037	781	-	770
74	-	854	620	-	751
75	-	1,164	797	-	783
1976	-	893	1,014	-	1,043
77	-	851	278	-	774
	QUERETARO	TOLUCA	ZAMORA	PROMEDIO DE LOS VALORES ANOTADOS EN LA TABLA	
1923	-	744	912	787	
24	372	728	838	591	
25	690	1,057	1,053	888	
1926	516	865	866	815	
27	578	722	926	776	
28	381	827	689	677	
29	305	802	640	571	
30	510	768	728	720	
1931	542	-	951	754	
32	-	-	664	553	
33	-	-	807	693	
34	487	-	693	660	
35	591	-	755	832	
1936	433	-	584	671	
37	650	-	634	686	
38	369	-	517	593	
39	445	-	618	578	
40	406	-	466	610	

	QUERETARO	TOLUCA	ZAMORA	PROMEDIO DE LOS VALORES ANOTADOS EN LA TABLA
1941	622	-	751	900
42	437	-	736	628
43	668	-	694	673
44	643	-	741	688
45	350	-	541	483
1946	508	-	579	613
47	469	1,012	578	675
48	453	921	587	668
49	428	681	615	543
50	625	626	579	593
1951	577	690	519	631
52	679	902	533	732
53	669	956	840	700
54	626	930	767	660
55	732	748	903	734
1956	579	685	682	600
57	389	595	585	511
58	713	1,033	1,017	935
59	712	842	1,100	849
60	304	560	594	528
1961	445	726	1,001	596
62	483	712	-	647
63	731	625	986	792
64	593	694	958	752
65	633	811	938	855
1966	794	625	898	837
67	945	1,079	1,113	1,050
68	572	880	-	777
69	439	741	-	646
70	629	709	-	807
1971	812	-	-	1,045
72	411	-	-	675
73	557	757	-	780
74	418	731	-	675
75	517	699	-	803
1976	700	730	-	876
77	491	587	-	596

FUENTE: Sandoval, Francisco de P. Guía de información sobre el lago de Chapala 1979.

CUADRO No.7

RETORNOS DEL CANAL DE ATEQUIZA

Millones de m³

AÑO	ATEQUIZA	RIEGO	GUADALAHARA	RETORNO
	+	-		
1951	148.731	35.000	-	113.73
1952	158.148	35.000	-	123.15
1953	190.936	35.000	-	155.94
1954	200.184	35.000	-	165.18
1955	149.490	35.000	-	114.49
1956	173.380	35.000	31.536	106.84
1957	217.661	35.000	31.536	151.13
1958	198.705	35.000	31.536	132.17
1959	200.820	35.000	31.536	134.28
1960	212.203	35.000	31.536	145.67
1961	186.185	35.000	31.536	119.65
1962	132.436	35.000	31.536	65.90
1963	186.586	35.000	31.536	120.05
1964	199.729	35.000	45.096	119.63
1965	220.254	35.000	53.138	132.12
1966	238.845	35.000	62.725	141.12
1967	226.836	35.000	69.379	122.46
1968	217.860	35.000	72.880	109.98
1969	192.291	35.000	86.030	71.26
1970	199.940	35.000	84.000	80.94
1971	177.061	35.000	80.413	61.65
1972	211.594	35.000	110.538	66.06
1973	209.000	35.000	112.824	61.18
1974	218.000	35.000	134.117	48.88
1975	166.000	35.000	135.524	- 4.52
1976	209.000	35.000	167.882	6.12

FUENTE: S.A.R.H. Boletín Hidrométrico No. 52-1973
SIAPA Informes anuales.

CUADRO No. 8 CUENCA RIO SANTIAGO. Escurrimientos millones de m³

AÑO	EL SALTO	AURORA	CORONA	RETORNO	ESCURRIMIENTO
	+	+	-	-	
1951	423.781	33.100	185.695	113.73	157.46
52	445.923	33.100	256.583	123.15	99.29
53	555.122	33.100	416.281	155.94	16.00
54	610.484	33.100	431.274	165.18	47.13
55	605.199	33.100	344.878	114.49	178.93
56	533.737	33.100	411.502	106.84	48.50
57	586.965	33.100	425.093	151.13	43.84
58	579.392	33.100	340.965	132.17	139.36
59	1,853.277	39.511	1,612.208	134.28	146.30
1960	732.591	31.813	492.979	145.67	125.76
61	593.332	26.638	434.586	119.65	65.75
62	529.914	32.579	465.817	65.90	30.78
63	489.635	34.609	315.080	120.05	89.11
64	523.761	36.190	346.373	119.63	93.95
65	1,339.797	31.166	1,029.162	132.12	209.68
66	1,690.780	37.426	1,589.394	141.12	- 2.31
67	4,327.840	31.139	3,779.943	122.46	456.58
68	2,466.827	34.226	2,323.410	109.98	67.66
69	655.646	36.989	581.922	70.99	39.72
1970	587.880	30.181	475.075	80.94	62.05
71	2,775.936	27.715	2,445.114	61.65	296.89
72	-	-	1,041.887	66.06	-
73	-	26.809	2,229.261	61.18	-
74	1,316.841	40.033	1,260.290	48.88	47.70
75	1,036.965	28.609	912.739	-	152.84
76	3,183.246	28.512	2,867.326	6.12	338.31
77	1,348.346	28.644	1,239.622	-	137.37

CUENTE: S.A.R.H. Boletín Hidrométrico No. 52-1973

CUADRO No. 9 EXCEDENCIAS DEL LAGO DE CHAPALA

(millones de m³)

AÑO	CORONA	CONCESION	EXCED.
1934	2,254.543	535.00	1,719.5
35	4,958.090	535.00	4,423.1
36	2,726.464	535.00	2,191.5
37	2,955.801	535.00	2,420.8
38	1,271.390	535.00	736.4
39	440.175	535.00	-
1940	422.809	535.00	-
41	1,715.760	535.00	1,180.8
42	1,761.688	535.00	1,226.7
43	767.940	535.00	232.9
44	941.981	535.00	407.0
45	779.998	535.00	245.0
46	546.026	535.00	-
47	479.460	535.00	-
48	454.994	535.00	-
49	443.091	535.00	-
1950	288.363	535.00	-
51	185.695	535.00	-
52	256.583	535.00	-
53	416.281	535.00	-
54	431.274	535.00	-
55	344.878	535.00	-
56	411.502	535.00	-
57	425.093	535.00	-
58	340.965	535.00	-
59	1,612.308	535.00	1,077.3
1960	492.979	535.00	-
61	434.586	535.00	-
62	465.817	535.00	-
63	315.080	535.00	-
64	346.373	535.00	-
65	1,029.162	535.00	494.2
66	1,589.394	535.00	1,054.4
67	3,779.943	535.00	3,244.9
68	2,323.410	535.00	1,788.4
69	581.992	535.00	47.0
1970	475.075	535.00	-
71	2,445.114	535.00	1,910.1
72	1,401.887	535.00	866.9
73	2,229.261	535.00	1,694.3
74	1,260.290	535.00	725.3
75	912.739	535.00	377.7
76	2,867.326	535.00	2,332.3
77	1,239.622	535.00	704.6

FUENTE: S.A.R.H. Boletín Hidrométrico No. 53-1973.

CUADRO No. 10 VASO DE SANTA FE. Areas y Capacidades.

COTA	HECTAREAS	VOLUMEN EN MILLONES DE m ³	
1445	0	0	0
1450	75	1.875	1.875
1460	650	36.250	38.125
1470	1,700	117.750	155.875
1480	2,412	205.625	361.500

FUENTE: DETENAL. Mapa Zapotlanejo.

CUADRO No. 11 CUENCAS

CUENCA RIO DE TEPATITLAN (265 Km²)

AÑO	PRECIPITACION (mm.)	ESCURRIMIENTO (mm.)	ESCURR/Km ²
1963	1,029.0	64.438	0.24
1964	909.0	14.951	0.06
1965	1,171.0	82.466	0.31
1966	1,077.0	23.675	0.09
1967	1,410.0	93.362	0.35
1968	1,117.0	62.615	0.24
1969	728.0	6.626	0.03
1970	870.0	43.648	0.16
1971	907.0	49.012	0.18

CUENCA RIO CALDERON (204 Km²)

1961	934.1	33.596	0.16
1962	846.6	19.050	0.09
1963	1,089.6	52.470	0.26
1964	717.8	11.740	0.06
1965	1,148.9	77.028	0.38

FUENTE: S.A.R.H. Dirección de Hidrometría.

CUADRO NO. 12 CUENCAS:

RIO LAJA (149 Km²)

ARROYO ZAPOTLANEJO (109 Km²)

AÑO	PRECIP.	ESCURR./Km ²	ESCURR.	PRECIP.	ESCURR./Km ²	ESCURR.
1951	876.5	0.15	22.35	623.5	0.03	3.27
1952	1,016.6	0.24	35.76	768.2	0.10	10.90
1953	1,007.0	0.24	35.76	798.5	0.14	15.26
1954	792.2	0.06	8.94	661.9	0.07	7.63
1955	1,056.3	0.25	37.25	1,056.3	0.25	27.25
1956	872.3	0.15	22.35	856.9	0.16	17.44
1957	739.1	0.06	8.94	701.6	0.06	6.54
1958	976.3	0.18	26.82	1,383.0	0.35	38.15
1959	991.3	0.22	32.78	842.2	0.16	17.44
1960	853.1	0.16	23.84	631.09	0.04	4.36
1961	824.8	0.15	22.35	934.1	0.19	20.71
1962	844.3	0.16	23.84	846.6	0.16	17.44
1963	836.9	0.16	23.84	1,089.6	0.25	27.25
1964	947.1	0.20	29.80	717.8	0.07	7.63
1965	1,131.0	0.27	40.23	1,013.0	0.24	26.16
1966	883.7	0.17	25.33	997.3	0.23	25.07
1967	1,299.1	0.35	52.15	1,338.2	0.35	38.15
1968	973.7	0.21	31.29	846.3	0.16	17.44
1969	708.1	0.06	8.94	759.6	0.10	10.90
1970	760.1	0.10	14.90	790.5	0.14	15.26
1971	989.1	0.23	34.27	864.3	0.16	17.44
1972	792.9	0.15	22.35	730.7	0.09	9.81
1973	1,031.0	0.25	37.25	1,284.7	0.33	35.97
1974	705.7	0.06	8.94	717.8	0.07	7.63
1975	993.9	0.25	37.25	808.0	0.15	16.35
1976	817.4	0.15	22.35	1,004.3	0.24	26.16
1977	749.6	0.10	14.90	749.6	0.10	10.90
1978	787.6	0.12	17.88	787.6	0.14	15.26
1979	581.7	0.03	4.47	581.7	0.02	2.18
1980	929.5	0.20	29.80	929.5	0.20	21.80
1981	850.5	0.16	23.84	850.5	0.16	17.44
1982	810.3	0.15	22.35	810.3	0.15	16.35
1983	711.0	0.06	8.94	711.0	0.07	7.63
1984	862.7	0.16	23.84	862.7	0.16	17.44
		PROMEDIO:	24.59		PROMEDIO:	16.96

FUENTE: Dirección de Hidrometría.

CUADRO No. 13 FUNCIONAMIENTO HIDROLOGICO DEL VASO DE SANTA FE SIN CONSIDERAR LAS EXCEDENCIAS DEL LAGO DE CHAPALA.

(millones de metros cúbicos)

AÑO	ALMAC. INICIAL	ENTRADAS AL VASO			ALMAC. TOTAL	EXTRX.	EVAP.	EXCED.	REMAN
		LAJA	ZAPOT	SANT					
1951	-	22.4	3.3	157.5	183.2	150.0	15.2	-	18.0
1952	18.0	35.8	10.9	99.3	164.0	150.0	14.0	-	0
1953	0	35.8	15.3	16.0	67.1	59.9	7.2	-	0
1954	0	8.9	7.6	47.1	63.5	56.5	7.1	-	0
1955	0	37.2	27.3	178.9	243.4	150.0	16.8	-	76.6
1956	76.6	22.4	17.4	48.5	164.9	150.0	14.2	-	0
1957	0	8.9	6.5	43.8	59.2	51.9	7.3	-	0
1958	0	26.8	38.2	139.4	204.4	150.0	16.0	-	38.4
1959	38.4	32.8	17.4	146.3	234.9	150.0	16.7	-	68.2
1960	68.2	23.8	4.4	125.8	222.2	150.0	16.3	-	55.9
1961	55.9	22.4	20.7	65.8	164.8	150.0	14.2	-	0.6
1962	0.6	23.8	17.4	30.8	72.6	65.4	7.2	-	0
1963	0	23.8	27.3	89.1	140.2	127.6	12.6	-	0
1964	0	29.8	7.6	94.0	131.4	120.2	11.2	-	0
1965	0	40.2	26.2	209.7	276.1	150.0	17.6	-	108.5
1966	108.5	25.3	25.1	-	158.9	145.1	13.8	-	0
1967	0	52.2	38.2	456.6	353.8	150.0	19.2	193.2	184.6
1968	184.6	31.3	17.4	67.7	301.0	150.0	18.4	-	132.6
1969	132.6	8.9	10.9	39.7	192.1	150.0	15.2	-	26.9
1970	26.9	14.9	15.3	62.6	119.6	109.1	10.5	-	0
1971	0	34.3	17.4	297.3	349.0	150.0	19.0	-	180.0
1972	180.0	20.9	9.8	48.0	258.9	150.0	17.2	-	91.7
1973	91.7	37.3	36.0	240.0	353.8	150.0	19.2	51.2	184.6
1974	184.6	8.9	7.6	47.7	248.8	150.0	16.9	-	81.9
1975	81.9	37.3	16.4	152.8	288.4	150.0	18.0	-	120.4
1976	120.4	22.4	26.2	338.3	353.8	150.0	19.2	153.5	184.6
1977	184.6	14.9	10.9	140.0	350.4	150.0	19.1	-	181.3
1878	181.3	17.9	15.3	50.5	264.5	150.0	17.4	-	97.1
1979	97.1	4.5	2.2	15.0	118.8	108.4	10.4	-	0
1980	0	29.8	21.8	55.0	106.6	96.6	10.0	-	0
1981	0	23.8	17.4	70.0	111.2	101.0	10.2	-	0
1982	0	22.4	16.4	40.0	78.8	70.8	8.0	-	0
1983	0	8.9	7.6	80.0	96.5	87.3	9.2	-	0
1984	0	23.8	11.4	100.0	135.2	123.2	12.0	-	0
		834.5	570.8	3792.6		4324.7	475.3	397.9	

FUNCIONAMIENTO HIDROLOGICO DEL VASO DE SANTA FE
CONSIDERANDO LAS EXCEDENCIAS DEL LAGO DE CHAPALA

AÑO	ALMAC INICIAL	ENTRADAS		AL VASO		ALMAC TOTAL	EXTRAX	EVAP	EXCED	REMAN
		LAJA	ZAPOT.	SANT.	CHAPALA					
1951	-	22.4	3.3	157.5	-	183.2	150.0	15.2	-	18.0
1952	18.0	35.8	10.9	99.3	-	164.0	150.0	14.0	-	0
1953	0	35.8	15.3	16.0	-	67.1	59.9	7.2	-	0
1954	0	8.9	7.6	47.1	-	63.5	56.5	7.1	-	0
1955	0	37.2	27.3	178.9	-	243.4	150.0	16.8	-	76.6
1956	76.6	22.4	17.4	48.5	-	164.9	150.0	14.2	-	0.7
1957	0.7	8.9	6.5	43.8	-	59.9	52.6	7.3	-	0
1958	0	26.8	38.2	139.4	-	204.4	150.0	16.0	-	38.4
1959	38.4	32.8	17.4	146.3	1,077.3	353.8	150.0	19.2	958.4	184.6
1960	184.6	23.8	4.4	125.8	-	338.6	150.0	18.8	-	169.8
1961	169.8	22.4	20.7	65.8	-	278.7	150.0	17.6	-	111.1
1962	111.0	23.8	17.4	30.8	-	183.1	150.0	15.2	-	17.9
1963	17.9	23.8	27.3	89.1	-	158.1	144.5	13.6	-	0
1964	0	29.8	7.6	94.0	-	131.4	120.2	11.2	-	0
1965	0	40.2	26.2	209.7	494.2	353.8	150.0	19.2	416.5	184.6
1966	184.6	25.3	25.1	-	1,054.4	353.8	150.0	19.2	935.6	184.6
1967	184.6	52.2	38.2	456.6	3,244.9	353.8	150.0	19.2	3,622.7	184.6
1968	184.6	31.3	17.4	67.7	1,788.4	353.8	150.0	19.2	1,735.6	184.6
1969	184.6	8.9	10.9	39.7	47.0	291.1	150.0	18.2	-	123.1
1970	123.1	14.9	15.3	62.5	-	215.2	150.0	16.4	-	49.4
1971	49.4	34.3	17.4	297.3	1,910.1	353.8	150.0	19.2	1,954.7	184.6
1972	194.6	20.9	9.8	48.0	866.9	353.8	150.0	19.2	776.4	184.6
1973	184.6	37.3	36.0	240.0	1,694.3	353.8	150.0	19.2	1,838.4	184.6
1974	184.6	8.9	7.6	47.7	725.3	353.8	150.0	19.2	620.3	184.6
1975	184.6	37.3	16.4	152.8	377.7	353.8	150.0	19.2	415.0	184.6
1976	184.6	22.4	26.2	338.3	2,332.3	353.8	150.0	19.2	2,550.0	184.6
1977	184.6	14.9	10.9	140.0	704.6	353.8	150.0	19.2	701.2	184.6
1978	184.6	17.9	15.3	50.0	-	267.8	150.0	17.3	-	100.5
1979	100.5	4.5	2.2	15.0	-	122.2	111.6	10.6	-	0
1980	0	29.8	21.8	55.0	-	106.6	96.6	10.0	-	0
1981	0	23.8	17.4	70.0	-	111.2	101.0	10.2	-	0
1982	0	22.4	16.4	40.0	-	78.8	70.8	8.0	-	0
1983	0	8.9	7.6	80.0	-	96.5	87.3	9.2	-	0
1984	0	23.8	17.4	100.0	-	135.2	123.2	12.0	-	0
		834.5	576.8	3,792.6	16,317.4		4,474.2	516.3	16,524.8	

TOTAL DE ENTRADAS: 21,521.3

TOTAL DE SALIDAS : 21,515.3

CUADRO No. 15 VASO DE SANTA FE: VOLUMENES DE TERRACERIAS

COTA	ANCHO		AREAS	LONGITUD	VOLUMENES PARCIALES	VOLUMENES TOTALES
1485	8	-	-	-	-	-
80	31	39	97.5	3,690	359,775	359,775
75	57	88	220.0	3,450	759,000	1'118,775
70	81	138	345.0	3,130	1'079,850	2'198,625
65	107	188	470.0	2,450	1'151,500	3'350,125
60	131	238	595.0	1,500	892,500	4'242,625
55	155	286	715.0	850	607,750	4'850,375
50	181	336	840.0	460	386,400	5'236,775
45	205	386	965.0	130	125,450	5'362,225

CUADRO No. 16 RIO VERDE/Estación La Cuña

ARO	GASTO MINIMO-m ³ /seg.	GASTO MEDIO-m ³ /seg.
1947	1.37	1.64
1948	0.95	1.24
1949	0.68	0.87
1950	0.70	0.81
1951	0.72	0.95
1952	0.60	0.75
1953	0.53	0.71
1954	0.60	0.93
1955	0.40	0.67
1956	0.90	1.22
1957	0.46	0.87
1958	0.31	0.55
1959	0.63	1.47
1960	0.58	0.74
1961	0.55	0.83
1962	0.57	0.78
1963	0.25	0.64
1964	0.25	0.63
1965	0.43	0.99
1966	0.80	1.48
1967	0.66	0.98
1968	1.42	1.69
1969	0.80	0.85
1970	0.42	0.67
1971	0.82	1.42

FUENTE: S.A.R.H. Boletín Hidrométrico No. 52-1973.

CUADRO No. 17 RIO SANTIAGO/Estaciones Hidrométricas Arcediano
y Las Juntas

GASTOS MEDIOS-m³/seg.

AÑO	ARCEDIANO	LAS JUNTAS	
1952	13.91	12.97	0.94
1953	17.91	17.59	0.32
1954	19.92	20.19	-
1955	10.74	9.73	1.01
1956	17.87	16.37	1.50
1957	22.84	22.46	0.38
1958	21.31	18.17	3.14
1959	26.08	23.36	2.72
1960	27.40	27.03	0.37
1961	22.55	21.87	0.68
1962	20.32	19.46	0.86
1963	15.66	14.82	0.84
1964	23.38	22.26	1.12
1965	20.56	20.44	0.12
1966	33.73	32.55	1.18
1967	34.03	33.36	0.67
1968	58.40	55.50	2.90
1969	25.50	24.90	0.60
1970	25.40	23.71	1.69
1971	26.60	24.31	2.29

FUENTE: Boletín Hidrométrico No. 52-1973.

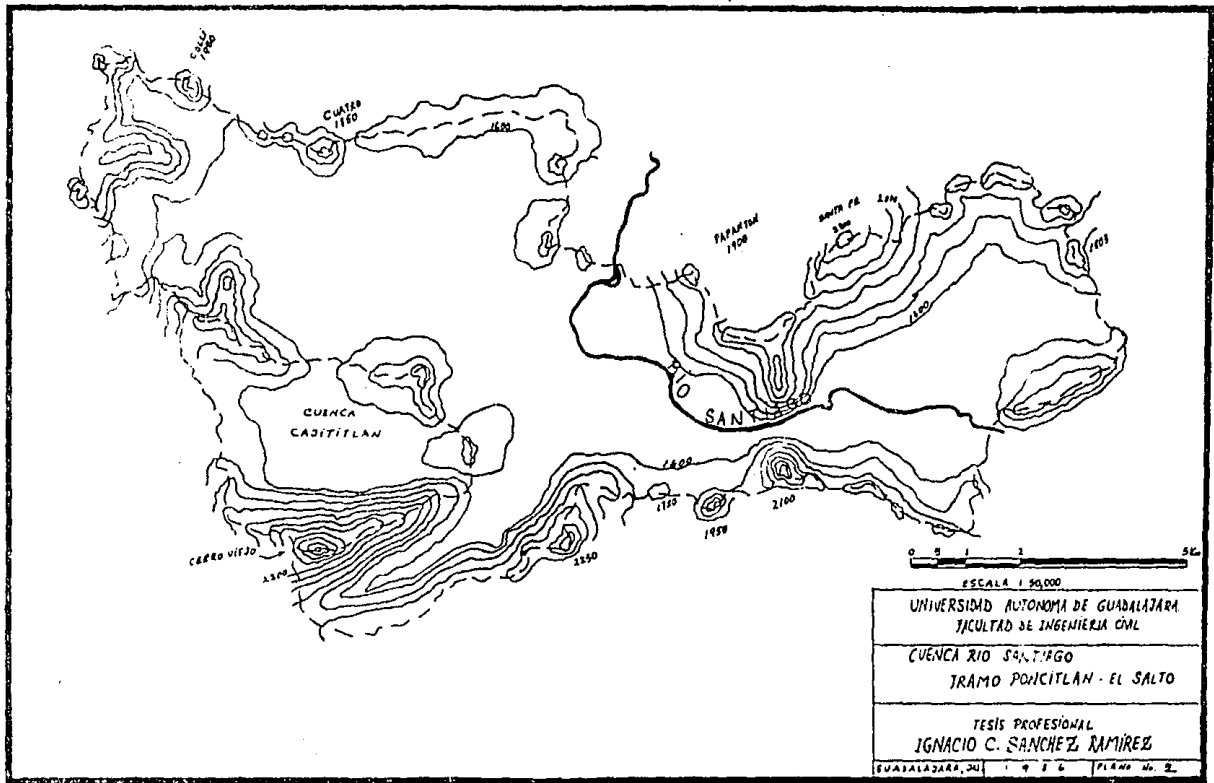
-BIBLIOGRAFIA-

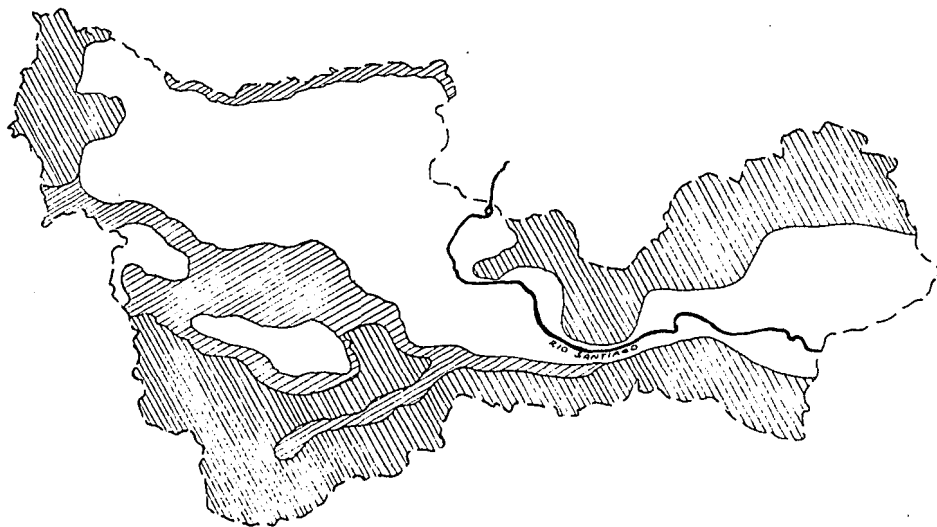
- Metodología para la planeación, localización y anteproyecto de pequeñas obras hidráulicas de almacenamiento basada en la información CETENAL, México 1976.
- Dams, Low, Water resources committes, Washington, D.C., 1938
- Davis, Manual de Hidráulica aplicada, New York, 1958.
- González Ch., Elías, Cuenca del Lago de Chapala: Aprovechamiento integral de sus aguas, 1961.
- Instituto de Geografía, Lago de Chapala, investigación actualizada, Guadalajara, Jal., 1983.
- P.L.A.T., Boletín Meteorológico No. 1, Guadalajara, Jal., - 1966.
- P.L.A.T., Treinta años de lluvia en la región Lerma-Santiago, Guadalajara, Jal., 1970.
- S.A.R.H., Criterio que debe guiar un estudio hidrológico para un aprovechamiento por almacenamiento, México, D.F., 1964.
- S.A.R.H., Presas Mexicanas, México, D.F., 1968.
- S.A.R.H., Boletines Hidrométricos No. 24, 50, 51 y 52. México, D.F., 1975.
- S.A.R.H., Estudio hidrológico del lago de Chapala, México, D.F., 1978.
- Sandoval, Francisco de P., Gufa de información técnica sobre el lago de Chapala, Guadalajara, Jal., 1979.
- S.I.A.P.A., Informes anuales, Guadalajara, Jal.




- S.I.A.P.A., Agua para Guadalajara, Guadalajara, Jal., 1974.
- Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, Chapala ayer-
y hoy, Guadalajara, Jal., 1984.
- Springall, Rolando, Hidrología, México, D.F., 1970.

ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS DE LA ZONA PARA CUADALAJARA

PROYECTO	Q (m ³ /s)	TURBINA DE APROVECHAMIENTO	ALCUTIA DE LA TURBINA (m)	ALCUTIA DE LA TURBINA (m)	CONDUCCION	LONGITUD (m)	DIAMETRO (m)	DISTANCIA AL CAUCE (m)	CARACTERISTICAS
Sistema de abastecimiento actual.	17	Lago de Chapala	-	6,354	Canal Aprovechamiento Las Parotas.	77	52		Canal abierto. Contaminación en el trayecto por falta de conducción.
Acueducto Chapala-Cuadajajara	12	Lago de Chapala	-	6,354	Tubería a presión	134	42		Toma profunda en el centro del lago a mayor elevación que el cuaternario. Carencia de contaminación en el trayecto y evita pérdidas de conductores.
Hurgotitán		Excedentes del lago de Chapala.	14.8160	2,000	Acueducto Chapala-Cuadajajara	155	42		Posibilidad de mantener el lago a niveles constantes y adecuados. Instalación de una planta hidroeléctrica de bombeo.
			24.7125	5,000					
Cajititlán		Excedentes del lago de Chapala.	45	2,000	Acueducto Chapala-Cuadajajara.	60	30		Aprovechamiento de excedentes que de otra forma se desperdiciarían. Posibilidad de desarrollo turístico en Cajititlán. Afectación de terrenos agrícolas.
Aprovechamiento de las aguas del río Verde. 1a. etapa, sin construir el vaso de la Turda.	2	Río Verde, Derivadora El Furgatorio.	15	-	Tubería	585	19		En el texto se demostró que en el río Verde en el estiaje no ocurren 2 m ³ /s.
Aprovechamiento de las aguas del río Verde. 2a. etapa, construyendo el vaso de la Turda	10.5	Río Verde Vaso de la Turda Derivadora El Furgatorio	80	800	Cauce del río y tubería	585	35 Tubería 19		Posibilidad de poner las plantas de bombeo bien diseñadas como plantas hidroeléctricas de bombeo.
Aprovechamiento de las aguas del río Verde. Conducción alta de la Turda.	14	Río Verde Vaso la Turda	90	960	Canal	250	130		Permite la utilización de las aguas de los ríos Valle de Cuadajajara, Tepetitlán y Calderón. Además existe la posibilidad de generar 40,000 kw.
Vaso de Tinajeros	1.5	Río Calderón	45	75	Tubería	120	31		Se tendría que desahogar si se construye el vaso de los Facinos.
Vaso de los Facinos	7	Ríos Calderón y Zapotitlán. Excedentes del lago de Chapala.	135	500	Tubería	290	16		Indispensable el colector de saneamiento del río Santiago. Posibilidad de aprovechamiento hidroeléctrico de bombeo o/la presa de Colimilla como vaso intermedio.
Vaso de Santa Fe	5	Ríos Santiago y Zapotitlán. Arroyo de la Lata. Excedentes del lago de Chapala.	10	161	Tubería	200	24		Es el aprovechamiento más cercano a la nueva planta de tratamiento de los alcantarillados en el sur requiere de una cierta rda baja.
Zona de Pozos. Illos de Atzacan, Tepetitlán y Toluquilla	2	Pozos	-	-	Tubería	-	15		
Acuíferos de los valles de Ameca, Abasco y San Marcos.	4	Pozos	-	-	Tubería	500	75		





 PENDIENTES MUY FUERTES
 LOMERIOS
 PLANICIES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUADALAJARA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CUENCA DEL RÍO SANTIAGO
OROGRAFÍA.

TESIS PROFESIONAL
IGNACIO C. SANCHEZ RAMIREZ

GUADALAJARA, SAL. 1976 PLANO No. 3

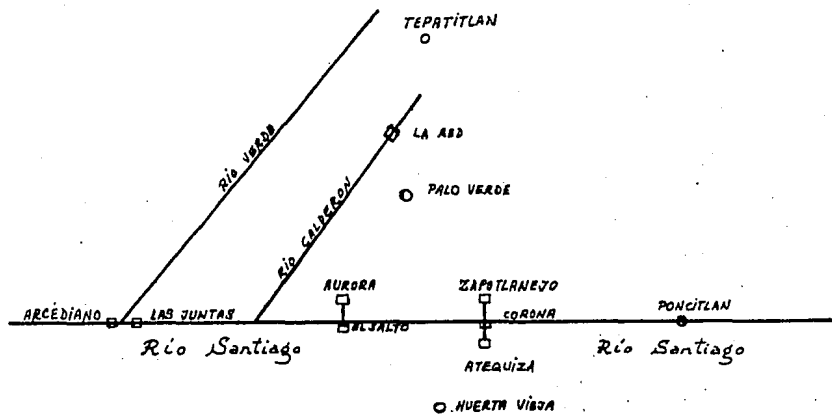


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUADALAJARA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

SUBCUENCAS DEL RÍO SANTIAGO.

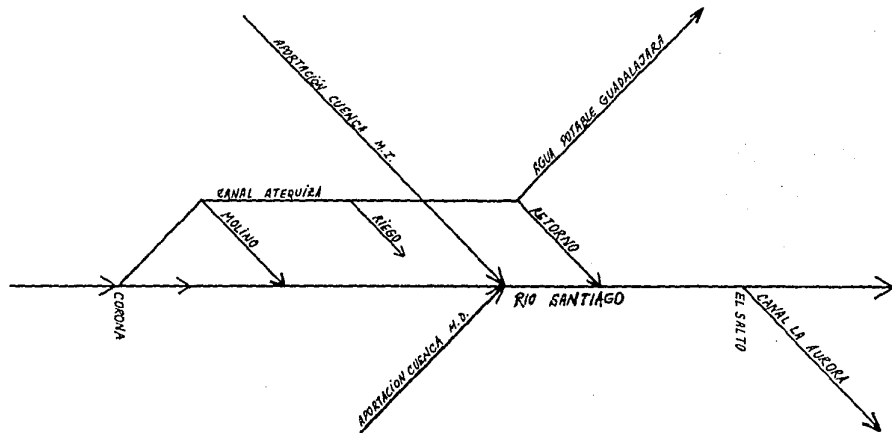
TESIS PROFESIONAL
IGNACIO C. SANCHEZ RAMÍREZ.

GUADALAJARA, JAL. 1986 PLANO No. 6



○ PLUVIOMETRICAS.
 □ HIDROMETRICAS.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA. FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL.
LOCALIZACION DE ESTACIONES HIDROMETRICAS.
TESIS PROFESIONAL IGNACIO C. SANCHEZ RAMIREZ.
GUADALAJARA, ZAL. 1986 PLANO No. 5.

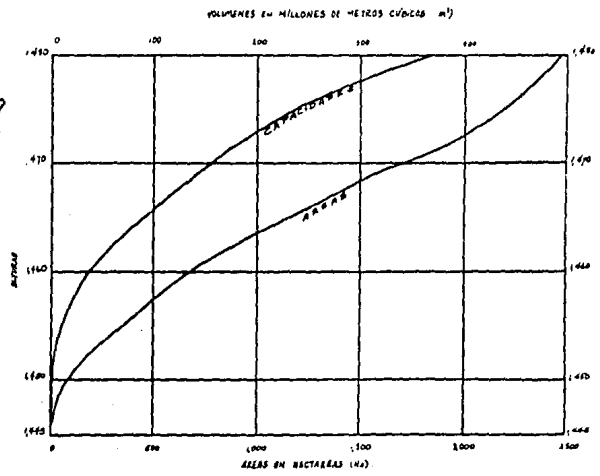
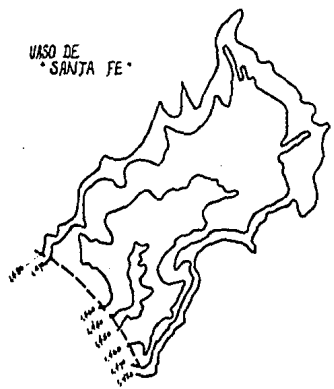


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA.
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL.

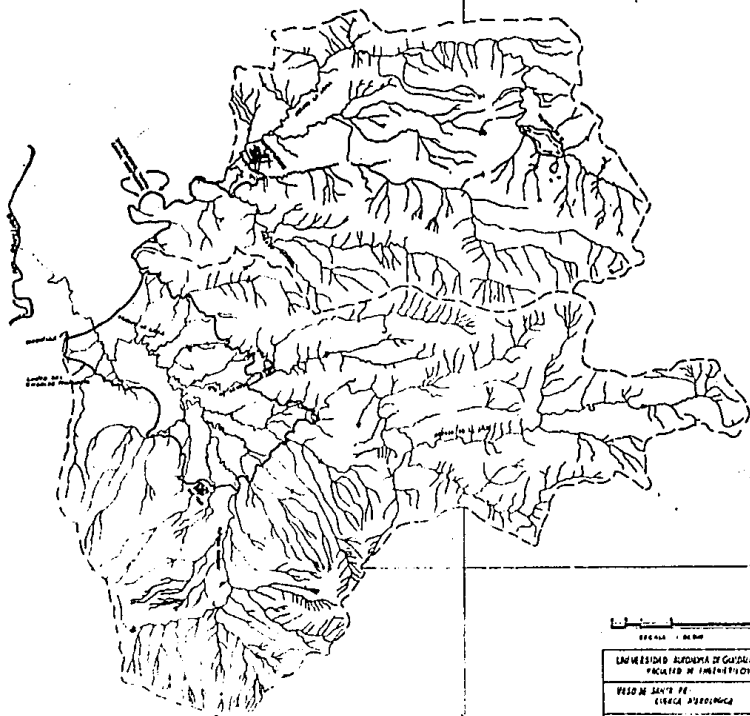
ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO
HIDROLOGICO DEL RIO SANTIAGO.

TESIS PROFESIONAL.
IGNACIO C. SANCHEZ RAMIREZ.

GUADALAJARA, JAL. 1986 PLANO No. 6.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUADALAJARA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PLANO TOPOGRÁFICO * CURVAS DE ÁREAS Y CAPACIDADES
TECNOLOGÍA PROFESIONAL IGNACIO C. SANCHEZ RAMIREZ
GUADALAJARA, JALISCO 1972 PLANO No. 2

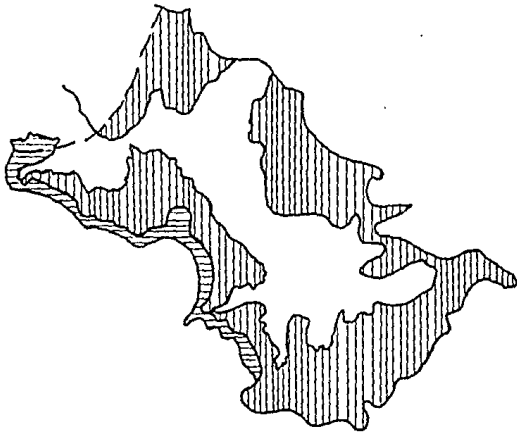





ESCALA 1:50,000

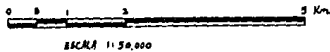
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PESO DE SANTE PE
CERCA APOZUQUÉ

LISTA PROFESORAL
IGNACIO C. SALCERES RIVERA



-  **BASALTO.**
-  **TOBA.**
-  **SUELO ALUVIAL**



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA.
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL.

VASO DE SANTA FE.
GEOLOGIA SUPERFICIAL.

TESIS PROFESIONAL.
IGNACIO C. SANCHEZ RAMIREZ.

GUADALAJARA, JAL. 1986 PLANO No. 10.

