

ESTUDIO DE DISPONIBILIDAD Y BALANCE HIDRAULICO ACTUALIZADO DE AGUAS SUPERFICIALES DE LAS CUENCAS DE LOS RIOS VERDE Y JUCHIPILA.

1. Antecedentes y objetivo

Dado el importante crecimiento poblacional y desarrollo de los centros de población la demanda de agua para diversos usos se ha incrementado notablemente en prácticamente todas las regiones del país mientras que la oferta de agua en condiciones naturales se ha reducido, lo que implica un manejo cada vez más complejo.

La disponibilidad de agua superficial depende de la cantidad de escurrimiento en los ríos y de las extracciones que de ella se hace para satisfacer los distintos usos.

En el caso de la cuenca alta del río Santiago, se ha detectado que existe una alta demanda de agua provocada por el gran desarrollo demográfico e industrial por la apertura de nuevas áreas al riego así como por la demanda por la construcción de bordos para abrevadero. De acuerdo con las proyecciones de población, se prevé que continúe el alto crecimiento de las ciudades de Guadalajara, Aguascalientes y León. Esto significa una presión adicional para obtener una mayor cantidad de agua superficial para su abastecimiento y la cuenca del río Verde se ha planteado como una fuente de transferencia a otras cuencas vecinas.

Por otro lado, la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento establece la obligación de publicar los resultados de los estudios de disponibilidad para conocimiento público, con lo que se puede definir el **objetivo** de este trabajo de la siguiente manera:

Conocer con precisión la disponibilidad en términos de oferta y demanda de agua superficial en las subcuencas con mayor problemática en las cuencas de los ríos Verde y Juchipila. Este conocimiento servirá de apoyo para la planeación, administración y manejo del agua así como para la formulación de programas hidráulicos.

2. Características generales de las cuencas de los ríos Verde y Juchipila

Las cuencas de los ríos Verde y Juchipila forman parte de la región hidrológica Lerma-Santiago, que es la parte del territorio nacional limitada por el parteaguas natural del sistema hidrológico conformado por el río Lerma que confluye al Lago de Chapala, que es donde tiene su origen el río Santiago.

Desde su inicio hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, el río Santiago tiene un desarrollo de 486 km. La cuenca del río Grande de Santiago abarca desde la cortina de Poncitlán, a la salida del Lago de Chapala, hasta su desembocadura en la boca del Titiriterio y tiene un área estimada de 77,185 km². (Lámina 2.1)

Hidrológicamente a esta región le corresponde el número 12, dentro de la clasificación del país, aunque en realidad es solo una parte de ella, lo que podría llamarse el tercio final del sistema Lerma-Chapala-Santiago.

Los ríos Verde y Juchipila fluyen por margen derecha al río Santiago y el área de sus cuencas suma 29,171 km² es decir, el 37.8% de la cuenca del río Santiago.

La integración superficial de las cuencas de los ríos Verde y Juchipila, por estados, se muestra en el cuadro 2.1

ESTADO	RIO VERDE		RIO JUCHIPILA		S U M A	
	Superficie (Km ²)	%	Superficie (Km ²)	%	Superficie (Km ²)	%
Jalisco	9,962	48.2	2,138	25.1	12,100	41.5
Zacatecas	4,349	21.1	5,473	64.2	9,822	33.7
Aguascalientes	4,856	23.5	910	10.7	5,766	19.8
Guanajuato	1,314	6.4	-	-	1,314	4.5
San Luis Potosí	169	0.8	-	-	169	0.5
S U M A	20,650	100.0	8,521	100.0	29,171	100.0

Cuadro 2.1 superficie por estados de las cuencas de los ríos Verde y Juchipila

2.1 División municipal y población

De acuerdo con la información censal disponible a partir del análisis de la división municipal del INEGI y de la proyección de la población al año 1997, se pudo obtener el plano que se ilustra en la lámina 2.2 y los cuadros 2.2 al 2.6 que se desglosan a continuación, para cada uno de los estados que tienen alguna porción dentro de las cuencas en estudio.

Aguascalientes Incluye los nueve municipios que componen el estado y a excepción de Rincón de Romos, Tepezala y Asientos, el resto se encuentra dentro de las cuencas del Verde y Juchipila. Cuadro 2.2

MUNICIPIO	POBLACION 1997	SUPERFICIE			
		TOTAL Km ²	RIO VERDE %	RIO JUCHIPILA %	OTRAS %
Asientos	32,934	561.8	95.0	-	5.0
Aguascalientes	521,462	1,800.9	100.0	-	-
Cosío	10,472	316.0	100.0	-	-
Calvillo	49,506	945.8	20.0	80.0	-
Jesús María	41,996	505.1	85.0	15.0	-
Pabellón de Arteaga	26,624	197.2	100.0	-	-
Rincón de Romos	34,524	371.7	97.0	-	3.0
San José de Gracia	6,888	863.8	91.0	9.0	-
Tepezala	15,135	232.1	80.0	-	20.0
	739,541				

Cuadro 2.2 Población y superficie municipal de Aguascalientes en las cuencas de los ríos Verde y Juchipila

Jalisco Se incluyen 24 municipios

MUNICIPIO	POBLACION 1997	SUPERFICIE			
		TOTAL Km ²	RIO VERDE (%)	RIO JUCHIPILA (%)	OTRA (%)
Arandas	77,200	1,132.3	7	-	93
Acatic	20,049	350.3	80	-	20
Colotlán	19,230	674.6	-	8	92
Cuquio	21,312	525.8	78	12	10
Cañadas de Obregón	6,316	269.8	100	-	-
Encarnación de Díaz	51,656	1,243.7	100	-	-
Ixtlahuacán del Río	23,823	826.6	-	40	60
Jalostotitlán	29,886	515.9	100	-	-
Lagos de Moreno	129,512	2,626.6	88	-	12
Mexicacán	8,189	282.0	100	-	-
Ojuelos de Jalisco	28,548	1,143.1	94	-	6
San Julián	15,969	256.0	55	-	45
San Miguel el Alto	28,790	793.4	85	-	15
San Cristóbal de la Barranca	5,714	523.0	-	12	88
Santa María de los Angeles	5,856	244.2	-	23	77
San Juan de los Lagos	56,619	829.25	-	100	-
San Diego de Alejandría	7,326	329.69	-	2	98
Teocaltiche	44,382	925.46	-	100	-
Tepatitlán de Morelos	112,722	1,423.24	55	-	45
Unión de San Antonio	18,328	734.14	42	-	58
Villa Hidalgo	15,633	462.15	100	-	-
Valle de Guadalupe	6,686	358.48	100	-	-
Yahualica de González Gallo	26,098	565.11	-	7	93
Zapotlanejo	48,680	706.31	11	-	89

Cuadro 2.3 Población y Superficie municipal de Jalisco en las cuencas de los ríos Verde y Juchipila

Guanajuato:

MUNICIPIO	POBLACION TOTAL 1997	SUPERFICIE			
		TOTAL Km ²	RIO VERDE (%)	RIO JUCHIPILA (%)	OTRA (%)
Ocampo, Guanajuato	24,067	1,077.77	86	-	14
San Felipe, Guanajuato	106,400	2,795.09	6	-	94
León, Guanajuato	1,058	1,206.00	17	-	83

San Luis Potosí:

MUNICIPIO	POBLACION TOTAL 1997	SUPERFICIE			
		TOTAL Km ²	RIO VERDE (%)	RIO JUCHIPILA (%)	OTRA (%)
Villa Arriaga, S.L.P.	16,244	912.025	19	-	81

Cuadro 2.4 Población y superficie municipal de Guanajuato y San Luis Potosí en las cuencas de los ríos Verde y Juchipila

Zacatecas:

MUNICIPIO	POBLACION 1997	SUPERFICIE			
		TOTAL Km ²	RIO VERDE (%)	RIO JUCHIPILA (%)	OTRA (%)
Apulco	6,324	200.6	100	-	-
Apozol	9,705	308.4	-	100	-
Cuauhtémoc	11,558	316.0	100	-	-
Guadalupe	100,979	981.8	20	-	80
Genaro Codina	10,015	784.1	75	18	7
General Joaquín Amaro	3,955	360.9	-	78	22
Huanusco	7,706	362.9	-	97	3
Jalpa	29,775	707.3	-	99	1
Juchipila	16,549	333.6	-	100	-
Loreto	42,161	407.1	80	-	20
Luis Moya	14,032	175.3	60	-	40
Moyahua de Estrada	8,345	539.1	-	98	2
Mezquital del Oro	4,293	485.0	-	100	-
Noria de los Angeles	14,839	392.9	12	-	88
Nochistlán de Mejía	39,439	857.2	-	16	84
Ojo Caliente	40,676	677.6	20	-	80
Tabasco	18,978	398.8	-	100	-
Tepetongo	13,304	703.3	-	20	80
Tepechitlán	11,621	581.7	-	10	90
Teul de González Ortega	11,972	888.0	-	20	80
Trinidad García de la Cadena	4,764	308.3	-	30	70
Tlaltenongo de Sánchez Román	28,044	735.3	-	45	55
Villanueva	43,399	2,157.5	1	98	1
Villa García	15,464	334.8	85	-	15
Zacatecas	132,438	40.9	-	40	60

Cuadro 2.5 Población y superficie municipal de Zacatecas en las cuencas de los ríos Verde y Juchipila

2.2 Orografía

Las cuencas de los ríos Verde y Juchipila tienen varias características especiales relacionadas con su origen, formación estructura y disposición.

La estructura orográfica de estas cuencas se desarrolla, en general, hacia el parteaguas oriental de la Sierra Madre Occidental, con las características de cuencas internas. Otra característica importante consiste en que los colectores principales del Verde y Juchipila corren paralelos en dirección noroeste-suroeste separados por una distancia media de 50 kilómetros y longitud cercana a los 350 kilómetros cada uno.

Hacia el oriente de la cuenca del río Santiago el sistema montañoso más importante es el de la sierra de los Huicholes, que confina hacia el occidente al río Huaynamota y hacia el oriente al río Bolaños. Después, se encuentra la sierra en la que se distinguen los cerros del Aguila, Vaquero, Cosquiaque y Morones, en cuya vertiente occidental se desarrollan los afluentes izquierdos del río Bolaños y en la vertiente oriental se desarrolla la cuenca derecha del río Juchipila.

Al oriente de los cerros de la Virgen, Laurel, Delgadillo, la Campana, Nochistlán, Salto del Perico, los Negros, San Isidro, la Taponá, Juchitlán, la Gavilana, Agua Rica y la Higuera, está ubicada la amplia y complicada hidrografía del río Verde y sus numerosos afluentes. En la lámina 2.3 se muestra la imagen digitalizada de 1995 obtenida vía satélite por el INEGI.

2.3 Climatología

De acuerdo con la clasificación de Thornthwaite en las cuencas de los ríos Verde y Juchipila se localizan básicamente tres climas característicos o típicos que se mencionan desde la parte alta de las cuencas hacia la desembocadura con el Juchipila. Lámina 2.4

(Dip B'₂ b') **Clima seco con invierno seco, con primavera seca, semifrío con invierno benigno.** La estación representativa es la climatológica de Pabellón de Arteaga donde se tiene un promedio de lluvia anual de 436.6mm en el período 1942-1998. Los valores de la lámina mensual media de diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo en ningún caso pasan de los 19.1 mm y el mínimo de los promedios se registra en marzo con 3.1 mm.

Así pues es totalmente compatible con la clasificación de la zona con invierno seco y primavera seca.

En cuanto a temperatura, el registro de Pabellón de Arteaga da una temperatura media anual de 16.8 °C con un valor máximo de 25.6 °C en el mes de mayo de 1995 y 9.5 °C como mínima en el mes de enero de 1944 y 1956.

(Ci B'₂ a') **Semiseco con invierno seco, semifrío sin estación invernal bien definida.** Corresponde a la cuenca media del río Verde y se extiende a la cuenca media y parte de la baja del Juchipila. La estación representativa es la de San Juan de los Lagos, jalisco con 27 años de registro de 1961 a 1987.

En cuanto a lluvia se tiene un valor promedio anual de 721 mm con máximo de 189 mm y mínimo de 6.1 mm; lo que la hace coincidente con clima semiseco. La característica de esta zona es que solo el invierno es seco, por lo que en la primavera se tienen lluvias mayores que en el invierno. Si se suman las láminas medias mensuales de enero, febrero y marzo en San Juan de los Lagos, se obtiene un total de 27.6 mm. En cambio en la suma de la lámina media mensual de abril, mayo y junio es de 158.1 mm.

(Ci B'₁ a') **Semiseco con invierno seco, templado sin estación invernal bien definida.** Se extiende la cuenca baja de los ríos Verde y Juchipila. Se considera que la estación representativa es la de Cuquío, Jal, con periodo de registro de 26 años de

1961 a 1987. la lámina media de precipitación es de 834 mm con máxima anual de 1,650 mm y mínima de 545 mm.

La temperatura media anual registrada fue de 17.7 ° C con un valor máximo de 21.7° C en el mes de mayo y 13.2° C como mínima en el mes de enero.

En cuanto a evaporación media en Cuquío, esta es de 1,758.7 mm al año con un máximo anual de 2,230.1 mm en el año de 1975 y un mínimo de 1,611.3 mm en el año de 1965.

2.4 Descripción de las principales características de las cuencas de los ríos Verde y Juchipila

La lámina 2.5 muestra un esquema simplificado de interconexión de ambas cuencas con el río Santiago y en ella se destacan los almacenamientos principales.

Asimismo, en la lámina 2.6 y el anexo de planos se presenta cada una de las cuencas y subcuencas con sus datos y características principales. En ella se aprecia la división municipal, los principales almacenamientos y se ubican las estaciones hidrométricas y climatológicas así como la topografía. En el anexo de planos se incluye también un plano para cada una de las subcuencas y se presentan las curvas isoyetas del periodo 1931-1990.

2.4.1 Cuenca del río Verde

El río Verde es afluente por margen derecha del río Grande de Santiago. Sus orígenes se encuentran en el estado de Zacatecas, en la parte más elevada de la cuenca y su desembocadura en el Santiago ocurre cerca de Guadalajara, a 10 km al noreste del centro de esa ciudad.

La longitud del cauce desde sus orígenes, a 20 km al sur de Zacatecas, Zac., hasta su confluencia con el río Santiago, es de aproximadamente 350 km. Su dirección, si se toma al río Aguascalientes como formador principal del Verde, se pueden considerar dos tramos bien definidos: el primero, desde sus orígenes hasta la entrada del río de Lagos que es de dirección N-S, con un recorrido de 200 km; el segundo a partir de esta confluencia hasta su entrada al río Santiago, de rumbo S 45° W, con un recorrido de 150 km; la dirección general predominante es sur-suroeste.

La pendiente media, si se toma en cuenta que el río nace a una altitud de 2,400 m.s.n.m. (cerro Potosí), y confluye al Santiago a unos 1,100 m.s.n.m., resulta de 0.0037.

El área de su cuenca hasta su confluencia con el río Grande de Santiago es de 20,650 km².

Los afluentes principales, mencionados hacia aguas abajo se pueden observar en el cuadro No. 2.6

CORRIENTE	AREA DE CUENCA HASTA SU CONFLUENCIA EN Km²
Arroyo. Mesillas, (M.I.)	207
Río Pabellón, (M.D.)	402
Río Santiago (M.D.)	626
Río San Pedro, (M.D.) Río Aguascalientes	3,198
Río Chicalote, (M.I.)	1,567
Río Morcinique, (M.D.)	249
Río Encarnación	2,519
Río San Matías	816
Río Teocaltiche	514
Río de Lagos	4,441
Río Jalostotitlán	1,103
Río del Valle	842

Cuadro No. 2.6 Río Verde, afluentes principales

Las principales estaciones hidrométricas y sus características se muestran en el cuadro No. 2.7

NOMBRE DE LA ESTACION	CORRIENTE	AREA DE CUENCA	VOLUMEN MEDIO ANUAL REGISTRADO M m³	PERIODO OBSERVADO
San Pedro Piedra Gorda	R. San Pedro	410	10.41	1928-94
Salida Presa Calles	R. Santiago	558	43.16	1943-94
Palmitos	R. Santiago	558	40.5	1931-42
El Águila	R. Santiago	558	37.8	1927-35
Pte. F. C. Chicalote	R. Chicalote	1,518	5.6	1927-33
Tizcareño	R. Morcinique	192	6.0	1927-33
El Niágara II	R. Aguascalientes	5,773	8.8	1958-61
El Niágara	R. Aguascalientes	5,774	58.25	1945-94
El Niágara III	Salidas Presa	5,780	36.7	1961-71
San Juanico	R. San Juanico	100	6.0	1962-71
Ajojucar	R. Aguascalientes	6,597	59.7	1940-98
Agostadero	R. San Matías	354	19.4	1945-97
Calera	R. Teocaltiche	279	21.43	1945-94
Teocaltiche	R. Teocaltiche	306	16.4	1954-64
Cuarenta	R. de Lagos	1,652	35.13	1941-94
Cuarenta II	Salidas Presa	1,703	53.1	1965-71
Lagos	R. de Lagos	2,397	84.45	1941-94
Paso de Sabino	R. Aguascalientes	10,559	162.41	1945-97
San Gaspar	R. de Lagos	4,930	150.39	1942-97
Valle de Guadalupe	R. del Valle	394	51.2	1941-71
La Cuña	R. Verde	19,097	623.47	1945-97
Cuquio	R. de los Gigantes	64	7.3	1962-65
Lagunillas	R. Tepetitlán	265	40.59	1945-97

Cuadro No. 2.7 Estaciones hidrométricas en la cuenca del Río Verde

Dada la sinuosidad del cauce, lo complicado de su hidrografía y con base en topografía escala 1:250,000 del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) y de acuerdo con los términos de referencia del presente estudio, la cuenca del río Verde se dividió en 14 subcuencas cuyas superficies se muestran en el cuadro No. 2.8. Cabe señalar que para fines de cálculo de los balances y dado que la subcuenca cerrada de Ocampo no existe como tal, solo se consideraron 13 subcuencas para su estudio.

SUBCUENCA		SUPERFICIE EN Km ²
No.	NOMBRE	
V1	San Francisco de los Romo	1,834
V2	Presa Calles	587
V3	Presa Niágara	3,109
V4	Presa El Cuarenta	1,604
V4'	Cuenca cerrada Ocampo	753
V5	San Gaspar	2,791
V6	Presa Ajojucar	772
V7	Presa Agostadero	316
V8	Río Encarnación	2,488
V9	Paso del Sabino	966
V10	San Miguel	1,085
V11	El Salto	716
V12	La Cuña	2,197
V13	Purgatorio	1,432
TOTAL		20,650

Cuadro No. 2.8 Subcuencas del río Verde

La forma general de la cuenca del río Verde es la de aproximadamente un triángulo escaleno, cuyo vértice inferior queda en su desembocadura al río Santiago; un lado, de 225 km de longitud en línea recta y de rumbo N 45° E, está dado por su colindancia general con la cuenca principal del río Lerma. El otro de 220 km de longitud y de rumbo N 5° E, queda definido por la línea divisoria de aguas con el río Juchipila, y el tercer lado, que cierra esta figura por el vértice opuesto a la desembocadura que es una recta de 175 km de longitud y de rumbo N 60° W, que separa la cuenca del Verde de la Región Hidrológica No. 37.

2.4.2 Cuenca del río Juchipila

Este es el segundo afluente importante por la margen derecha del río Grande de Santiago. Tiene una forma sumamente alargada y el cauce principal corre en dirección S 15° W prácticamente desde su origen hasta la confluencia con el Santiago. Hacia el norte colinda con la Región Hidrológica N 37, hacia el oriente colinda con la cuenca del río Verde y hacia el occidente con la cuenca del río Bolaños. Por el oriente está limitado por una serranía que se identifica con los

nombres de la Virgen, Laurel y Nochistlán, y por el occidente con otra en la que las cordilleras más importantes son las del Águila de Vaquero, Cosquiaque y Morones.

La distancia entre los parteaguas definidos por estos dos ejes mencionados, es casi uniforme, de manera que el cauce principal queda confinado en el fondo de un cañón que en su parte más angosta corresponde a una longitud de 30 km y en la más ancha es de 60 km.

Dado que el recorrido general del colector principal es de unos 250 km, se explica la carencia de afluentes importantes, pues a estos les queda muy poco espacio para desarrollarse y por lo tanto la estructura hidrográfica del río es muy simple y en general consiste en corrientes de corto recorrido y escasa cuenca que descargan casi de manera directa al colector general.

En sus orígenes dentro del estado de Zacatecas, que es donde el río tiene la mayor parte de su cuenca, la corriente se forma a 19 km al norte del poblado de Malpaso y escurre hacia la localidad de Villanueva Zac., todavía sin nombre definido. Después toma el nombre de Tabasco y a unos 50 km aguas abajo se llama “**río Juchipila**” y a la altura de Teocaltichillo, se incorpora por la margen izquierda el río Calvillo, que tiene una cuenca total de 1,368 km². Antes de esta confluencia a 40 km aguas arriba se construyó sobre el río Juchipila, en el año de 1958 la presa el Chique, que tiene 64.34 millones de m³ de capacidad total. Aguas arriba de la presa el Chique a 15 Km sobre el cauce principal se construyó en 1980 la presa Tayahua cuya capacidad de almacenamiento es de 33.0 Mm³. A 800 metros aguas abajo de la cortina de la presa el Chique se ha operado desde 1961 la estación hidrométrica de Agua Blanca. A 50 km aguas abajo de la confluencia con el río Calvillo, el río pasa por la ciudad de Juchipila, que es la que le da el nombre y sigue rumbo al sur. Hay otra hidrométrica a 20 km aguas arriba de Juchipila que se llama Tecomate la que cuenta con datos hidrométricos observados desde 1944.

Aguas abajo del Tecomate hay una aportación derecha de un pequeño afluente llamado río San Nicolás, que cuenta con un área de cuenca de 142 km² sobre el cual se desarrolló a partir de 1950 un aprovechamiento constituido por la presa Achoquen, cuya capacidad total es de 19.6 millones de m³ y que tiene una estación hidrométrica a 150 m aguas abajo de la cortina, también llamada Achoquén, con observaciones de periodo 1950 a la fecha.

A 14 km aguas arriba de la estación La Boquilla, el río Juchipila tiene la máxima desviación de su trayectoria que se convierte en oeste a lo largo de unos 20 km, durante los cuales sirve como límite entre los estados de Zacatecas y Jalisco. Después, recibe todavía una pequeña aportación por la margen derecha constituida por el río Mezquital, que nace al norte de Mezquital del Oro Zacatecas y que con dirección norte-sur desarrolla una cuenca total de 533 km².

El río Juchipila recorre otros 7 km desde la confluencia con el Mezquital hasta su entrada al Santiago. La cuenca total del río con la que contribuye al Santiago es de 8,521 km².

La longitud del cauce principal del río Juchipila es de 250 km, y su descarga ocurre a 43 km al norte de la ciudad de Guadalajara, Jal.

Su dirección desde su nacimiento a 10 km al sur de Zacatecas, Zac., conserva en forma general S 20° W, con un recorrido de 232 km; solamente en los últimos 18 km su dirección es francamente oeste. Su rumbo predominante es suroeste.

Tomando en consideración la altitud en que nace el río Juchipila que es de 2,600 m.s.n.m. y su desembocadura en el Grande de Santiago a una altitud de 800 m.s.n.m. la pendiente media es de 0.0072.

El área de la cuenca del río Juchipila es de 8,552 km², hasta la confluencia con el Santiago.

Los principales afluentes, nombrados de aguas arriba hacia aguas abajo son los ríos Tabasco, Palomas y Calvillo, por margen izquierda y San Nicolás por margen derecha. Sus principales estaciones hidrométricas se muestran en el cuadro 2.9

NOMBRE DE LA ESTACION	CORRIENTE	AREA DE CUENCA HASTA LA ESTACION EN Km ²	VOLUMEN MEDIO ANUAL REGISTRADO Millones m ³	PERIODO OBSERVADO
Palomas	R. Palomas	348	24.22	1945-97
Agua Blanca	Salidas P. El Chique	2,754	86.52	1945-97
Tecomate	R. Juchipila	5,755	176.65	1949-97
La Codorniz	La Labor	173	14.5	1963-71
Media Luna	R. Calvillo	1,029	128.4	1970-71
Achoquen	Salidas P. Achoquen	142	4.51	1949-97
La Boquilla	R. Juchipila	8,534	341.71	1949-98

Cuadro No. 2.9 Principales estaciones hidrométricas del río Juchipila

De acuerdo con la topografía escala 1:250,000 del INEGI y los términos de referencia del presente estudio, esta cuenca se dividió en 5 subcuencas cuyas superficies se muestran en el cuadro No. 2.10

SUBCUENCA		SUPERFICIE EN Km ²
No.	NOMBRE	
J1	Río Palomas	349
J2	Presas El Chique	2,320
J3	Tecomate	3,160
J4	Presas La Boquilla	2,675
J5	Resto Juchipila	17
TOTAL		8,521

Cuadro No. 2.10 Subcuencas del río Juchipila

2.5 Inventario de aprovechamientos existentes

2.5.1 Cuenca del río Verde

En la cuenca del río Verde se identificaron 131 almacenamientos que captan aguas superficiales y cuyo uso principal es el riego, pero también se usan en mucho menor proporción para agua potable y generación de energía eléctrica. La capacidad total de almacenamiento se estima en 648.5 Mm³.

En el cuadro 2.11 se reportan los principales almacenamientos inventariados con base en los planos topográficos escala 1:250,000 del INEGI, e información recopilada en las gerencias de la CNA y se hace una breve descripción de las principales presas. En la lámina 2.7 se identifican los almacenamientos existentes en las cuencas del Verde y Juchipila.

NOMBRE DE LA PRESA	CAPACIDAD Mm ³	TIPO DE APROVECHAMIENTO
Presa Mesillas	0.70	Riego
Presa Cincuenta Aniversario	5.00	Riego
Presa Calles	351.20	Riego
Presa Pabellón (Potrerillos)	2.0	Derivación riego
Presa Jocoque	10.9	Riego
Presa Abelardo L. Rodríguez	28.7	Riego
Presa El Niágara	16.0	Riego
Presa Ajojucar	-	Derivación riego
Presa El Cuarenta	30.6	Riego
Presa Juiquinaque	8.0	Riego
Presa La Calera	1.0	Riego
Presa El Salto, Jal.	85.0	Agua Potable
Presa El Estribón, Jal.	6.1	Riego

Cuadro No. 2.11 Principales almacenamientos en la cuenca del río Verde.

Presa de Pabellón

La cortina es del tipo de arco, con radio constante y construida con concreto, siendo vertedora la parte central.

El vertedor es una escotadura situada en la parte central de la cortina. Las avenidas extraordinarias pueden derramar sobre toda la longitud de la cortina.

La obra de toma se encuentra alojada en la cortina. Consiste en una tubería que pasa a través de la cortina y esta provista en su extremo de aguas arriba de una rejilla y en el lado de aguas abajo de una válvula para control de las extracciones.

Permite hacer las extracciones destinadas a satisfacer antiguas concesiones situadas aguas abajo. La tubería es de fierro de 0.91 m de diámetro, la rejilla de 2.13 m de longitud por 1.78 m de altura, y la válvula de mariposa de 0.91 m de diámetro.

La derivación a la presa Cincuenta Aniversario, sobre el río Blanco se hace a través del túnel de Potrerillos, cuya obra de toma esta situada a unos 500 m aguas arriba de la presa de Pabellón.

Presa Plutarco Elías Calles

La presa consta de una cortina del tipo de arco de gravedad, con arco de radios variables en el centro del cauce y prolongada a partir de las orillas del cañón en direcciones tangentes al arco, con secciones de gravedad. Construida totalmente de concreto. Su capacidad a la cresta del vertedor es de 351.2 millones de m³ y el área de embalse es de 2,390 hectáreas.

Un vertedor localizado en el extremo sur de la cortina, en la margen derecha y formando un cuerpo con aquella. Del tipo de cresta libre con perfil Creager. Una obra de toma alojada en el cuerpo central de la cortina, esta provista de 4 líneas de tuberías de acero que la atraviesan oblicuamente; las dos están destinadas para riego y la capacidad de cada una es de 20 m³/seg. Las otras dos eran para generación, pero nunca se usaron.

Las presas derivadoras Jocoque y Pabellón complementan el sistema hidráulico que alimenta al distrito de riego 01.

Presa Jocoque

Situada a 7 km aguas abajo de la presa Calles en el municipio de San José de Gracia, Ags. El objeto de su construcción es el derivar las aguas para riego del distrito 01 Pabellón por medio del canal principal. Las obras se realizaron de 1928 a 1929 y tiene capacidad de 10.9 millones de metros cúbicos al nivel de la cresta.

Presa el Niágara

Ubicada sobre el cauce del río Aguascalientes. Fue construida en el periodo 1959-1963 con objeto de regularizar la corriente y aprovechar los volúmenes almacenados para regar más de 1,750 ha en la margen derecha del río, por el canal principal y un sistema de bombeo adaptado a un cárcamo construido sobre el km 3 + 000 del canal.

La capacidad de la presa a nivel de la cresta es de 16.3 millones de metros cúbicos y cubre un área de embalse de 270 ha.

Antes del cierre de la cortina se medían los escurrimientos de la corriente en las estaciones Niágara I, con datos de septiembre de 1955 a agosto de 1958. Posteriormente se utilizó la estación Niágara II de septiembre de 1958 a abril de 1961 y Niágara III de mayo de 1961 al cierre de la presa.

Las extracciones y derrames son medidos en Niágara III a partir de junio de 1963. Los volúmenes extraídos para riego de la margen derecha se registran en la estación sobre el canal principal, a partir de junio de 1968.

Presa del Cuarenta

La cortina es del tipo de materiales graduados y fue construida para regularización de avenidas y riego de 2,942 ha dominadas a lo largo de ambos márgenes del río Lagos.

La presa tiene capacidad de 30.6 millones de metros cúbicos y cubre un área de 248 ha, al nivel de la cresta.

El vertedor es del tipo de cresta libre recta en planta, con cimacio Creager construido inmediatamente a la derecha de la cortina. Consta de un acceso, la sección vertedora propiamente dicha y un canal de descarga que lleva las aguas al cauce del río de lagos.

La obra de toma es alojada en la ladera izquierda; consiste en un túnel provisto en su extremo de aguas arriba de una rejilla montada en una estructura especial y una lumbrera abierta a través de la cortina y el terreno natural, que permite operar desde la corona las compuertas de servicio y de emergencia de la obra de toma.

La presa fue construida de 1943 a 1949. Las extracciones son medidas en la estación Km 0 + 340, situada sobre el canal principal que sale de la obra de toma. Los derrames y filtraciones se miden en la estación Cuarenta II.

Presa el Estribón

Con objeto de aprovechar en riego las aguas del río Yahualica, en el municipio del mismo nombre en el estado de Jalisco, se construyó la presa el Estribón para riego de 627 ha y control de avenidas. La PRSA es de materiales graduados y fue construida en el periodo de 1942 a 1946.

La altura de la cortina es de 29 metros y su capacidad de almacenamiento, a nivel de la cresta es de 6.5 Mm³ a cuya elevación le corresponde una superficie de 80 ha.

Presa El Salto

La cortina es del tipo de materiales graduados; tiene 2,100 m de longitud, 10.00 m de ancho en la corona, que esta a la elevación de 1,814.50 m y 40.00 m de altura. Esta constituida por un corazón de material impermeable de 6.00 m de ancho en la parte superior, con taludes de 0.5:1 en ambos lados, cubiertos con filtros de grava-arena triturada de 4.00 m de espesor, confinados a su vez con respaldos de roca-rezagada con taludes de 2:1.

La obra de toma es una estructura de concreto reforzado del tipo de torre de operación y conducto de descarga, localizada en la ladera derecha, en la estación 1+532 m de la cortina.

Las compuertas se operan por medio de mecanismos elevadores manuales y electricos que se manejan desde la plataforma de maniobras instaladas en la parte superior de la torre.

El conducto consiste en una tubería de acero de 125 m de diámetro con una longitud 97.50 m alojada en un tajo de 2.50 m de ancho de plantilla y 2.50 m de profundidad y arropada en concreto hasta cubrir 40 cm arriba del tubo.

La obra de desvío, se construyo en la margen derecha y consistió en un canal de sección trapecial, con capacidad para un gasto de 250 m³/s.

2.5.2 Cuenca del río Juchipila

De igual manera, en la cuenca del río Juchipila se identificaron 27 almacenamientos superficiales y se calcula que la capacidad total de almacenamiento es de 178.5 millones de metros cúbicos.

En el cuadro 2.12 se reportan los principales almacenamientos inventariados con base en los planos topográficos escala 1:250,000 del INEGI e incluye información relevante de las gerencias de la CNA. También se hace una breve descripción de las principales presas.

Los principales almacenamientos se presentan en el cuadro No. 2.12

NOMBRE DE LA PRESA	CAPACIDAD Mm ³	TIPO DE APROVECHAMIENTO
Presa Las Palomas, Zac.	8.0	Riego
Presa El Chique, Zac.	62.0	Riego, Generación
Presa Tayahua, Zac.	38.0	Riego
Presa Achoquen, Zac.	19.6	Riego
Presa Media Luna, Ags.	15.0	Riego
Presa Malpaso, Ags.	6.1	Riego
Presa La Codorniz, Ags.	4.0	Riego

Cuadro No. 2.12 Almacenamientos principales en la cuenca del río Juchipila

Presa Tayahua

También conocida como Julián Adame Alatorre, se ubica sobre el río Juchipila, en el municipio de Villanueva, Zac. Fue construida en el periodo de mayo 1974 – agosto 1976. La cortina tiene una altura máxima de 54 metros y es de mampostería y concreto. Su capacidad de almacenamiento al nivel de la cresta es de 38 millones de metros cúbicos y sirve para regar 2 500 hectáreas de los municipios de Villanueva y Tabasco del estado de Zacatecas.

Presa Palomas

Ubicada sobre el río Palomas a 9 km al oriente de Villanueva, Zacatecas. El objeto de su construcción es el control de avenidas y riego de unas 700 ha. Fue construida entre los años 1967 a 1970.

La cortina es del tipo gravedad de mampostería con mortero de cemento con capacidad de almacenamiento al nivel de la cresta del vertedor es de 8.0 millones de metros cúbicos y cubre un embalse de 141 ha.

Aguas arriba de la presa no existen estaciones hidrométricas, por lo que las aportaciones son deducidas del funcionamiento del vaso. Las extracciones y derrames se miden en la estación hidrométrica Palomas, situada a 1.4 Km aguas abajo de la cortina, con datos desde agosto de 1966.

Presa el Chique

Ubicada sobre el río Juchipila, en el municipio de Tabasco, Zac. Fue construida en el periodo 1956-1958 con el objeto de regar 1,519 ha ubicadas en las márgenes del río Juchipila y generar energía eléctrica en la planta cuya capacidad es de 520 Kw.

La cortina es del tipo de gravedad, vertedora en la parte central con capacidad al nivel de la cresta, de 64.3 millones de metros cúbicos y un área de embalse de 443 ha.

No existe estación hidrométrica aguas arriba de la presa, por lo que las aportaciones se calculan a partir del funcionamiento del vaso.

Las extracciones y derrames se miden en la estación Agua Blanca, situada a 800 metros aguas abajo de la cortina, con registros a partir de 1961.

Presa Achoquen

Está ubicada sobre el Arroyo San Nicolás, a 350 m aguas arriba de su confluencia con el río Juchipila, que se une al anterior a 18 km aguas abajo de la población de Jalpa, municipio del mismo nombre, estado de Zacatecas.

El objeto de su construcción es para control de avenidas y riego y es operada por los usuarios de la región.

La cortina es del tipo gravedad, construida de mampostería de piedra junteada con mortero de cemento. La cortina fue reconstruida y sobreelevada en 1964. Su

capacidad, al nivel de la cresta, es de 19.6 millones de metros cúbicos y cubre un área de embalse de 112.0 ha

Las aportaciones son deducidas de los niveles del vaso, no existe estación alguna aguas arriba para determinar las aportaciones del arroyo San Nicolás a la presa.

Las extracciones y filtraciones son medidas en la estación Achoquen. Situada a 150 m aguas abajo de la cortina, con información a partir de abril de 1950, en esta estación no es posible medir derrames, por estar fuera del lugar donde descarga el vertedor.

Presa La Codorniz

Ubicada sobre el río la Labor a 17 Km del Calvillo, municipio del mismo nombre, estado de Aguascalientes. Fue construida entre los años 1965 y 1966 con el objeto de regularizar avenidas y regar 520 ha situadas aguas abajo de la presa.

La cortina es de materiales graduados con capacidad para almacenar 5.3 millones de metros cúbicos al nivel de la cresta del vertedor y tiene una superficie de embalse de 61.2 ha.

No existe estación hidrométrica aguas arriba de la presa. Las extracciones se registran en la estación Km 0 + 050 situada sobre el canal principal, con registros desde mayo de 1968. Los derrames y filtraciones se miden en la estación hidrométrica la Codorniz, a 800 metros aguas abajo de la cortina. Tiene datos desde julio de 1963 a la fecha.

Presa Peña Blanca

Se localiza sobre el arroyo Tepozán, en el municipio de Calvillo, Ags.

Se construyó en el periodo de 1955-195, con objeto de regar 639 hectáreas. La altura total de la cortina es de 30 metros y su capacidad, al nivel de la cresta del vertedor, es de 3.3 millones de metros cúbicos y le corresponde un área del vaso de 40 hectáreas.

2.5.3 Integración de inventario de aprovechamientos superficiales

En las cuencas de los ríos Verde y Juchipila, se llevó a cabo el inventario de aprovechamientos superficiales existentes y se determinó la capacidad de almacenamiento de las **presas importantes** así como su capacidad de regulación, misma que se presenta en el cuadro No. 2.13

No.	Subcuenca	Número de Presas > 0.5 Mm ³	Capacidad de Almacenamiento Mm ³	Evaporación Anual Mm ³	Capacidad de Regulación Mm ³
V1	San Fco. de los Romo	2	6.0	0.7	2.2
V2	Presa Calles	2	356.2	13.7	40.2
V3	Presa Niágara	6	59.3	9.5	21.3
V4	Presa El Cuarenta	67	63.6	7.0	30.5
V5	San Gaspar	9	23.5	3.4	8.5
V6	Ajojucar	4	9.5	3.0	3.4
V7	Agostadero	1	1.8	0.03	0.6
V8	Río Encarnación	11	17.1	2.01	6.2
V9	Resto paso del Sabino	5	3.0	0.37	1.1
V10	San Miguel	3	2.5	0.32	0.9
V11	El Salto	13	86.5	10.29	43.2
V12	La Cuña	6	5.0	0.69	1.8
V13	El Purgatorio	3	14.5	2.13	5.2
Cuenca del río Verde		131	648.5	53.12	165.1
J1	Río Las Palomas	1	11.3	1.88	4.07
J2	Presa El Chique	6	105.5	13.79	52.8
J3	Tecomate	6	58.6	7.47	21.1
J4	La Boquilla	5	8.0	0.94	2.9
J5	Resto del Juchipila	-	-	-	-
Cuenca del río Juchipila		18	183.4	24.08	80.87

Cuadro No. 2.13 Características de los almacenamientos importantes en las cuencas de los ríos Verde y Juchipila.

En la cuenca del río Verde se tiene una capacidad de almacenamiento de 648 Mm³ de los que el 54% corresponde a la presa Calles con 351 Mm³ cuya capacidad de regulación se estima en apenas unos 40 Mm³.

En la cuenca del río Juchipila se tienen contabilizadas 27 presas importantes, cuya capacidad de almacenamiento es de 183.4 Mm³ donde destacan las presas del Chique y Tayahua, del estado de Zacatecas cuadros No. 2.14 y 2.15.

Nombre		Municipio	Capacidad Mm ³ /año	Vol. Evap. Mm ³ /año
V1	El Saucillo	Rincón de Romos, Ags.	6.0	0.70
V2	Presa 50 Aniversario	San José de Gracia, Ags.	5.0	0.45
	Presa Calles	San José de Gracia, Ags.	351.2	13.25
V3	Pabellón (Potrerillos)	San José de Gracia, Ags.	2.0	0.30
	Presa Jocoque	San José de Gracia, Ags.	10.9	1.50
	Presa El Llaverero	Aguascalientes, Ags.	1.0	0.13
V4	Presa La Biznaga	Aguascalientes, Ags.	0.7	0.10
	Abelardo L. Rodríguez	Jesús María, Ags.	28.7	3.60
	Presa Niágara	Aguascalientes, Ags.	16.0	3.85
V5	Presa el Cuarenta	Lagos de Moreno, Jal.	30.6	3.00
	Presa Alcalá	San Juan de los Lagos, Jal.	1.0	0.13
	Presa Santa Elena	San Julián, Jal.	0.5	0.06
	Presa San Isidro	San Julián, Jal.	8.0	1.20
	Presa La Charca	San Julián, Jal.	2.0	0.3
V6	Presa Peñas de León	San Juan de los Lagos, Jal.	1.0	0.13
	Presa El Pozo	Lagos de Moreno, Jal.	0.5	0.06
	Presa La Garza	Lagos de Moreno, Jal.	2.0	0.30
	Presa La Cántara	Lagos de Moreno, Jal.	0.5	0.06
	Presa La Saucedá	Lagos de Moreno, Jal.	8.0	1.20
	Presa Juinqinaque	Villa Hidalgo, Jal.	8.0	1.20
	Presa El Taray	Aguascalientes, Ags.	0.5	0.06
V7	Presa Cabecita	Aguascalientes, Ags.	0.5	0.06
	Presa Guadalupe	Aguascalientes, Ags.	0.5	0.06
V8	Agostadero Las Crucécitas	Encarnación de Díaz	1.8	0.03
	Presa El Refugio	Teocaltiche, Jal	0.6	0.06
	Presa san Bernabé	Teocaltiche, Jal	0.5	0.06
	Presa Guadalupe	Encarnación de Díaz	0.5	0.06
	Presa San Pedro	Encarnación de Díaz	0.5	0.06
	Presa La Cascarona	Encarnación de Díaz	0.5	0.06
V9	Presa San Bartolo	Aguascalientes, Ags.	1.0	0.13
	Presa La Duquesa	Lagos de Moreno, Jal.	6.0	0.70
	Presa Valerio	Lagos de Moreno, Jal.	6.0	0.70
	Presa Juan de Vaquero	Ojuelos, Jal.	0.5	0.06
	Presa Rancho Viejo	Ojuelos, Jal.	0.5	0.06
	Presa Los Gatos	Ojuelos, Jal.	0.5	0.06
	La Calera	Teocaltiche, Jal	1.0	0.13
	Tequesquite	Teocaltiche, Jal	0.5	0.06
	Presa Cañada Grande	Teocaltiche, Jal	0.5	0.06
	San Antonio	Teocaltiche, Jal	0.5	0.06
V10	Presa Los Laureles	San Juan de los Lagos, Jal.	0.5	0.06
	Presa San Miguel El Alto	San Miguel el Alto, Jal	1.0	0.13
	Presa Jalostotitlán	Jalostotitlán, Jal	1.0	0.13
	Presa La Laguna Seca	San Miguel el Alto, Jal	0.5	0.06
	Presa El Salto	Valle de Guadalupe, Jal	85.0	9.29
V11	Presa El Huizache	Arandas, Jal	1.0	0.13
	8 Presitas	Tepatitlán de Morelos, Jal	4.0	0.48
	1 Presa	Valle de Guadalupe, Jal	0.5	0.13
	1 Presa	Jalostotitlán, Jal	0.5	0.13
V12	1 Presa	San Miguel el Alto, Jal	0.5	0.13
	Presa El Estribón	Yahualica, Jal	6.1	0.13
	3 Presas	Nochistlán de Morelos, Zac.	2.0	0.30
	1 Presa	Mexticacán, Jal	1.0	0.13
V13	1 Presa	Apulco, Zac.	1.0	0.13
	Presa Lagunillas	Acatitlán, Jal.	10.0	1.40
	Presa El Jihuite	Tepatitlán de Morelos, Jal	4.0	0.60
Subtotal Cuenca del Río Verde			615.0	47.41

Cuadro No. 2.14 Principales almacenamientos en la cuenca del río Verde.

	Nombre	Municipio	Capacidad	Vol. Evap.
			Mm ³ /año	Mm ³ /año
	Presa El Baluarte	Tepatitlán de Morelos, Jal	0.5	0.13
J1	Presa Las Palomas	Villanueva, Zac.	8.0	1.88
	Presa El Chique	Tabasco, Zac.	62.0	7.20
	Presa Tayahua	Villanueva, Zac.	38.0	5.60
	Presa Tultán	Villanueva, Zac.	4.0	0.60
J2	Presa Grl. Matías Romero	Villanueva, Zac.	0.5	0.13
	Presa Las Chilitas	Zacatecas, Zac	0.5	0.13
	Presa Malpaso	Tepetongo, Zac.	0.5	0.13
	Presa Achoquen	Jalpa, Zac.	19.6	2.50
	Presa Media Luna	Calvillo, Ags.	15.0	1.80
J3	Presa Mal Paso	Calvillo, Ags.	6.10	0.70
	Peña Blanca	Calvillo, Ags.	3.3	0.62
	Orduña Vieja	Calvillo, Ags.	4.0	0.60
	La Codorniz	Calvillo, Ags.	4.0	0.60
	Presa Cuacuala	Cuquio, Jal	6.0	0.70
	Presa Palmarejo	Moyahua de E. Zac.	0.5	0.06
J4	Presa A. Oribe de Alba	Apozol, Zac.	0.5	0.06
	Presa San Nicolás	Apozol, Zac.	0.5	0.06
	Presa de Dios	Jalpa, Zac.	0.5	0.06
J5	NO HAY	NO HAY	NO HAY	NO HAY
Subtotal Cuenca del Río Juchipila			178.5	23.56

Cuadro No. 2.15 Principales almacenamientos en la cuenca del río Juchipila.

3 Usos del agua

Con objeto de determinar los volúmenes de extracción de aguas superficiales en condiciones actuales (1997) se recopiló información de diferentes fuentes. Entre ellas se encuentran los datos del Registro Público de Derechos de Agua (Repda) de Aguascalientes; donde se relacionan por usuario y por municipio los volúmenes que tienen concesionados o asignados cada uno de ellos.

Para el cálculo de la demanda de agua para uso **público-urbano**, se recurrió tanto al Repda como a información censal del INEGI y se realizó la proyección de la población del año 1997. De aquí se determinó la demanda de las ciudades como Aguascalientes, donde se consideró una dotación de 300 litros/habitante/día. Para el resto de la población a nivel municipal se consideró, en general, una dotación de 200 litros/habitante/día.

Como se tiene la información de distribución de superficies a nivel municipal, los volúmenes de demanda de la población municipal fueron distribuidos a nivel de subcuenca, teniendo cuidado de ubicar las ciudades principales en la subcuenca que corresponde. Por otro lado, se consideró que, a excepción de las poblaciones identificadas con abastecimiento de agua superficial en el Repda, la mayoría de las poblaciones se abastecen de aguas subterráneas. La estimación de su demanda es importante para el balance de aguas superficiales debido a los retornos que generan y que se estiman en el 30% del agua que extraen para cumplir con su demanda. De esta manera, se estimó que la demanda de agua para uso público urbano es la que se muestra en el cuadro 3.1

No.	Subcuenca	Superficial	Subterráneo	Suma	Retornos
V1	San Francisco de los Romo	0.026	10.07	10.096	3.03
V2	Presa Calles	0.206	0.64	0.846	0.25
V3	Presa Niágara	1.936	73.61	75.546	22.66
V4	Presa el Cuarenta	-	3.43	3.43	1.03
V5	San Gaspar	-	11.64	11.64	3.49
V6	Ajojucar	-	5.47	5.47	1.64
V7	Agostadero	-	1.13	1.13	0.34
V8	Río Encarnación	-	13.41	13.41	4.02
V9	Resto Paso del Sabino	-	3.54	3.54	1.06
V10	San Miguel	-	2.99	2.99	0.90
V11	El Salto	-	3.27	3.27	0.98
V12	La Cuña	-	6.91	6.91	2.07
V13	El Purgatorio	-	6.07	6.07	1.82
Cuenca del río Verde		2.168	142.18	142.18	43.29

J1	Río Las palomas	-	0.71	0.71	0.21
J2	Presa El Chique	-	3.29	3.29	0.99
J3	Tecomate	0.066	8.68	8.75	2.62
J4	La Boquilla	-	5.09	5.09	1.53
J5	Resto del Juchipila	-	0.02	0.02	0.01
Cuenca del río Juchipila		0.066	17.79	17.86	5.36

Cuadro 3.1 Demanda de agua para uso público-urbano en millones de metros cúbicos al año 1997.

En materia hidroagrícola, el análisis consideró solamente las extracciones de aguas superficiales de distritos y unidades de riego, ya que las aguas que se extraen del acuífero son consuntivas al cien por ciento y no generan retornos a las corrientes superficiales

Los distritos de riego que de manera total o parcial se ubican en las cuencas de los ríos Verde y Juchipila son tres: 01 Pabellón, Ags.; 013 Estado de Jalisco, y 034 Estado de Zacatecas.

Distrito de riego 01 Pabellón, Ags.: Se ubica en el estado de Aguascalientes y se encuentra totalmente contenido en la cuenca alta del río Verde, en los municipios de Pabellón, Rincón de Romos y Tepezala. Para el suministro de agua se cuenta con la presa Plutarco Elías Calles las derivaciones de Pabellón y Jocoque que tienen como propósito el riego de unas 6,000 ha del distrito de riego 01, aunque existen otras 5,000 ha adicionales que se riegan con pozos. De acuerdo con el documento emitido por la CNA a favor de la asociación de usuarios denominada Junta de Aguas del Módulo No. 1 Pabellón se le concede un volumen anual de 46.5 millones de metros cúbicos.

La presa Abelardo L. Rodríguez se localiza al oeste de la ciudad de Aguascalientes, sobre el río Morcinique, cuya capacidad es de 28.7 millones de metros cúbicos y sirve para regar unas 2 000 ha y tiene concesionado en volumen de 8.0 millones de metros cúbicos al año.

Por su parte, la presa El Niágara aprovecha el escurrimiento del río Aguascalientes o San Pedro, aguas abajo de la ciudad de Aguascalientes, y sirve para el riego de 1,750 ha de la margen derecha del río.

Distrito de riego 13 Estado de Jalisco: Se encuentra parcialmente contenido en la cuenca del río Verde en los municipios de Lagos de Moreno, Teocaltiche, San Miguel el Alto, Yahualica, Mexxicacán, Colotlán y Santa María de los Angeles. Para el aprovechamiento de las aguas se cuenta con las presas que se mencionan en el cuadro 3.2.

Presa	Sistema de Riego	Municipio	Extracción (Mm ³ /año)	Superficie Regable (ha)
El Cuarenta	El Cuarenta	Lagos de Moreno	19.2	2,833
P.D. Ajojuar	Belén del Refugio	Teocaltiche	4.8	699
San Miguel	San Miguel	San Miguel el alto	1.7	582
El Estribón	Yahualica	Yahualica	1.9	613
Mexxicacán	Mexxicacán	Mexxicacán	0.5	108
SUMA			28.1	4,835

Cuadro 3.2 Distrito de riego 13 en la cuenca del río Verde.

Distrito de riego 34 Estado de Zacatecas: También se encuentra parcialmente contenido, pero en este caso solo en la cuenca del río Juchipila en las unidades El Chique y Tayahua. Para el aprovechamiento hidráulico se cuenta con dos presas. Cuadro 3.3

Presa	Año de Construcción	Capacidad Util (Mm ³)	Extracción (Mm ³ /año)	Superficie Regable (ha)	Municipios
El Chique	1958	57.2	38.1	2,662	Tabasco, Huanusco y Jalpa
Tayahua	1976	33.0	28.3	5,580	Villanueva, Tabasco
		90.2	66.4	5,242	

Cuadro 3.3 Distrito de Riego 34 en la cuenca del río Juchipila.

De acuerdo con la información disponible en el Repda de Aguascalientes, existen otros usuarios agrícolas importantes a quienes se les han concesionado los volúmenes que se presentan en el cuadro 3.4.

Presa	Año de Construcción	Capacidad Util (Mm ³)	Concesión (Mm ³ /año)	Superficie Regable (ha)	Municipios
Media Luna	1970	15.0	12.73	2,100	Calvillo
La Codorniz	1966	5.4	4.9	800	Calvillo
El Saucillo	-	6.0	3.8	-	San José de Gracia
Ordeña Vieja	1974	4.0	3.8	430	Calvillo
Peña Blanca	1959	4.5	3.5	639	Calvillo
50 Aniversario	-	5.0	2.8	-	San José de Gracia
Malpaso	1934	6.1	-	1,000	Varios

Cuadro 3.4 Volúmenes concesionados a principales asociaciones de usuarios agrícolas del estado de Aguascalientes.

En cuanto a la demanda de agua superficial para las unidades de riego para el desarrollo rural, se tomó como base la información disponible en tres discos compactos elaborados para la CNA por el Colegio de Postgraduados de Chapingo, denominado "Sistema de Información de Unidades de Riego ". SIUR 1.0 de diciembre de 1998 y SIUR 2.0 de mayo de 1999 Jalisco y Nacional, cuyos resultados por subcuenca se presentan en el cuadro 3.5 y en el anexo correspondiente.

Para el cálculo de escurrimiento por cuenca propia se consideró un 10% de volúmenes que retornan a los cauces después del uso agrícola de riego.

No.	Subcuenca	Distritos de Riego		Unidades de Riego		Suma	
		Superficie (ha)	Volumen Mm ³	Superficie (ha)	Volumen Mm ³	Superficie (ha)	Volumen Mm ³
V1	San Francisco de los Romo	-	-	2,269	12.9	2,269	12.9
V2	Presa Calles	-	-	409	2.27	409	2.27
V3	Presa Niágara	6,000	53.43	4,651	26.1	10,651	79.53
V4	Presa el Cuarenta	-	-	3,492	23.3	3,492	23.3
V5	San Gaspar	2,833	18.83	5,510	35.61	8,343	54.44
V6	Ajojucar	1,717	7.35	1,270	7.47	1,270	14.82
V7	Agostadero	-	-	188	1.21	188	1.21
V8	Río Encarnación	-	-	5,098	32.32	5,098	32.32
V9	Resto Paso del Sabino	699	4.80	638	4.12	1,337	8.92
V10	San Miguel	582	1.67	145	0.93	727	2.60
V11	El Salto	-	-	222	1.43	222	1.43
V12	La Cuña	721	2.35	956	6.04	1,677	8.39
V13	El Purgatorio	-	-	2,855	18.45	2,855	18.45
S U M A		12,552	88.43	27,703	172.15	38,538	260.58
J1	Río Las palomas	-	-	460	2.82	460	2.82
J2	Presa El Chique	2,580	25.92	1,906	11.70	4,486	37.62
J3	Tecomate	2,662	53.17	3,147	17.70	5,809	70.87
J4	La Boquilla	-	-	1,337	8.28	1,337	8.28
J5	Resto del Juchipila	-	-	-	-	-	-
S U M A		5,242	79.09	6,850	40.5	12,092	119.59

Cuadro 3.5 Superficie de riego y volúmenes de extracción anual en las cuencas de los ríos Verde y Juchipila en el año 1997.

Otro uso importante identificado en las cuencas de los ríos Verde y Juchipila es el pecuario. Para su análisis, se tomó en cuenta la información disponible en el Repda de Aguascalientes y la información del censo agropecuario del INEGI proyectada a 1997.

Para la estimación de la demanda se tomó como base el número de cabezas de ganado bovino, cuya dotación diaria se estimó en 100 litros diarios por animal y para efectos de cálculo se consideró que los retornos son nulos. Cuadro 3.6 Se estima que, en condiciones actuales, existen cerca de 860 mil cabezas de ganado en ambas cuencas, cuya demanda anual es de 56.8 millones de metros cúbicos.

No.	Subcuenca	No. de Bovinos	Volumen Mm ³ /año
V1	San Francisco de los Romo	58,127	2.12
V2	Presa Calles	9,326	0.34
V3	Presa Niágara	103,823	3.79
V4	Presa el Cuarenta	30,810	1.12
V5	San Gaspar	108,031	3.94
V6	Ajojucar	17,988	0.66
V7	Agostadero	15,403	0.56
V8	Río Encarnación	79,067	2.89
V9	Resto Paso del Sabino	26,405	0.96
V10	San Miguel	43,728	1.60
V11	El Salto	14,650	0.53
V12	La Cuña	90,180	3.29
V13	El Purgatorio	68,220	2.49
S U M A		665,758	24.29
J1	Río Las palomas	9,376	0.36
J2	Presa El Chique	42,094	1.54
J3	Tecomate	65,287	2.38
J4	La Boquilla	77,230	2.82
J5	Resto del Juchipila	414	0.02
S U M A		194,769	7.12

Cuadro 3.6 No. de Bovinos y extracción anual para uso pecuario por subcuenca en el año 1997.

En otros usos, solo se identificaron demandas de agua no consuntivas como la generación hidroeléctrica en la presa el Chique y acuacultura en el municipio de Calvillo para uso de particulares.

Reserva de agua para usos público-urbano y pecuario en la cuenca del río Verde.

Con el fin de analizar la disponibilidad de agua por subcuencas, así como el balance en condiciones futuras, se tomó en cuenta el decreto presidencial actualizado al 17 de noviembre de 1997. En el se decreta que el volumen anual máximo que se reserva para usos domésticos y público urbano será de 491.976 millones de metros cúbicos de agua.

Para el estado de Guanajuato se reservará un volúmen anual máximo de 119.837 millones de metros cúbicos y para el estado de Jalisco un volúmen anual máximo de 372.139 millones de metros cúbicos. El decreto menciona que el estado de Jalisco podrá utilizar, adicionalmente, la cantidad de 12.6 millones de metros cúbicos al año para uso pecuario.

De acuerdo con la información disponible en cuanto a proyectos de utilización del agua dentro y fuera de la cuenca del río Verde, se pudo distribuir la reserva para cada una de las subcuencas involucradas, lo que significa una demanda potencial adicional Cuadro 3.7

No.	Subcuenca	Uso doméstico y Público Urbano	Uso Pecuario	Suma
V4	Presa el Cuarenta		1.513	1.513
V5	San Gaspar		4.078	4.078
V6	Ajojucar		0.346	0.346
V7	Agostadero		0.139	0.139
V8	Río Encarnación		3.272	3.272
V9	Resto Paso del Sabino		0.472	0.470
V10	San Miguel		0.107	0.107
V11	El Salto	47.304	0.164	47.468
V12	La Cuña	119.837	0.396	120.233
V13	El Purgatorio	324.835	2.113	326.948
S U M A		491.976	12.600	504.576

Cuadro 3.7 Distribución de las reservas de agua para usos público-urbano y pecuario en la cuenca del río Verde. Mm³/año

Los proyectos considerados en el análisis para uso doméstico y público-urbano, incluyen a las presas San Nicolás, Pichachos y el Salto. La Presa San Nicolás se considera que estaría ubicada en la confluencia de los ríos Verde y Lagos, con capacidad de 770 millones de metros cúbicos.

La presa Picachos estaría ubicada sobre el río Verde aguas abajo de la confluencia con el río del Valle y su capacidad sería de 280 millones de metros cúbicos.

La presa el Salto corresponde a la que se localiza sobre el río del mismo nombre en el municipio del Valle de Guadalupe, Jal. y tiene capacidad para almacenar 85 millones de metros cúbicos.

Las extracciones consideradas corresponden a exportaciones de la presa San Nicolás a León Guanajuato con un volumen medio anual de 119.837 millones de metros cúbicos. La presa El Salto exportaría 47.304 millones de metros cúbicos anualmente a Guadalajara, mediante transferencias a la presa Calderón. Por su parte, desde la presa Picachos se exportarían a Guadalajara 324.835 millones de metros cúbicos al año y recibiría 78.84 millones de metros cúbicos importados de la presa San Nicolás, localizada aguas arriba sobre el cauce del río Verde.

En el cuadro 3.8 se presenta la integración de las demandas actuales y con reserva de agua en las cuencas de los ríos Verde y Juchipila.

USOS DEL AGUA	RIO VERDE					RIO JUCHIPILA	
	ACTUAL	%	RESERVA	ACTUAL RESERVA	%	ACTUAL	%
Público Urbano	2.168	0.76	491.976	494.144	62.42	0.066	0.04
Hidroagrícola	260.58	90.78		260.580	32.92	119.590	65.00
Pecuario	24.29	8.46	12.600	36.890	4.66	7.120	19.75
Generación de energía						25.000	15.20
Acuacultura						0.011	0.01
SUMA	287.038	100.00	504.576	791.614	100.00	151.787	100.00

Cuadro 3.8 Demandas actuales y con reserva de agua en las cuencas de los ríos Verde y Juchipila (Mm³)

Para efectos de cálculo del balance hidráulico se consideraron exclusivamente los usos consuntivos los cuales suman 287.04 Mm³ en la cuenca del río Verde y 126.77 Mm³ en la cuenca del río Juchipila, aun cuando en el cuadro anterior aparece el uso de generación de energía eléctrica (uso no consuntivo), este es para determinar el grado de uso del agua en la cuenca, sin embargo no se contabiliza en el mencionado balance.

4. Cálculo de la oferta media del agua

Como resultado de los análisis hidrológicos utilizados para elaborar el presente capítulo y que se detallan más adelante, se presenta el cuadro 4.1 con los datos hidrológicos básicos de las cuencas de los ríos Verde y Juchipila.

La lámina de precipitación media anual de la cuenca del río Verde es de 576 mm y varía desde 420 mm en la subcuenca alta V1, San Francisco de los Romo, hasta 836 mm en la subcuenca baja V13 Purgatorio. En la cuenca del río Juchipila, la precipitación media anual es de 608 mm. La subcuenca con la lámina más baja de precipitación corresponde a la más alta J1 río Las Palomas y la mayor lámina es la subcuenca J5 resto del Juchipila con 825 mm al año, que corresponde a la confluencia de este río con el Santiago. Lámina 4.1

El escurrimiento medio anual del río Verde en condiciones de escurrimiento virgen por cuenca propia, es de 996.5 millones de metros cúbicos, mientras que la cuenca del río Juchipila genera 423.7 millones de metros cúbicos al año.

Cuenca	No.	Subcuenca	Superficie Km ²	Precipitación Anual		Eskurrimento Virgen por Cuenca Propia (Mm ³ /año)
				Lámina M	Volumen Mm ³ /año	
Niágara	V1	San Francisco de los Romo	1,834	0.420	770	17.86
	V2	Presa Calles	587	0.513	301	50.18
	V3	Presa Niágara	3,109	0.463	1,439	60.60
	S U M A			5,530	4.454	2,510
San Gaspar	V4	Presa El Cuarenta	2,357	0.488	1,151	50.21
	V5	San Gaspar	2,791	0.600	1,675	147.44
	S U M A			5,148	0.549	2,826
Paso del Sabino	V6	Ajojucar	772	0.580	447	31.67
	V7	Agostadero	316	0.573	181	20.24
	V8	Río Encarnación	2,488	0.521	1,297	119.76
	V9	Resto Paso del Sabino	966	0.622	601	- 35.16
	S U M A			4,542	0.556	2,526
La Cuña	V10	San Miguel	1,085	0.711	771	76.52
	V11	El Salto	716	0.792	567	60.98
	V12	La Cuña	2,197	0.684	1,504	192.63
	S U M A			3,998	0.711	2,842
El Purgatorio	V13	El Purgatorio	1,432	0.836	1,197	203.62
S U M A			1,432	0.836	1,197	203.62
TOTAL CUENCA DEL RIO VERDE			20,650	0.576	11,901	996.55
Río Juchipila	J1	Río Las Palomas	349	0.479	167	27.05
	J2	Presa El Chique	2,320	0.487	1,130	81.13
	J3	Tecomate	3,160	0.587	1,856	128.31
	J4	La Boquilla	2,675	0.753	2,015	186.05
	J5	Resto del Juchipila	17	0.825	14	1.18
TOTAL CUENCA DEL RIOJUCHIPILA			8,521	0.608	5,182	423.72

Cuadro 4.1 Datos Hidrológicos básicos de las cuencas de los ríos Verde y Juchipila

4.1 Método directo (escurrimientos restituidos)

El punto de referencia para determinar el volumen disponible de agua superficial es conocer el volumen total de agua que las cuencas son capaces de generar como escurrimiento a sus corrientes superficiales. Para estimar el escurrimiento por cuenca propia, es necesario tomar en cuenta los volúmenes utilizados por la infraestructura hidráulica existente.

La metodología propuesta por la CNA, indica que el escurrimiento virgen o por cuenca propia (C_p) en un año, debe ser calculada con la ecuación de continuidad con la siguiente expresión :

$$\underline{C_p + Ar + R + Im - (Ab + Uc + Ev + Ex) = \Delta v}$$

Donde, **Ab** (escurrimiento aguas abajo) es el escurrimiento aforado que, en forma natural, sale de la cuenca hacia una cuenca de cotas inferiores; **Ex** (exportaciones) corresponde a los volúmenes que una cuenca proporciona a otra vecina; **Ev** (evaporación en vasos) se refiere a la evaporación ocurrida en los almacenamientos; **Uc** (extracciones para usos consuntivos) son los volúmenes que se extraen o se derivan de los almacenamientos o directamente de los cauces para satisfacer las demandas de los diversos sectores usuarios que existen en la cuenca. Por otro lado, **Ar** (escurrimiento aguas arriba) es el escurrimiento aforado, que en forma natural proviene de cotas superiores; **Im** (importaciones) son los volúmenes, integrados a la cuenca en cuestión, provenientes de una o varias cuencas vecinas; **R** (retornos utilizables) son los caudales, susceptibles de ser aprovechados, que se reincorporan a la red de cauces de la cuenca; Δv variación total del volumen que sufren en un año todos los almacenamientos superficiales dentro de la cuenca. Si el periodo de tiempo es de varios años, se puede considerar que los almacenamientos oscilan dentro de un valor de equilibrio. Entonces:

$\Delta v = V_2 - V_1$. Los subíndices indican el principio y el final del periodo anual.

En este estudio, el escurrimiento virgen anual para las subcuencas definidas por la CNA en las cuencas de los ríos Verde y Juchipila se calculó con el siguiente orden:

$$Ab + Exp + Ev + Uc - Ar - Imp - R + \Delta v = C_p$$

Para establecer con mayor claridad la aplicación de la ecuación de continuidad en cada una de las subcuencas que conforman las cuencas del río Verde y Juchipila, se elaboraron los “esquemas de aprovechamiento” correspondientes. En ellos se especifican las partes que integran cada uno de los términos de la ecuación, como son

los aprovechamientos superficiales a considerar, las unidades de riego y los distritos de riego, demandas de uso pecuario, aprovechamiento para abastecimiento de agua potable, de generación de energía eléctrica y los vasos de almacenamiento o estaciones hidrométricas a considerar para disponer de los registros históricos de escurrimientos.

En la aplicación del principio de continuidad a nivel anual, se requirió determinar o estimar la evolución histórica de cada uno de sus términos, aplicándose los siguientes criterios en función de la disponibilidad de información:

- Para la variación de almacenamiento (Δv) se consideraron las principales presas ubicadas en la región. Se consideró V_1 como el almacenamiento registrado el primero de cada año y V_2 el almacenamiento de enero del siguiente año.
- En cuanto a los escurrimientos aguas abajo (Ab) y arriba (Ar), se consideraron los volúmenes aforados en las estaciones hidrométricas ubicadas a la salida o entrada de cada cuenca, y en el caso de que se encuentre ahí una presa, se consideran las salidas totales, es decir, tomas más desfogue más derrames.
- Por lo que toca a las exportaciones (Ex), en las subcuencas de los ríos Verde y Juchipila las transferencias de agua son usuales, aunque las más grandes ocurren de la Subcuenca V3 (Presa Niágara) a la V2 (Presa Calles). Corresponde a la transferencia de agua que se hace mediante el túnel de la presa derivadora Pabellón (Potrerillos) a la cola del vaso 50 Aniversario, en la cuenca del río Blanco, localizada aguas arriba de la presa Calles.
El túnel de cerivación tiene capacidad máxima de 25 m³/seg; longitud de 2950 metros y volumen medio anual de transferencia de 16.7 Mm³. Solo en el caso del balance de aguas superficiales con reserva para uso de agua se consideraron las transferencias que establece el decreto del 17 de noviembre de 1997.
- Los retornos (R) son el componente más complejo de la ecuación, debido al escaso conocimiento y cuantificación de los volúmenes efectivamente reutilizados. Sin embargo, los volúmenes utilizados en este punto se consideraron como el 10% de las demandas agrícolas y el 30% para los usos de agua potable.
- En lo referente a la evaporación en los vasos de almacenamiento (Ev), se consideran los registros históricos de las presas de almacenamiento consideradas en la determinación de la variación de almacenamiento.

Respecto a las extracciones de agua superficial para usos consuntivos (Uc), se consideraron las descritas en el capítulo 3.

Restitución de datos faltantes

En el cálculo del escurrimiento virgen por cuenca propia por el método directo, hubo la necesidad de restituir datos faltantes debido a que las estaciones hidrométricas que se dispusieron para obtener el escurrimiento aguas abajo de las subcuencas tenían menos de veinte años de información disponible en el BANDAS (SIAS). Por ejemplo, para la restitución de los datos hidrométricos de las estaciones de San Pedro Piedra Gorda se utilizó como estación auxiliar la estación de la Presa Calles.

Para la estimación de los datos faltantes se utilizaron dos métodos, el método de la regresión lineal y correlación y el método de la relación normalizada, este último se empleó cuando la correlación no era la esperada. Para ambos métodos se emplearon los registros de estaciones cercanas a la estación en estudio.

El primer método, la regresión lineal y correlación, es uno de los modelos más simples y comunes en la hidrología, y está basado en la suposición de que dos variables se relacionan en forma lineal, y su objetivo es poder estimar el valor de una variable, que se denomina variable dependiente, a partir del valor de otra, que se le llama variable independiente. El método consiste en primera instancia en graficar los registros de la estación climatológica en estudio, con los correspondientes a una estación cercana, para un mes determinado. Ver figura No. 4.1.

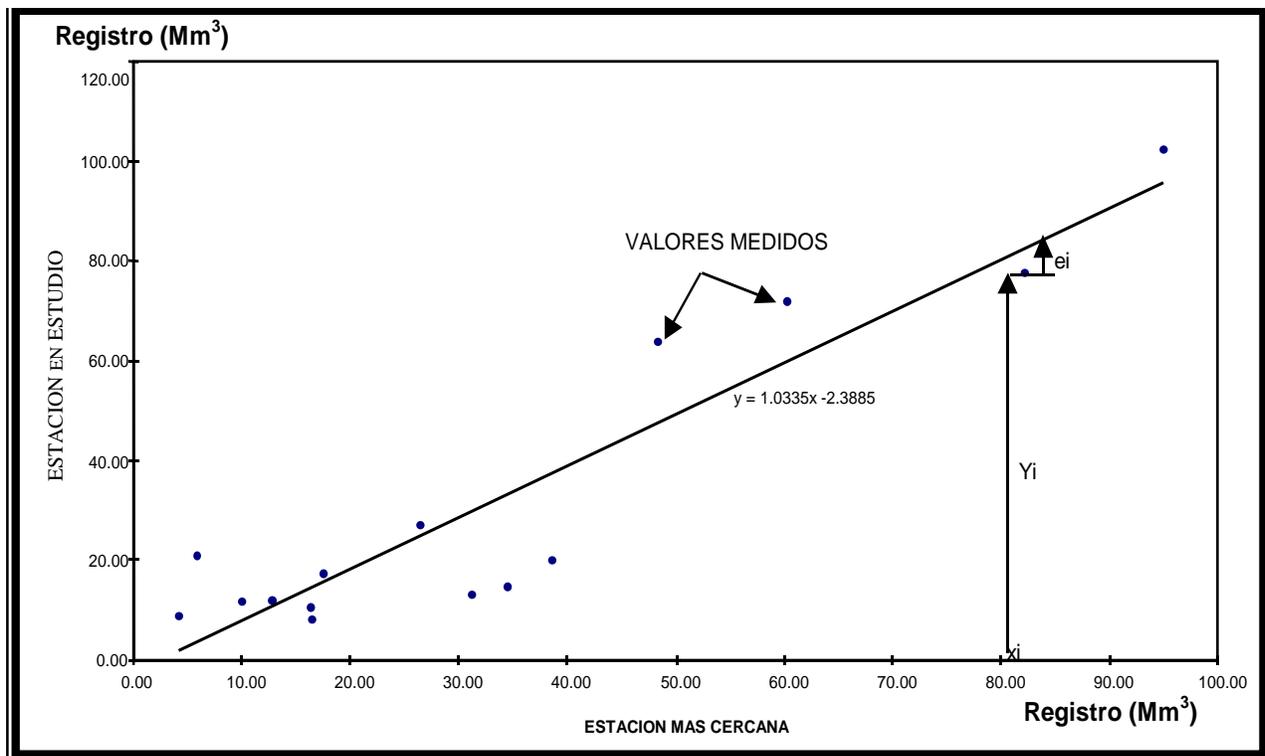


Figura No. 4.1.- Gráfica de dispersión de la estación climatológica bajo estudio y una estación cercana.

En este método se desea determinar sí el modelo de la forma:

$$Y = a + bx \quad (2)$$

representa adecuadamente la relación entre las dos variables y cuales son los valores de **a** y **b** que hacen que la representación sea la mejor posible. En la gráfica se aprecian también los valores **ei**, que son los errores para el tipo de ecuación de la recta en la predicción para un valor x_i de la variable independiente, cuyo valor es $e_i = Y_i - y_i$, (**ei** es el valor de error del punto considerado a la recta que más se ajusta a los valores). Para encontrar los valores de la recta de ajuste lineal **a** y **b** que hacen que la representación de la relación entre X y Y sea la mejor posible, es clara la ventaja de hacer que $\sum e_i^2$ sea mínimo (se suman los errores elevándolos al cuadrado de este modo se evita que los errores positivos y negativos se compensen). También se debe cumplir que la derivada de la suma de los errores al cuadrado con respecto a **a** y **b** sea igual a cero; así, bajo estas consideraciones, se obtienen las fórmulas de **a** y **b**.

$$a = \frac{\sum Y_i \sum X_i^2 - \sum X_i Y_i \sum X_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (3)$$

$$b = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (4)$$

Siempre que se realice un ajuste por regresión como el anterior, conviene determinar qué tan bien se ajusta la recta a los puntos medidos, ó qué tanta dispersión existe entre los puntos en torno a la recta, para ello se calcula el coeficiente de correlación :

$$\rho = b \frac{\sigma_x}{\sigma_y} \quad (5)$$

Donde :

σ_x = Desviación estándar de x

σ_y = Desviación estándar de y

Es importante que al aplicar este método se elija un mismo período entre la estación bajo estudio (BE) y las estaciones más cercanas (MC), por lo que resulta conveniente

eliminar los datos de las estaciones auxiliares para aquellos años en que la estación bajo estudio tenga datos faltantes, lo que permite uniformizar la base de datos. Por consiguiente, se pueden unir dos períodos que no cuentan con muchos años de registros, tratando de contar con un mínimo de datos para elaborar el gráfico de dispersión, lo cual conduce a una mayor confianza en la tendencia obtenida.

El valor del coeficiente de correlación indica que el método es aplicable para completar el dato faltante en la estación bajo estudio ó que la regresión lineal no es válida, por lo que es necesario aplicar otro criterio. El coeficiente de correlación r varía entre -1 y $+1$, cuando su valor se acerca a -1 (En el caso de $b < 0$) ó a $+1$ (cuando $b > 0$), se dice que hay una buena dependencia o correlación lineal entre X y Y; cuando r está entre -0.8 y $+0.8$, entonces dicha correlación no es aceptable. En general, un coeficiente de correlación de 80% ó mayor es adecuado. Si la correlación fuera aceptable, bastaría conocer los registros en la estación más cercana para deducir los datos faltantes. También puede aplicarse la ecuación de la línea recta de correlación para estimar estos datos.

Cuando la correlación no es aceptable, se usa el método de la relación normalizada basado en la media anual, mismo que se determina por medio de una fórmula basada en los promedios anuales, la cual sigue dos tipos de criterios:

- a).- Si el registro medio anual en cada una de las estaciones circundantes difiere en menos del 10% de la registrada en la estación en estudio, los datos faltantes se estiman haciendo un promedio aritmético de los registrados en las estaciones circundantes.
- b).- Si el registro media anual de cualquiera de las estaciones circundantes difiere en más de 10 %, se usa la fórmula siguiente, utilizada por el U.S. Weather Bureau.

$$\overline{h_{px}} = \frac{1}{n} \left[\frac{p_x}{p_1} h_{p_1} + \frac{p_x}{p_2} h_{p_2} + \dots + \frac{p_x}{p_n} h_{p_n} \right] \quad (6)$$

Donde :

$\overline{h_{px}}$ = Registro faltante en la estación en estudio.

n = Número de estaciones auxiliares

p_x = Registro medio anual en la estación en estudio

p_i = Registro medio anual en la estación auxiliar (i)

h_{pi} = Dato registrado el mes en cuestión en la estación auxiliar (i)

Los resultados obtenidos de la restitución de datos faltantes en las estaciones hidrométricas utilizadas en las diferentes subcuencas que conforman la cuenca del río Verde y Juchipila se presentan en el cuadro No. 4.2. El color negro representa los datos históricos, mientras que los de color rojo son datos restituidos.

Con estas consideraciones, se presenta en el cuadro 4.3 el resumen del cálculo del escurrimiento por cuenca propia en las subcuencas de los ríos Verde y Juchipila.

De igual manera, en los cuadros 4.4 y 4.5 se presenta la integración anual para el período 1945-1997 de los escurrimientos por cuenca propia de los ríos Verde y Juchipila. Las gráficas 4.2 y 4.3 muestran la traza histórica del escurrimiento virgen para ambas cuencas.

Cuadro No. 4.3 Cálculo del escurrimiento virgen por cuenca propia en las cuencas de los ríos Verde y Juchipila

Cuadro No. 4.4 Esgurrimento por cuenca propia río Verde en millones de metros cúbicos.

Cuadro No. 4.5 Escurrimiento por cuenca propia río Juchipila en millones de metros cúbicos.

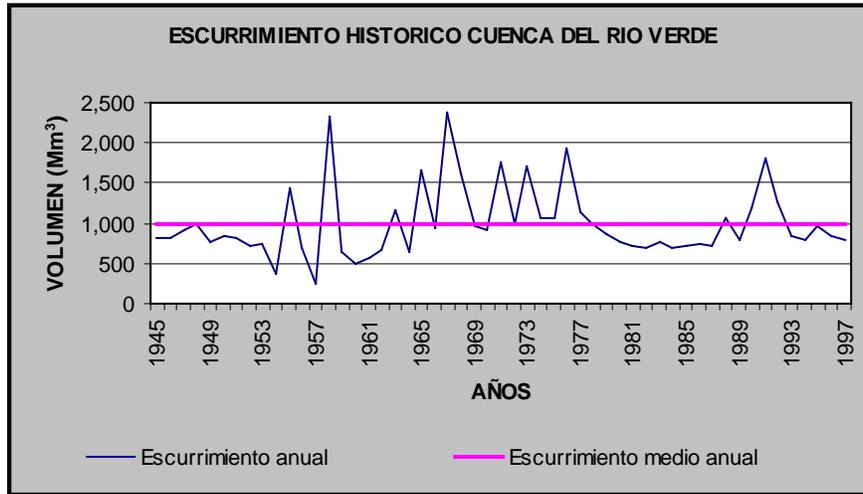


Figura No. 4.2 Esgurrimentos históricos y esgurrimento medio anual 996.536 Mm³



Figura No. 4.3 Esgurrimentos históricos y esgurrimentos medio anual 423.723 Mm³

4.2 Métodos indirectos (Lluvia – Escurrimiento)

Con bastante frecuencia, los embalses que se diseñan para dotar de riego a pequeñas áreas, quedan lógicamente localizados en arroyos o arroyos o corrientes de reducida importancia, comúnmente no aforadas y entonces surge la necesidad de inferir o estimar el régimen hidrológico de dicha corriente. Existen varios métodos para estimar los volúmenes escurridos anuales de una corriente, los cuales se clasifican en métodos basados en información climatológica y métodos basados en la similitud de cuencas. Los métodos basados en información climatológica que se utilizaron en el análisis son: el método del coeficiente de escurrimiento, el método de Turc y el método de Smith.

La finalidad del presente análisis es calcular el escurrimiento virgen por cuenca propia para cada subcuenca de las cuencas Río Juchipila y del Río Verde

El primer método que se aplicó para estimar el escurrimiento virgen por cuenca propia fue el método del coeficiente de escurrimiento, en él, la precipitación media anual, que se usó en la fórmula, se estimó por medio de los Polígonos de Thiessen y por las Isoyetas.

Las estaciones que se utilizaron para el trazo de los polígonos son las que se mencionan a continuación; de la cuenca Río Juchipila se utilizaron las estaciones de Palomas, Tecomate y Cuixtla. Mientras que en la cuenca del Río Verde se utilizaron las estaciones de Ojo Caliente, Niágara, San Gaspar de los Reyes, Ixtlahuacán del Río, San Julian y Ocampo. A las estaciones climatológicas mencionadas se les calculó la precipitación media histórica mensual y anual, lo cual consistió en promediar los valores de los meses del periodo de cada estación, con los resultados obtenidos se realizó el análisis; como ejemplo se presenta a continuación la estación de Niágara y las medias históricas, las cuales son los valores de la última fila, ver cuadro No. 4.6.

COMISION NACIONAL DEL AGUA
SUBDIRECCION GENERAL TECNICA
GERENCIA REGIONAL LERMA-SANTIAGO-PACIFICO
SUBGERENCIA REGIONAL TECNICA

PRECIPITACIÓN MENSUAL Y ANUAL HISTORICOS EN MM

ESTACION CLIMATOLÓGICA: EL NIAGARA													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1961	28.70	0.00	0.00	4.50	31.00	62.50	69.30	26.40	66.70	21.10	17.50	0.00	327.70
1962	0.00	11.00	0.00	46.90	0.00	99.90	68.90	51.00	93.30	51.30	15.00	13.70	451.00
1963	0.00	0.00	3.70	0.00	17.50	104.40	89.80	89.40	79.80	37.00	1.20	80.10	502.90
1964	187.00	36.00	0.00	16.30	14.60	81.60	195.60	58.60	180.40	61.80	13.79	168.70	1,014.39
1965	4.50	155.00	0.00	40.50	60.00	206.00	225.80	511.50	293.80	129.00	12.80	103.30	1,742.20
1966	60.00	48.60	23.00	43.30	96.80	257.60	229.00	627.60	177.30	158.60	0.00	28.00	1,749.80
1967	98.60	0.00	23.00	0.00	89.70	165.40	64.80	255.50	164.00	66.10	36.20	2.20	965.50
1968	0.00	101.50	223.50	6.00	5.50	85.30	150.30	72.50	122.00	44.82	0.00	0.00	811.42
1969	22.46	1.00	10.87	0.00	26.01	45.90	107.90	78.70	49.50	25.50	1.00	23.70	392.54
1971	10.00	0.00	0.00	0.00	52.70	168.20	75.30	192.90	232.90	53.30	2.00	0.90	788.20
1972	6.40	0.00	12.50	20.00	51.90	76.40	60.80	77.70	110.50	30.50	14.50	1.00	462.20
1973	28.20	16.80	0.00	0.00	23.00	70.70	175.10	259.10	80.50	81.60	0.00	0.00	735.00
1974	2.20	0.00	0.90	0.50	25.70	21.60	161.40	120.00	117.70	4.20	7.00	15.20	476.40
1975	22.30	0.60	0.00	0.00	3.30	46.70	254.70	112.00	23.70	0.20	0.00	14.60	478.10
1976	0.00	0.00	0.00	5.00	17.90	32.80	268.30	96.60	95.10	58.90	80.30	11.00	665.90
1977	12.10	0.00	0.00	16.80	3.00	100.70	119.10	174.40	103.40	77.90	6.40	4.10	617.90
1978	0.00	7.40	0.00	0.60	20.30	58.00	97.50	89.60	180.20	39.50	5.40	3.90	502.40
1979	0.00	13.20	4.20	0.00	5.70	13.80	73.40	148.34	37.20	0.00	0.00	51.60	347.44
1980	22.46	16.70	0.00	18.70	3.30	76.90	71.80	148.34	104.36	30.80	37.70	21.80	552.86
1981	41.20	16.70	5.40	8.61	9.10	91.46	128.30	98.90	104.36	7.60	0.00	10.50	522.14
1982	22.46	3.00	0.00	5.40	3.60	11.20	135.80	68.90	34.60	66.30	44.10	22.76	418.12
1983	20.00	0.00	0.00	0.60	59.00	25.60	274.50	68.70	76.50	19.80	38.30	0.00	583.00
1984	18.70	5.50	0.00	0.00	20.10	147.30	127.50	67.00	53.80	26.20	0.60	10.30	477.00

Cuadro No. 4.6 Estación Climatológica El Niagara.

Las Isoyetas se tomaron de la “Memoria del estudio y trazo de las Isoyetas normales anuales de la república mexicana (periodo de 1931-1990)” de la Comisión Nacional del Agua; correspondiendo la zona de estudio a la región hidrológica de México No. 012 (Lerma - Chapala - Santiago).

4.2.1 Método de Thiessen.

Primeramente se calcula la precipitación media por el método de Thiessen el cual consiste en lo siguiente :

1. Unir mediante líneas rectas dibujadas en un plano de la cuenca, las estaciones más próximas entre sí. Con ellas se forman triángulos en cuyos vértices están las estaciones pluviométricas.
2. Trazar líneas rectas que bisecan los lados de los triángulos, por geometría elemental, las líneas correspondientes a cada triángulo convergerán en un solo punto.
3. Cada estación pluviométricas quedará rodeada por las líneas rectas del paso 2, que forman los llamados polígonos de Thiessen, y en algunos casos, en parte por el parteaguas de la cuenca. El área encerrada por los polígonos de Thiessen y el parteaguas será el área de influencia de la estación correspondiente.

4. La lluvia media se calcula entonces como un promedio de las precipitaciones registradas en cada estación, usando el área de influencia correspondiente, esto se expresa matemáticamente de la siguiente forma :

$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i h_{pi} \quad (8)$$

Donde :

\bar{h}_p = Lluvia media buscada (mm)

A_T = Área total de la cuenca (Km²)

n = Número de estaciones

A_i = Área de influencia de la estación i (%)

h_{pi} = Precipitación de la estación i (mm)

En la lámina No. 4.2, se muestran los polígonos que resultaron al aplicar la metodología de Thiessen para obtener el área de influencia de cada subcuenca.

El cuadro No. 4.7 que se presenta a continuación enseña la precipitación media anual en mm obtenida para cada subcuenca, aplicando la metodología de Thiessen.

CUENCA DEL RIO VERDE	
SUBCUENCA	ANUAL
V1	400.69
V2	559.44
V3	570.68
V4	533.52
V5	649.28
V6	652.88
V7	665.46
V8	605.91
V9	680.73
V10	714.06
V11	713.72
V12	702.78
V13	855.71
CUENCA DEL RIO JUCHPILA	
J1	530.56
J2	525.56
J3	640.07
J4	785.79
J5	866.69

Cuadro 4.7 Precipitación media anual Por Thiessen en mm.

En 1975 la dirección general de obras hidráulicas para el desarrollo rural de la SARH, concentro en su instructivo de pequeños almacenamientos, sus experiencias relativas a la evaluación del coeficiente de escurrimiento anual, apoyándose en la clasificación de tipos de suelos y coberturas o usos del mismo, del U. S. Soil Conservation Service. Según dichas experiencias el coeficiente de escurrimiento anual (C) se evalúa con las fórmulas siguientes:

cuando $k < 0.15$;
$$C = k \left(\frac{P - 250}{2000} \right) \quad (9)$$

cuando $k > 0.15$;
$$C = k \left(\frac{P - 250}{2000} \right) + \left(\frac{k - 0.15}{15} \right) \quad (10)$$

siendo :

C = Coeficiente de escurrimiento anual, adimensional

P = Precipitación anual, en mm

k = Parámetro que depende del tipo y uso o cubierta del suelo, se determina por tablas.

Para el tipo de suelo de la región de las cuencas Río Juchipila y Río Verde se tienen los siguientes datos para calcular k, ver cuadro No. 4.8

Cobertura del suelo	Estimación del parámetro "k"	
Suelos arenosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.13	27.9%
Suelos arenosos escarpados (0.07 ó más)	0.18	40.3%
Suelos arcillosos planos (0.02 ó menos)	0.15	2.4%
Suelos arcillosos escarpados (0.07 ó más)	0.30	29.4%
$\Sigma =$		100.0%

Cuadro No. 4.8 Datos para el cálculo de k para el coeficiente de escurrimiento

$$K = 0.1972$$

La formula del volumen de escurrimiento es la siguiente:

$$V' = C \times P \quad (11)$$

Donde:

P = Precipitación media anual de la cuenca en mm

El escurrimiento virgen de la cuenca, en M de m^3 se estima de la siguiente forma:

$$C_p = V' \times (\text{área de la cuenca en km}^2) \quad (12)$$

Con los anteriores resultados de la precipitación media anual y aplicando la fórmula para hallar el coeficiente de escurrimiento y los volúmenes escurridos por subcuenca, se obtienen los resultados del escurrimiento virgen para cada subcuenca que se muestran en el cuadro No.4.9

ESTIMACION DEL ESCURRIMIENTO POR MEDIO DE: COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO CON LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL DE THIESSEN						
Subcuenca		Precipitación Media Anual (mm ³)	Area (Km ²)	(Mm ³)	Coeficiente de Escurrecimiento	Cp (Mm ³)
No.	Nombre					
V1	San Francisco de los Romo	401	1,834	735	0.0463	34.04
V2	Presa Calles	559	587	328	0.0620	20.35
V3	Presa Niágara	571	3,109	1,774	0.0631	111.92
V4	Presa el Cuarenta	534	2,357	1,258	0.0594	74.72
V5	Presa San Gaspar	649	2,791	1,812	0.0708	128.36
V6	Ajojucar	653	772	504	0.0712	35.88
V7	Agostadero	665	316	210	0.0724	15.23
V8	Río Encarnación	606	2,488	1,507	0.0666	100.33
V9	Paso del Sabino	681	966	658	0.0739	48.62
V10	San Miguel	714	1,085	775	0.0772	59.83
V11	El Salto	714	716	511	0.0772	39.44
V12	La Cuña	703	2,197	1,544	0.0761	117.51
V13	Purgatorio	856	1,432	1,225	0.0912	111.74
RIO VERDE			20,650			897.96
J1	Río Palomas	531	349	185	0.0591	10.95
J2	Presa El Chique	526	2,320	1,219	0.0586	71.49
J3	Tecomate	640	3,160	2,023	0.0699	141.43
J4	La Boquilla	786	2,675	2,102	0.0843	177.18
J5	Resto Juchipila	867	17	15	0.0923	1.36
RIO JUCHIPILA			8,521			402.41

Cuadro 4.9 Escurrimiento por cuenca propia.

4.2.2 Método de las isoyetas

El cálculo de la lluvia media anual por el método de las Isoyetas, consiste en trazar con la información registrada en las estaciones, líneas que unen puntos de igual altura de precipitación llamadas Isoyetas, de modo semejante a como se trazan las curvas de nivel en topografía. Y aplicando la fórmula:

$$h_p = \frac{1}{AT} \sum_{i=1}^{n'} (h_{pi} A' i) \quad (13)$$

Donde :

h_p = Precipitación media (mm)

A_T = Es el área total de la cuenca (km²)

h_{pi} = Es la altura de precipitación media entre dos Isoyetas (mm)

A' = Es el área entre dos Isoyetas (km²)

n' = Es el número de áreas A'

La lámina No. 4.1 muestra las Isoyetas que se emplearon para el cálculo de la lluvia media anual y que fueron tomadas del libro de "Isoyetas normales de la república Mexicana (1931-1990)" de la Comisión Nacional del Agua.

El cuadro No. 4.10 siguiente muestra la precipitación media anual en mm obtenida con este método para cada subcuenca:

CUENCA RIO JUCHIPILA	
Subcuenca	Anual
J-1	478.50
J-2	487.17
J-3	587.40
J-4	753.24
J-5	825.00
CUENCA DEL RIO VERDE	
V-1	419.75
V-2	512.92
V-3	462.85
V-4	488.14
V-5	600.06
V-6	579.52
V-7	572.94
V-8	521.22
V-9	622.46
V-10	710.50
V-11	791.58
V-12	684.47
V-13	835.76

Cuadro 4.10 Precipitación media anual por isoyetas.

Y aplicando el método del coeficiente de escurrimiento para estimar el escurrimiento virgen de las subcuencas, se obtuvieron los siguientes resultados que se muestran en el cuadro No. 4.11.

ESTIMACION DEL ESCURRIMIENTO POR MEDIO DE: COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO CON LAS ISOYETAS						
Subcuenca		Precipitación Media Anual (mm³)	Area (Km²)	Volumen (Mm³)	Coefficiente de Esgurrimento	Cp (Mm³)
No.	Nombre					
V1	San Francisco de los Romo	420	1,834	770	0.0482	37.11
V2	Presa Calles	513	587	301	0.0574	17.28
V3	Presa Niágara	463	3,109	1,439	0.0524	75.48
V4	Presa el Cuarenta	488	2,357	1,151	0.0549	63.21
V5	Presa San Gaspar	600	2,791	1,675	0.0660	110.50
V6	Ajojucar	580	772	447	0.0640	28.61
V7	Agostadero	573	316	181	0.0633	11.46
V8	Río Encarnación	521	2,488	1,297	0.0582	75.48
V9	Paso del Sabino	622	966	601	0.0682	41.00
V10	San Miguel	711	1,085	771	0.0769	59.26
V11	El Salto	792	716	567	0.0849	48.10
V12	La Cuña	684	2,197	1,504	0.0743	111.73
V13	Purgatorio	836	1,432	1,197	0.0892	106.78
RIO VERDE			20,650			785.99
J1	Río Palomas	479	349	167	0.0540	9.02
J2	Presa El Chique	487	2,320	1,130	0.0548	61.99
J3	Tecomate	587	3,160	1,856	0.0647	120.15
J4	La Boquilla	753	2,675	2,015	0.0811	163.37
J5	Resto Juchipila	825	17	14	0.0882	1.24
RIO JUCHIPILA			8,521			355.77

Cuadro 4.11 Esgurrimento por cuenca propia.

4.2.3 Método de Turc

El criterio de M. Turc para estimar el escurrimiento anual en una cuenca, se basa en las ecuaciones del balance hídrico de una cuenca y del déficit del escurrimiento; de manera que:

$$V = P - ETR \quad (14)$$

Donde:

V = Escurrimiento específico anual, en mm

P = Precipitación anual, en mm

ETR = Evapotranspiración real en la cuenca, en mm por año

Turc a partir de observaciones realizadas en 254 cuencas distribuidas por todos los climas del mundo, reporta la siguiente expresión del parámetro, ETR.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.90 + \left(\frac{P^2}{L^2}\right)}} \quad (15)$$

Siendo:

P = Precipitación anual, en mm

$L = 300 + 25 T + 0.05 T^3$

estando:

ETR en mm y T en ° C.

La limitación teórica es que, si $P < 0.31 L$, en tales casos se considera a $ETR = P$.

Finalmente el escurrimiento virgen por cuenca propia en Mm^3 se obtiene con la ecuación (12).

El cuadro No. 4.12 es un ejemplo de la aplicación del método, para la subcuenca V3 del río Verde.

Estimación del escurrimiento por medio de:								
Método de Turc.								
AREA DE LA CUENCA = 3,109 Km ²								
Año	PTN	Tem	L	0.31L	.31L>p>.31L	ETR	V ¹	CP
1979	106.5	17.2	987.0	306	MENOR	107	-	-
1980	165.5	19.3	1.145	355	MENOR	166	-	-
1981	280.0	18.3	1.064	330	MENOR	280	-	-
1982	289.0	20.3	1.229	381	MENOR	289	-	-
1983	506.5	18.2	1.054	327	MAYOR	476	30	94
1984	409.7	18.5	1.079	334	MAYOR	401	9	27
1985	524.0	18.1	1.051	326	MAYOR	489	35	109
1986	499.1	17.1	975.0	302	MAYOR	463	36	112
1987	413.5	16.9	966.0	299	MAYOR	397	16	50
1988	82.5	17.0	968.0	300	MENOR	83	-	-
1989	223.0	17.8	1.024	317	MENOR	223	-	-
1990	52.8	18.5	1.081	335	MENOR	53	-	-
1991	771.0	18.1	1.046	324	MAYOR	642	129	402
1992	594.7	17.7	1.019	316	MAYOR	534	61	189
1993	307.0	18.2	1.060	329	MENOR	307	-	-
1994	317.8	19.2	1.138	353	MENOR	318	-	-
1995	377.0	19.6	1.167	362	MAYOR	376	1	3
1996	416.0	18.9	1.108	344	MAYOR	408	8	26
1997	391.5	18.5	1.077	334	MAYOR	385	6	19
1998	249.5	18.9	1.106	343	MENOR	250	-	-
1999	55.0	18.9	1.111	344	MENOR	55	-	-
Promedio	334.8	18.3	1,069.2	331.5		319.0		49.1

Cuadro 4.12 Ejemplo para la subcuenca V3 por Turc.

Las restantes subcuencas se calcularon de manera similar a la antes presentada. Los resultados de este método se muestran al final en el cuadro No. 4.14 resumen de los resultados por los diferentes métodos.

Tanto en este método como en el siguiente debido a la falta de datos de algunas estaciones se emplearon los datos de otras estaciones cercanas a estas, teniendo cuidado de verificar la similitud de los datos, las isoyetas que pasan por ellas y su altitud.

4.2.4 Método de Smith

Smith examinó los datos de aproximadamente 250 cuencas en U. S. A. y Puerto Rico, encontrando una relación empírica entre el coeficiente de escurrimiento y el llamado índice climático de la cuenca (BCI); dicha relación se muestra en la figura No. 4.4.

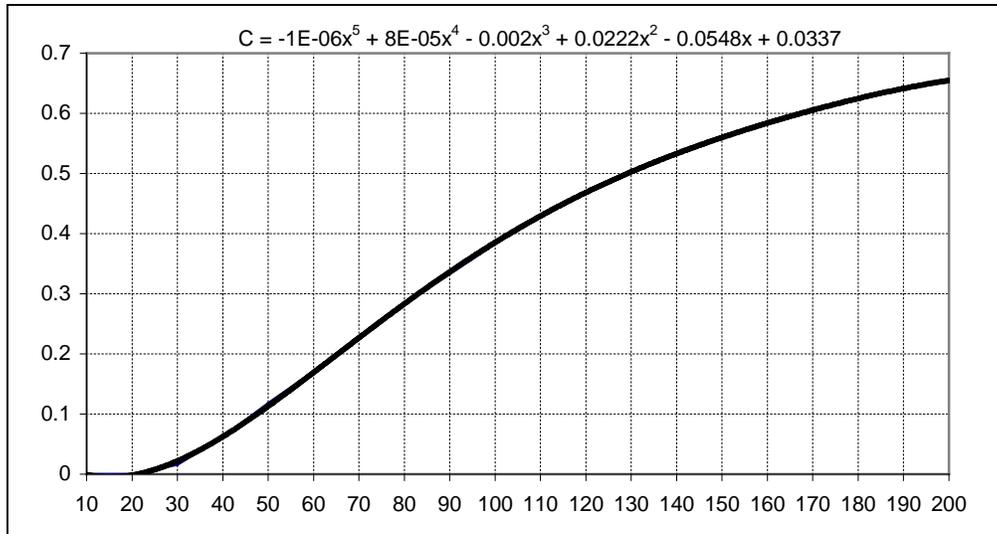


FIGURA No. 4.4 Relación adimensional entre el escurrimiento y la lluvia.

El BCI esta definido por la expresión siguiente :

$$BCI = 40.9 \sum_1^{12} \left(\frac{p_i}{18t_i + 220} \right)^{1.11} \quad (16)$$

En la cual:

BCI = Índice climático de la cuenca, adimensional

p_i = Precipitación mensual, en mm.

t_i = Temperatura media del mes, en grados centígrados.

Con el BCI calculado y la gráfica anterior, se obtiene C, y con la ecuación (11) se estima el volumen V.

Finalmente con la ecuación (12) se calcula C_p en M de m^3 .

Como ejemplo de la aplicación del método se presenta el cálculo para la subcuenca V3 de Río Verde en el cuadro No. 4.13.

ESTIMACIÓN DEL ESCURRIMIENTO ANUAL POR EL METODO DE SMITH SUBCUENCA V 3					
AREA DE LA CUENCA = 3,109					
Año	Precipitación Anual	Indice Climático BCI	Coficiente de Escurrimiento Anual C	Volumen de Escurrimiento Anual v	CP
1979	106.5	6.87	0.0000	0.00	0.00
1980	165.5	9.04	0.0000	0.00	0.00
1981	280.0	15.98	0.0000	0.00	0.00
1982	189.0	16.03	0.0000	0.00	0.00
1983	506.5	28.33	0.0161	8.16	25.38
1984	409.7	23.24	0.0034	1.39	4.33
1985	524.0	30.87	0.0242	12.70	39.48
1986	499.1	29.15	0.0186	9.29	28.90
1987	413.5	24.18	0.0054	2.22	6.90
1988	82.5	4.37	0.0000	0.00	0.00
1989	223.0	11.99	0.0000	0.00	0.00
1990	52.8	2.95	0.0000	0.00	0.00
1991	771.0	49.56	0.1092	84.20	261.79
1992	594.7	40.40	0.0630	37.47	116.50
1993	307.0	16.26	0.0000	0.00	0.00
1994	317.8	16.89	0.0000	0.00	0.00
1995	377.0	20.27	0.0000	0.00	0.00
1996	416.0	22.57	0.0021	0.89	2.76
1997	391.5	20.77	0.0000	0.00	0.00
1998	249.5	12.65	0.0000	0.00	0.00
1999	55.0	2.64	0.0000	0.00	0.00
Promedio	334.84	19.29	0.01	7.44	23.14

Cuadro No. 4.13 Ejemplo para la subcuena V3 por Smith.

Los restantes valores de Cp obtenidos para cada subcuena con este método se muestran a continuación en cuadro No. 4.14 en donde también se resumen los valores calculados del escurrimiento virgen por cuenca propia con los otros métodos utilizados.

CUENCA	No.	SUBCUENCA	METODOS INDIRECTOS				METODO DIRECTO	PROMEDIO
			THIESEN	ISOYETAS	TURC	SMITH		
NIAGARA	V1	SAN FRANCISCO DE LOS ROMO	34.04	37.11	32.70	13.75	17.86	27.09
	V2	PRESA CALLES	20.35	17.28	17.50	14.00	50.18	23.86
	V3	PRESA NIAGARA	111.92	75.48	49.10	23.14	60.60	64.05
		SUMA	166.31	129.86	99.30	50.90	128.65	115.00
SAN GASPAR	V4	PRESA EL CUARENTA	74.72	63.21	121.70	50.38	50.21	72.05
	V5	SAN GASPAR	128.36	110.50	257.19	161.75	147.44	161.05
		SUMA	203.07	173.71	378.89	212.13	197.65	233.09
PASO DEL SABINO	V6	AJOJUCAR	35.88	28.61	22.30	10.45	31.67	25.78
	V7	AGOSTADERO	15.23	11.46	16.10	8.95	20.24	14.40
	V8	RIO ENCARNACIÓN	100.33	75.48	193.58	109.61	119.76	119.75
	V9	RESTO PASO DEL SABINO	48.62	41.00	75.16	42.56	-35.16	34.44
		SUMA	200.06	156.55	307.13	171.57	136.51	194.36
LA CUÑA	V10	SAN MIGUEL	59.83	59.26	118.90	68.48	76.52	76.60
	V11	EL SALTO	39.44	48.10	97.20	58.03	60.92	60.74
	V12	LA CUÑA	117.51	111.73	202.60	113.02	193.63	147.70
		SUMA	216.78	219.09	418.70	239.52	331.07	285.05
PURGATORIO	V13	PURGATORIO	111.74	106.78	193.21	149.55	202.66	152.79
	SUMA	111.74	106.78	193.21	149.55	202.66	152.79	
TOTAL CUENCA DEL RIO VERDE			897.96	785.99	1.397.23	823.68	996.54	980.28
RIO JUCHIPILA	J1	RIO LAS PALOMAS	10.95	9.02	33.00	8.33	27.05	17.67
	J2	PRESA EL CHIQUE	71.49	61.99	219.60	55.35	81.13	97.91
	J3	TECOMATE	141.43	120.15	124.00	83.05	128.31	119.39
	J4	LA BOQUILLA	177.18	163.37	178.00	133.90	186.05	167.70
	J5	RESTO DE JUCHIPILA	1.36	1.24	1.25	1.29	1.18	1.26
TOTAL CUENCA DEL RIO JUCHIPILA			402.41	355.77	555.85	281.92	423.72	403.93

Cuadro No. 4.14 Resumen de resultados por los diferentes métodos (Mm³)

5. Balance hidráulico y disponibilidad media anual superficial en las cuencas de los ríos Verde y Juchipila

5.1 Balance hidráulico de las cuencas de los ríos Verde y Juchipila

Para la elaboración del balance de aguas superficiales de las cuencas de los ríos Verde y Juchipila se identificaron, cuantificaron y relacionaron las entradas y salidas de agua en cada una de las subcuencas.

Para la estimación de la disponibilidad media anual de agua superficial en un sistema de cuencas interconectadas natural o artificialmente se lleva a cabo en tres fases:

1. Estimación del escurrimiento aguas abajo
2. Distribución de las demandas aguas arriba
3. Estimación de la disponibilidad

Lo anterior con base en la metodología desarrollada por la Gerencia de Planeación Hidráulica y la Norma Oficial de Emergencia para estimar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, elaborada por la Subdirección General Técnica

Una vez obtenida la disponibilidad superficial, se calcula la disponibilidad relativa la cual nos proporciona la clasificación de la cuenca o subcuenca (escasa, equilibrio, disponibilidad y abundante)

Para fines de este estudio las cuencas de los ríos Verde y Juchipila se subdividieron en 13 y 5 subcuencas respectivamente (ver cuadro 5.1), de acuerdo a la información hidroclimatológica disponible y los padrones de usuarios de los diferentes usos del agua, las que se identificaron de la siguiente manera:

SUBCUENCAS	
No.	NOMBRE
Río Verde	
V1	San Francisco de los Romo
V2	Presa Calles
V3	Presa Niagara
V4	Presa El Cuarenta
V5	San Gaspar
V6	Presa Ajojucar
V7	Presa Agostadero
V8	Río Encarnación
V9	Paso del Sabino
V10	San Miguel
V11	El Salto
V12	La Cuña
V13	Purgatorio
Río Juchipila	
J1	Río Palomas
J2	Presa El Chique
J3	Tecomate
J4	Presa La Boquilla
J5	Resto Juchipila

Cuadro 5.1 Subcuencas de los ríos Verde y Juchipila

5.1.1 Estimación del escurrimiento aguas abajo

Para calcular el escurrimiento aguas abajo de cada una de las subcuencas se utilizó la siguiente expresión:

$$Ab = Cp + Ar + R + Im - (Uc + Ev + Ex + \Delta V)$$

Donde:

Ab	Escurrecimiento aguas abajo
Cp	Escurrecimiento por cuenca propia
Ar	Escurrecimiento aguas arriba
R	Retornos
Im	Importaciones
Uc	Usos consuntivos
Ev	Evaporación en vasos
Ex	Exportaciones
ΔV	Variación anual en el volumen de agua superficial almacenada ($V_2 - V_1$)

Río Verde

Subcuenca V1 San Francisco de los Romo, desde su origen hasta la estación climatológica del mismo nombre.

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 17.86 Mm³. En la subcuenca se localizan 8 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 0.70 Mm³, los usos consuntivos en la subcuenca son de 15.04 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned} Ab_{V1} &= Cp_{V1} + R - (Uc_{V1} + Ev_{V1}) \\ Ab_{V1} &= 17.86 + 2.57 - (15.04 + 0.70) \\ Ab_{V1} &= 4.69 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

Subcuenca V2 Presa Plutarco Elías Calles, desde su origen hasta la presa Calles

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 50.18 Mm³. En la subcuenca se localizan 50 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 13.11 Mm³ y una variación de su almacenamiento de 7.44 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 2.81 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned}
 Ab_{V2} &= Cp_{V2} + R + Im_{V3} - && (Uc_{V2} + Ev_{V2} + \Delta V_{V2}) \\
 Ab_{V2} &= 50.18 + 0.25 + 15.47 - && (2.81 + 13.11 + 7.44) \\
 Ab_{V2} &= 42.54 \text{ Mm}^3
 \end{aligned}$$

Subcuenca V3 Presa El Niagara, desde presa Calles hasta presa El Niagara

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 60.60 Mm³. En la subcuenca se localizan 15 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 7.46 Mm³ y una variación de su almacenamiento de 0.31 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 85.25 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned}
 Ab_{V3} &= Cp_{V3} + Ar_{V1,V2} + R - && (Uc_{V3} + Ev_{V3} + Ex_{V3} + \Delta V_{V3}) \\
 Ab_{V3} &= 60.60 + 47.23 + 18.01 - && (85.25 + 7.46 + 15.47 + 0.31) \\
 Ab_{V3} &= 17.35 \text{ Mm}^3
 \end{aligned}$$

Subcuenca V4 Presa El Cuarenta, desde su origen hasta presa El Cuarenta

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 50.21 Mm³. En la subcuenca se localizan 22 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 4.17 Mm³ y una variación de su almacenamiento de 0.09 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 24.42 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned}
 Ab_{V4} &= Cp_{V4} + R - && (Uc_{V4} + Ev_{V4} + \Delta V_{V4}) \\
 Ab_{V4} &= 50.21 + 2.02 - && (24.42 + 4.17 + 0.09) \\
 Ab_{V4} &= 23.55 \text{ Mm}^3
 \end{aligned}$$

Subcuenca V5 San Gaspar, desde presa El Cuarenta hasta confluencia del río Verde

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 147.44 Mm³. En la subcuenca se localizan 23 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 2.11 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 58.38 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned}
 Ab_{V5} &= Cp_{V5} + Ar_{V4} + R - && (Uc_{V5} + Ev_{V5}) \\
 Ab_{V5} &= 147.44 + 23.55 + 5.54 - && (58.38 + 2.11) \\
 Ab_{V5} &= 116.04 \text{ Mm}^3
 \end{aligned}$$

Subcuenca V6 Presa Ajojucar, desde presa El Niagara hasta presa Ajojucar

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 31.67 Mm³. En la subcuenca se localizan 5 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 1.84 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 15.47 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned} Ab_{V6} &= Cp_{V6} + Ar_{V3} + R - && (Uc_{V6} + Ev_{V6}) \\ Ab_{V6} &= 31.67 + 17.35 + 1.93 - && (15.47 + 1.84) \\ Ab_{V6} &= 33.64 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

Subcuenca V7 Presa Agostadero, desde su origen hasta presa Agostadero

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 20.24 Mm³. En la subcuenca se localizan la presa Las Crucitas en la cual se estima un volumen medio anual por evaporación de 0.02 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 1.78 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned} Ab_{V7} &= Cp_{V7} + R - && (Uc_{V7} + Ev_{V7}) \\ Ab_{V7} &= 20.24 + 0.28 - && (1.78 + 0.02) \\ Ab_{V7} &= 18.72 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

Subcuenca V8 Río Encarnación, desde su origen hasta la confluencia del río Verde

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 119.76 Mm³. En la subcuenca se localizan 28 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 1.23 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 35.21 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned} Ab_{V8} &= Cp_{V8} + R - && (Uc_{V8} + Ev_{V8}) \\ Ab_{V8} &= 119.76 + 4.49 - && (35.21 + 1.23) \\ Ab_{V8} &= 87.81 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

Subcuenca V9 Resto Paso del Sabino, desde Ajojucar-Agostadero hasta Paso del Sabino

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de -35.16 Mm³. En la subcuenca se localizan 8 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 0.23 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 9.89 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned} Ab_{V9} &= Cp_{V8} + Ar_{V6,V7,V8} + R - && (Uc_{V8} + Ev_{V8}) \\ Ab_{V9} &= -35.16 + 140.17 + 1.20 - && (9.89 + 0.23) \\ Ab_{V8} &= 96.09 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

Subcuenca V10 San Miguel, desde su origen hasta la confluencia del río Verde

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 76.52 Mm³. En la subcuenca se localizan 2 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 0.20 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 4.20 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned} Ab_{V10} &= Cp_{V10} + R - && (Uc_{V10} + Ev_{V10}) \\ Ab_{V9} &= 76.52 + 0.71 - && (4.20 + 0.20) \\ Ab_{V8} &= 72.83 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

Subcuenca V11 El Salto, desde su origen hasta la confluencia del río Verde

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 60.92 Mm³. En la subcuenca se localizan 7 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 6.31 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 1.97 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned} Ab_{V11} &= Cp_{V11} + R - && (Uc_{V11} + Ev_{V11}) \\ Ab_{V11} &= 60.92 + 0.69 - && (1.97 + 6.31) \\ Ab_{V11} &= 53.33 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

Subcuenca V12 La Cuña, desde la confluencia del río Verde hasta La Cuña

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 193.63 Mm³. En la subcuenca se localizan 6 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 0.42 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 11.69 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned}
Ab_{V12} &= Cp_{V12} + Ar_{V5,V9,V10,V11} + R - (Uc_{V8} + Ev_{V8}) \\
Ab_{V12} &= 193.63 + 338.29 + 1.79 - (11.29 + 0.42) \\
Ab_{V12} &= 521.60 \text{ Mm}^3
\end{aligned}$$

Subcuenca V13 El Purgatorio, La Cuña hasta El Purgatorio

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 202.66 Mm³. En la subcuenca se localizan 4 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 1.31 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 20.94 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned}
Ab_{V13} &= Cp_{V13} + Ar_{V12} + R - (Uc_{V13} + Ev_{V13}) \\
Ab_{V13} &= 202.66 + 521.60 + 2.27 - (20.94 + 1.31) \\
Ab_{V13} &= 704.28 \text{ Mm}^3
\end{aligned}$$

Río Juchipila

Subcuenca J1 Río Palomas, desde su origen hasta presa Palomas

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 27.05 Mm³. En la subcuenca se localiza 1 almacenamiento en el cual se estima un volumen medio anual por evaporación de 1.15 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 3.17 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned}
Ab_{J1} &= Cp_{J1} + R - (Uc_{J1} + Ev_{J1}) \\
Ab_{J1} &= 27.05 + 0.30 - (3.17 + 1.15) \\
Ab_{J1} &= 23.03 \text{ Mm}^3
\end{aligned}$$

Subcuenca J2 Presa El Chique, desde su origen hasta presa El Chique

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 81.13 Mm³. En la subcuenca se localizan 8 almacenamientos, en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 9.21 Mm³ y una variación de su almacenamiento de -0.59; los usos consuntivos en la subcuenca son de 39.15 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned}
Ab_{J2} &= Cp_{J2} + Ar_{j1} + R - (Uc_{J2} + Ev_{J2} + \Delta_{J2}) \\
Ab_{J2} &= 81.13 + 23.03 + 1.94 - (39.15 + 9.21 - 0.59) \\
Ab_{J2} &= 58.33 \text{ Mm}^3
\end{aligned}$$

Subcuenca J3 Tecomate, desde presa El Chique hasta presa Achoquen

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 128.31 Mm³. En la subcuenca se localizan 12 almacenamientos, en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 4.73 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 73.33 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned} Ab_{J3} &= Cp_{J3} + Ar_{j2} + R - && (Uc_{J3} + Ev_{J3}) \\ Ab_{J3} &= 128.31 + 58.33 + 5.26 - && (73.33 + 4.73) \\ Ab_{J3} &= 113.84 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

Subcuenca J4 La Boquilla, desde presa Achoquen hasta presa La Boquilla

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 186.05 Mm³. En la subcuenca se localizan 6 almacenamientos, en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 0.60 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 11.10 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned} Ab_{J4} &= Cp_{J4} + Ar_{j3} + R - && (Uc_{J4} + Ev_{J4}) \\ Ab_{J4} &= 186.05 + 113.84 + 1.50 - && (11.10 + 0.60) \\ Ab_{J4} &= 289.69 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

Subcuenca J5 Resto de Juchipila, desde La Boquilla hasta confluencia del río Verde

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 1.18 Mm³. En la subcuenca no se localizan almacenamientos, los usos consuntivos en la subcuenca son de 0.02 Mm³, por lo tanto:

$$\begin{aligned} Ab_{J5} &= Cp_{J5} + Ar_{j4} - && (Uc_{j5}) \\ Ab_{J5} &= 1.18 + 289.69 - && (0.02) \\ Ab_{J5} &= 290.85 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

Subcuenca V12 La Cuña, desde la confluencia del río Verde hasta La Cuña

La subcuenca V12 presenta una demanda por cuenca propia de 11.69 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca V13 de 15.97 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 0.42 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 193.63 Mm³ y recibe escurrimientos de las subcuencas V5, V9, V10 y V11 por 338.29 Mm³.

$$\begin{array}{r} (\text{Cp}_{V12} + \text{R}_{V12} + \text{Ab}_{V5, V9, V10, V11}) \\ = \end{array} \begin{array}{r} 193.63 + 1.79 + \\ 36.62\% \end{array} \begin{array}{r} 16.04 + \\ 21.74\% \end{array} \begin{array}{r} 96.09 + \\ 18.00\% \end{array} \begin{array}{r} 72.83 + \\ 13.65\% \end{array} \begin{array}{r} 53.33 = \\ 9.99\% \end{array} \begin{array}{r} 533.71 \\ 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$U_{cV12} + R_{V13} + E_v = 11.69 + 15.97 + 0.42 = 28.08 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$\begin{array}{l} R_{V12V12} = 28.08 * 0.3662 = 10.28 \text{ Mm}^3 \\ R_{V5V12} = 28.08 * 0.2174 = 6.11 \text{ Mm}^3 \\ R_{V9V12} = 28.08 * 0.1800 = 5.06 \text{ Mm}^3 \\ R_{V10V12} = 28.08 * 0.1365 = 3.83 \text{ Mm}^3 \\ R_{V11V12} = 28.08 * 0.0999 = 2.81 \text{ Mm}^3 \\ \quad \quad \quad 28.08 \text{ Mm}^3 \end{array}$$

Subcuenca V11 El Salto, desde su origen hasta la confluencia del río Verde

La subcuenca V11 presenta una demanda por cuenca propia de 1.97 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca V12 de 2.81 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 6.31 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 60.92 Mm³.

$$\begin{array}{r} (\text{Cp}_{V11} + \text{R}_{V11}) = \\ 100\% \end{array} \begin{array}{r} 60.92 + 0.69 \\ 100\% \end{array} = \begin{array}{r} 61.61 \\ 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$U_{cV11} + R_{V12} + E_v = 1.97 + 2.81 + 6.31 = 11.09 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$R_{V11V11} = 11.09 * 1.00 = 11.09 \text{ Mm}^3$$

Subcuenca V6 Presa Ajojuar, desde presa El Niagara hasta presa Ajojuar

La subcuenca V6 presenta una demanda por cuenca propia de 15.47 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca V9 de 4.81 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 1.84 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 31.67 Mm³ y recibe escurrimientos de la subcuenca V3 por 17.35 Mm³.

$$\begin{array}{rclcl} (\text{Cp}_{V6} + \text{R}_{V9} + \text{Ab}_{V3}) = & 31.67 + 1.93 + & 17.35 = & 50.95 \\ & 65.95\% & 34.05\% & 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$\text{Uc}_{V6} + \text{R}_{V9} + \text{Ev} = 15.47 + 4.81 + 1.84 = 22.12 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$\begin{array}{l} \text{R}_{V6V6} = 22.12 * 0.6595 = 14.59 \text{ Mm}^3 \\ \text{R}_{V3V6} = 22.12 * 0.3405 = 7.53 \text{ Mm}^3 \\ \qquad \qquad \qquad 22.12 \text{ Mm}^3 \end{array}$$

Subcuenca V5 San Gaspar, desde presa El Cuarenta hasta confluencia del río Verde

La subcuenca V5 presenta una demanda por cuenca propia de 58.38 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca V12 de 6.11 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 2.11 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 147.44 Mm³ y recibe escurrimientos de la subcuenca V4 por 23.55 Mm³.

$$\begin{array}{rclcl} (\text{Cp}_{V5} + \text{R}_{V12} + \text{Ab}_{V4}) = & 147.44 + 5.54 + & 23.55 = & 176.53 \\ & 86.66\% & 13.34\% & 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$\text{Uc}_{V5} + \text{R}_{V12} + \text{Ev} = 58.38 + 6.11 + 2.11 = 66.60 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$\begin{array}{l} \text{R}_{V5V5} = 66.60 * 0.8666 = 57.71 \text{ Mm}^3 \\ \text{R}_{V4V5} = 66.60 * 0.1334 = 8.88 \text{ Mm}^3 \\ \qquad \qquad \qquad 66.60 \text{ Mm}^3 \end{array}$$

Subcuenca V4 Presa El Cuarenta, desde su origen hasta presa El Cuarenta

La subcuenca V4 presenta una demanda por cuenca propia de 24.42 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca V5 de 8.88 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 4.17 Mm³ y una variación de almacenamiento de 0.09 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 50.21 Mm³.

$$\begin{array}{rclcl} (\text{Cp}_{V4} + \text{R}_{V4}) = & 50.21 + 2.02 & = & 52.23 \\ & 100\% & & 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$\text{Uc}_{V4} + \text{R}_{V5} + \text{E}_{V4} + \Delta_{V4} = 24.42 + 8.88 + 4.17 + 0.09 = 37.56 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$\begin{array}{l} \text{R}_{V4/V4} = 37.56 * 1.00 = 37.56 \text{ Mm}^3 \\ \qquad \qquad \qquad 37.56 \text{ Mm}^3 \end{array}$$

Subcuenca V3 Presa El Niagara, desde presa Calles hasta presa El Niagara

La subcuenca V3 presenta una demanda por cuenca propia de 85.25 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca V6 de 7.53 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 7.46 Mm³ y una variación de almacenamiento de 0.31; genera un escurrimiento por cuenca propia de 60.60 Mm³ y recibe escurrimientos de las subcuencas V1 y V2 por 47.23 Mm³.

$$\begin{array}{rclcl} (\text{Cp}_{V3} + \text{R}_{V3}) + \text{Ab}_{V1, V2} = & 60.60 + 18.01 + & 4.69 + & 42.54 = & 125.84 \\ & 62.47\% & 3.73\% & 33.80\% & 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$\text{Uc}_{V3} + \text{R}_{V6} + \text{E}_{V3} + \text{Ex}_{V3} + \Delta_{V3} = 85.25 + 7.53 + 7.46 + 15.47 + 0.31 = 116.02 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$\begin{array}{l} \text{R}_{V3/V3} = 116.02 * 0.6247 = 72.48 \text{ Mm}^3 \\ \text{R}_{V1/V3} = 116.02 * 0.0373 = 4.32 \text{ Mm}^3 \\ \text{R}_{V2/V3} = 116.02 * 0.3380 = 39.22 \text{ Mm}^3 \end{array}$$

Río Juchipila

Subcuenca J5 Resto de Juchipila, desde La Boquilla hasta confluencia del río Verde

La subcuenca J5 presenta una demanda por cuenca propia de 0.02 Mm³, que es satisfecha por los escurrimientos por cuenca propia y por los de aguas arriba que provienen de la subcuenca J4 y por los retornos en la misma subcuenca; por lo tanto:

$$\begin{array}{rclcl} (\text{Cp}_{J5} + \text{Ab}_{J4} = & 1.18 + & 289.69 = & 290.87 \\ & 0.41\% & 99.59\% & 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$U_{CJ5} = 0.02 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$R_{J5J5} = 0.02 * 0.0041 = 0.00 \text{ Mm}^3$$

$$\begin{array}{l} R_{J4J5} = 0.02 * 0.9959 = 0.02 \text{ Mm}^3 \\ \quad \quad \quad 0.02 \text{ Mm}^3 \end{array}$$

Subcuenca J4 La Boquilla, desde presa Achoquen hasta presa La Boquilla

La subcuenca J4 presenta una demanda por cuenca propia de 11.10 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca J5 de 0.02 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 0.60 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 186.05 Mm³ y recibe escurrimientos de la subcuenca J3 por 113.84 Mm³.

$$\begin{array}{rclcl} (\text{Cp}_{V4} + \text{R}_{V4} + \text{Ab}_{J3} = & 186.05 + 1.50 + & 113.84 = & 301.39 \\ & 62.23\% & 37.77\% & 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$U_{CJ4} + R_{J5} + E_{VJ5} = 11.10 + 0.02 + 0.60 = 11.72 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$R_{J4J4} = 11.72 * 0.6223 = 7.29 \text{ Mm}^3$$

$$\begin{array}{l} R_{J3J4} = 11.72 * 0.3777 = 4.43 \text{ Mm}^3 \\ \quad \quad \quad 11.72 \text{ Mm}^3 \end{array}$$

Subcuenca J3 Tecomate, desde presa El Chique hasta presa Achoquen

La subcuenca J3 presenta una demanda por cuenca propia de 73.33 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca J4 de 4.43 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 4.73 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 128.31 Mm³ y recibe escurrimientos de la subcuenca J2 por 58.33 Mm³.

$$\begin{array}{rcll} (\text{Cp}_{V3} + \text{R}_{V3} + \text{Ab}_{J2} = & 128.31 + 5.26 + & 58.33 = & 191.90 \\ & 69.60\% & 30.40\% & 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$\text{Uc}_{J3} + \text{R}_{J4} + \text{Ev} = 73.33 + 4.43 + 4.73 = 82.49 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$\begin{array}{l} \text{R}_{J3J3} = 82.49 * 0.6960 = 57.41 \text{ Mm}^3 \\ \text{R}_{J2J3} = 82.49 * 0.3040 = 25.07 \text{ Mm}^3 \\ \qquad \qquad \qquad 82.49 \text{ Mm}^3 \end{array}$$

Subcuenca J2 Presa El Chique, desde su origen hasta presa El Chique

La subcuenca J2 presenta una demanda por cuenca propia de 39.15 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca J3 de 25.07 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 9.21 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 81.13 Mm³ y recibe escurrimientos de la subcuenca J1 por 23.03 Mm³.

$$\begin{array}{rcll} (\text{Cp}_{V2} + \text{R}_{V2} + \text{Ab}_{V1} = & 81.13 + 1.94 + & 23.03 = & 106.10 \\ & 78.29\% & 21.71\% & 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$\text{Uc}_{J2} + \text{R}_{J3} + \text{Ev}_{J2} + \Delta_{J2} = 39.15 + 25.07 + 9.21 + (-0.59) = 72.84 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$\begin{array}{l} \text{R}_{J2J2} = 72.84 * 0.7829 = 57.03 \text{ Mm}^3 \\ \text{R}_{J2J3} = 72.84 * 0.2171 = 15.81 \text{ Mm}^3 \\ \qquad \qquad \qquad 72.84 \text{ Mm}^3 \end{array}$$

Subcuenca J1 Río Palomas, desde su origen hasta presa Palomas

La subcuenca J1 presenta una demanda por cuenca propia de 3.17 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca J2 de 15.81 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 1.15 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 27.05 Mm³.

$$\begin{array}{rcl} (\text{Cp}_{V1} + \text{R}_{V1} = & 27.05 + 0.30 & = & 27.35 \\ & 100\% & & 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$\text{Uc}_{J2} + \text{R}_{J2} + \text{Ev}_{J1} = 3.17 + 15.81 + 1.15 = 20.13 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$\begin{array}{l} \text{R}_{J1J1} = 20.13 * 1.0 = 20.13 \text{ Mm}^3 \\ \quad \quad \quad 20.13 \text{ Mm}^3 \end{array}$$

5.1.3 Volúmenes disponibles en cada subcuenca

La disponibilidad a la salida de una cuenca (D_{xy}), se puede estimar si a los escurrimientos aguas abajo de una cuenca, se les disminuyen los volúmenes reservados, R_{xy}, con que dicha cuenca contribuye para satisfacer las extracciones aguas abajo. En este sentido, los volúmenes disponibles a la salida de la cuenca "X" para la cuenca "Y" son:

$$\text{D}_{xy} = \text{A}_{bx} - \text{R}_{xy}$$

Asimismo, los volúmenes remanentes disponibles por cuenca propia son:

$$\text{D}_{xx} = \text{C}_{px} - \text{R}_{xx}$$

Al aplicar las ecuaciones anteriores para cada subcuenca se tiene:

5.1.3.1 Volúmenes disponibles hacia aguas abajo (Dxy)

Subcuenca V1	$D_{V1} = Ab_{V1} - R_{V1V2}$	4.69 - 4.32	0.37
Subcuenca V2	$D_{V2V3} = Ab_{V2} - R_{V2V3}$	42.54 - 9.22	3.32
Subcuenca V3	$D_{V3V6} = Ab_{V3} - R_{V3V6}$	17.35 - 7.53	9.82
Subcuenca V4	$D_{V4V5} = Ab_{V4} - R_{V4V5}$	23.55 - 8.88	14.67
Subcuenca V5	$D_{V5V12} = Ab_{V5} - R_{V5V12}$	116.04 - 6.11	109.93
Subcuenca V6	$D_{V6V9} = Ab_{V6} - R_{V6V9}$	33.64 - 4.81	28.83
Subcuenca V7	$D_{V7V9} = Ab_{V7} - R_{V7V9}$	18.72 - 2.67	16.05
Subcuenca V8	$D_{V8V9} = Ab_{V8} - R_{V8V9}$	87.81 - 12.55	75.26
Subcuenca V9	$D_{V9V8} = Ab_{V9} - R_{V9V12}$	96.09 - 5.06	91.03
Subcuenca V10	$D_{V10V12} = Ab_{V10} - R_{V10V12}$	72.83 - 3.83	69.00
Subcuenca V11	$D_{V11V12} = Ab_{V11} - R_{V11V12}$	53.33 - 2.81	50.52
Subcuenca V12	$D_{V12V13} = Ab_{V12} - R_{V12V13}$	521.60 - 15.97	505.62
Subcuenca V13	$D_{V13VS} = Ab_{V13} - R_{VS}$	704.28 - 0.00	704.28
Subcuenca J1	$D_{J1J2} = Ab_{J1} - R_{J1J2}$	23.03 - 15.81	7.22
Subcuenca J2	$D_{J2J3} = Ab_{J2} - R_{J2J3}$	58.33 - 25.07	33.26
Subcuenca J3	$D_{J3J4} = Ab_{J3} - R_{J3J4}$	113.84 - 4.43	109.41
Subcuenca J4	$D_{J4J5} = Ab_{J4} - R_{J4J5}$	289.69 - 0.02	289.67
Subcuenca J5	$D_{J5JS} = Ab_{J5} - R_{JS}$	290.85 - 0.00	290.85

5.1.3.2 Volúmenes disponibles por cuenca propia (Dxx)

Subcuenca V1	$D_{V1} = Cp_{V1} + R_{V1} - R_{V1V1}$	17.86+2.57 - 20.06	0.37
Subcuenca V2	$D_{V2} = Cp_{V2} + R_{V2} + Im_{V2} - R_{V2V2}$	50.18+0.25+15.47 - 62.58	3.32
Subcuenca V3	$D_{V3} = Cp_{V3} + R_{V3} - R_{V3V3}$	60.60+18.01 - 72.48	6.13
Subcuenca V4	$D_{V4} = Cp_{V4} + R_{V4} - R_{V4V4}$	50.21+2.02 - 37.56	14.67
Subcuenca V5	$D_{V5} = Cp_{V5} + R_{V5} - R_{V5V5}$	147.44+5.54 - 57.71	95.27
Subcuenca V6	$D_{V6} = Cp_{V6} + R_{V6} - R_{V6V6}$	31.67 +1.93 - 14.59	19.01
Subcuenca V7	$D_{V7} = Cp_{V7} + R_{V7} - R_{V7V7}$	20.24+0.28 - 4.47	16.05
Subcuenca V8	$D_{V8} = Cp_{V8} + R_{V8} - R_{V8V8}$	119.76+4.49 - 48.99	75.26
Subcuenca V9	$D_{V9} = Cp_{V9} + R_{V9} - R_{V9V9}$	-35.16 +1.20 - (-4.85)	-29.11
Subcuenca V10	$D_{V10} = Cp_{V10} + R_{V10} - R_{V10V10}$	76.52 +0.71 - 8.23	69.00
Subcuenca V11	$D_{V11} = Cp_{V11} + R_{V11} - R_{V11V11}$	60.92 +0.69 - 11.09	50.52
Subcuenca V12	$D_{V12} = Cp_{V12} + R_{V12} - R_{V12V12}$	193.63 +1.79 - 10.28	185.14
Subcuenca V13	$D_{V13} = Cp_{V13} + R_{V13} - R_{V13V13}$	202.66+2.27 - 6.28	198.65
Subcuenca J1	$D_{J1} = Cp_{J1} + R_{J1} - R_{J1J1}$	27.05 +0.30 - 20.13	7.22
Subcuenca J2	$D_{J2} = Cp_{J2} + R_{J2} - R_{J2J2}$	81.13+1.94 - 57.03	26.04
Subcuenca J3	$D_{J3} = Cp_{J3} + R_{J3} - R_{J3J3}$	128.31+5.26 - 57.41	76.16
Subcuenca J4	$D_{J4} = Cp_{J4} + R_{J4} - R_{J4J4}$	186.05+1.50 - 7.29	180.26
Subcuenca J5	$D_{J5} = Cp_{J5} + R_{J5} - R_{J5J5}$	1.18 - 0.00	1.18

La disponibilidad total de la cuenca del Río Verde Y Río Juchipila equivale al escurrimiento aguas abajo de la subcuenca de la cota más baja (V13 y J5 respectivamente), lo que se comprueba al sumar las disponibilidades por cuenca propia de cada subcuenca para cada cuenca.

Cuenca del Río Verde

$$Ab_{\text{Río Verde}} = D_{V1V1} + D_{V2V2} + D_{V3V3} + D_{V4V4} + D_{V5V5} + D_{V6V6} + D_{V7V7} + D_{V8V8} + D_{V9V9} + D_{V10V10} + D_{V11V11} + D_{V12V12} + D_{V13V13}$$

$$Ab_{\text{Río Verde}} = 0.37 + 3.32 + 6.13 + 14.67 + 95.27 + 19.01 + 16.05 + 75.26 + (-29.11) + 69.00 + 50.52 + 185.14 + 198.65 = 704.28 \text{ Mm}^3$$

$$Ab_{V13} = 704.28 \text{ Mm}^3$$

Cuenca del Río Juchipila

$$Ab_{\text{Río Juchipila}} = D_{J1J1} + D_{J2J2} + D_{J3J3} + D_{J4J4} + D_{J5J5}$$

$$Ab_{\text{Río Juchipila}} = 7.22 + 26.04 + 76.16 + 180.26 + 1.18 = 290.85 \text{ Mm}^3$$

$$Ab_{J5} = 290.85 \text{ Mm}^3$$

Para la clasificación de las subcuencas por zona de disponibilidad, se utiliza el término de disponibilidad relativa (Dr), el cual está expresado por la siguiente ecuación:

$$Dr = \frac{C_p + A_r}{U_c + V_c}$$

Donde Vc es el volumen comprometido, que equivale al volumen reservado de una cuenca "X" para una cuenca "Y" (Rxy) más el caudal ambiental o volumen ecológico destinados a la preservación de la flora y la fauna de los cauces

De acuerdo al rango en que se encuentre el valor de la disponibilidad relativa (Dr), se clasificará a la cuenca con base en la siguiente distribución.

Rango	Clave	Color	Descripción
$Dr \leq 1.4$	1	Rojo	Déficit
$1.4 < Dr \leq 3.0$	2	Amarillo	Equilibrio
$3.0 < Dr \leq 9.0$	3	Verde	Disponibilidad
$9.0 < Dr$	4	Azul	Abundancia

Por lo tanto para cada subcuenca se tiene:

Río Verde

$$Dr_{V1} = \frac{Cp+R}{Uc+R_{V1V3}+Ev} = \frac{17.86+2.57}{15.04 + 4.32 +0.70} = \frac{20.43}{20.06} = 1.02$$

$$Dr_{V2} = \frac{Cp+R+Im}{Uc+R_{V2V3}+Ev+\Delta V} = \frac{50.18+0.25+15.47}{2.81+39.22+13.11+7.44} = \frac{65.90}{62.58} = 1.05$$

$$Dr_{V3} = \frac{Cp+Ar_{V1+V2}+R}{Uc+R_{V3V6}+Ev+Ex+\Delta V} = \frac{60.60+47.23+18.01}{85.25+7.53+7.46+15.47+0.31} = \frac{125.84}{116.02} = 1.08$$

$$Dr_{V4} = \frac{Cp+R}{Uc+R_{V4V5}+Ev+\Delta V} = \frac{50.21+2.02}{24.42+8.88+4.17+0.09} = \frac{52.23}{37.56} = 1.39$$

$$Dr_{V5} = \frac{Cp+ Ar_{V4} +R}{Uc+R_{V5V12}+Ev} = \frac{147.44+23.55+5.54}{58.38+6.11+2.11} = \frac{176.53}{66.60} = 2.65$$

$$Dr_{V6} = \frac{Cp+ Ar_{V3} +R}{Uc+R_{V6V9}+Ev} = \frac{31.67+17.35+1.93}{15.47+4.81+1.84} = \frac{50.95}{22.12} = 2.30$$

$$Dr_{V7} = \frac{Cp+R}{Uc+R_{V7V9}+Ev} = \frac{20.24+0.28}{1.78+2.67+0.02} = \frac{20.52}{4.47} = 4.59$$

$$Dr_{V8} = \frac{Cp+R}{Uc+R_{V8V9}+Ev} = \frac{119.76+4.49}{35.21+12.55+1.23} = \frac{124.25}{48.99} = 2.54$$

$$Dr_{V9} = \frac{Cp+Ar_{V6+V7+V8}+R}{Uc+R_{V9V12}+Ev} = \frac{-35.16+140.17+1.20}{9.89+5.06+0.23} = \frac{106.21}{15.18} = 7.00$$

$$Dr_{V10} = \frac{Cp+ R}{Uc+R_{V10V12}+Ev} = \frac{76.52+0.71}{4.20+3.83+0.20} = \frac{77.23}{8.23} = 9.38$$

$$Dr_{V11} = \frac{Cp+ R}{Uc+R_{V11V12}+Ev} = \frac{60.92+0.69}{4.20+3.83+0.20} = \frac{61.61}{8.23} = 5.56$$

$$\frac{Uc+R_{V11V12}+Ev}{1.97+2.81+6.31} = \frac{11.09}{11.09}$$

$$Dr_{V12} = \frac{Cp+Ar_{V5+V9+V10+V11}+R}{Uc+R_{V12V13}+Ev} = \frac{193.63+338.29+1.79}{11.69+15.97+0.42} = \frac{533.71}{28.08} = 19.00$$

$$Dr_{V13} = \frac{Cp+Ar_{V12}+R}{Uc+Ev} = \frac{202.66+521.60+2.27}{20.94+1.31} = \frac{726.53}{22.25} = 32.65$$

Río Juchipila

$$Dr_{J1} = \frac{Cp+R}{Uc+R_{J1J2}+Ev} = \frac{27.05+0.30}{3.17+15.81+1.15} = \frac{27.35}{20.13} = 1.36$$

$$Dr_{J2} = \frac{Cp+Ar_{J1}+R}{Uc+R_{J2J3}+Ev+\Delta V} = \frac{81.13+23.03+1.94}{39.15+25.07+9.21+(-0.59)} = \frac{106.10}{72.84} = 1.46$$

$$Dr_{J3} = \frac{Cp+Ar_{J2}+R}{Uc+R_{J3J4}+Ev} = \frac{128.31+58.33+5.26}{73.33+4.43+4.73} = \frac{191.90}{82.49} = 2.33$$

$$Dr_{J4} = \frac{Cp+Ar_{J3}+R}{Uc+R_{J4J5}+Ev} = \frac{186.05+113.84+1.50}{11.10+0.02+0.60} = \frac{301.39}{11.72} = 25.72$$

$$Dr_{J5} = \frac{Cp+Ar_{J4}+R}{Uc} = \frac{1.18+289.69}{0.02} = \frac{290.87}{0.02} = 14,543.50$$

De los resultados obtenidos en el balance hidráulico realizado, se obtuvieron las clasificaciones que se muestran en los cuadros No. 5.2 y 5.3 y los planos semáforos No. 1 condiciones actuales y No. 2 condiciones futuras con reserva para usos pecuario y público urbano en los estados de Jalisco y Guanajuato, para las cuencas del río Verde y Juchipila respectivamente y en las tablas No. 1 y 2 se pueden observar los detalles de cálculo.

Río Verde

SUBCUENCA	Dr	RANGO DR	COLOR	DESCRIPCION
V1	1.02	$Dr \leq 1.44$	ROJO	DÉFICIT
V2	1.05	$Dr \leq 1.44$	ROJO	DÉFICIT
V3	1.08	$Dr \leq 1.44$	ROJO	DÉFICIT
V4	1.39	$Dr \leq 1.44$	ROJO	DÉFICIT
V5	2.65	$1.4 < Dr \leq 3.0$	AMARILLO	EQUILIBRIO
V6	2.30	$1.4 < Dr \leq 3.0$	AMARILLO	EQUILIBRIO
V7	4.59	$3.0 < Dr \leq 9.0$	VERDE	DISPONIBILIDAD
V8	2.54	$1.4 < Dr \leq 3.0$	AMARILLO	EQUILIBRIO
V9	7.00	$3.0 < Dr \leq 9.0$	VERDE	DISPONIBILIDAD
V10	9.38	$9.0 < Dr$	AZUL	ABUNDANCIA
V11	5.56	$3.0 < Dr \leq 9.0$	VERDE	DISPONIBILIDAD
V12	19.00	$9.0 < Dr$	AZUL	ABUNDANCIA
V13	32.65	$9.0 < Dr$	AZUL	ABUNDANCIA
Río Verde	6.94	$3.0 < Dr \leq 9.0$	VERDE	DISPONIBILIDAD

Cuadro No. 5.2 Cuadro de clasificación de la cuenca del Río Verde

Río Juchipila

SUBCUENCA	Dr	RANGO DR	COLOR	DESCRIPCION
J1	1.36	$Dr \leq 1.44$	ROJO	DÉFICIT
J2	1.46	$1.4 < Dr \leq 3.0$	AMARILLO	EQUILIBRIO
J3	2.33	$1.4 < Dr \leq 3.0$	AMARILLO	EQUILIBRIO
J4	25.72	$9.0 < Dr$	AZUL	ABUNDANCIA
J5	14543.50	$9.0 < Dr$	AZUL	ABUNDANCIA
Río Juchipila	2914.87	$9.0 < Dr$	AZUL	ABUNDANCIA

Cuadro No. 5.3 Cuadro de clasificación de la cuenca del Río Juchipila

5.2 Cálculo de los caudales de reserva ecológicos

El caudal de reserva ecológico (QRE), es el caudal que debe ser reservado para mantener la ecológica fluvial en condiciones admisibles, aguas abajo de las obras o aprovechamientos hidráulicos que alteren los regímenes originales o naturales de flujo de una corriente.

La construcción de un embalse o presa fluvial constituye una interferencia provocada por el hombre en los cauces de las corrientes superficiales. El bloqueo de la corriente que fluía libremente antes de la construcción del embalse, provoca modificaciones en el ambiente tales como transformaciones fisicoquímicas del agua, ecológicas (afectación de la dinámica de poblaciones animales y vegetales nativas de la zona; alteración del hábitat acuático, que puede provocar el aislamiento geográfico de algunas especies residentes con la consecuente extinción de ciertos grupos de animales o vegetales acuáticos y terrestres adaptados a vivir y explotar estos hábitats), estéticas y socioeconómicas.

El sistema fluvial del Río Verde Y el Río Juchipila es de gran importancia para la zona que comprende a los estados de Zacatecas, Aguascalientes y Jalisco. El escurrimiento medio anual del Río Verde es de 988.741 M m³ con un máximo de 2,384.725 M m³ y un mínimo de 253.699 M m³. Mientras que para el río Juchipila, el escurrimiento medio anual es de 399.909 M m³ con un máximo de 977.237 M m³ y un mínimo de 46.543 M m³.

Existen dos métodos para calcular el caudal de reserva ecológico; el método de Tennant y el criterio de la legislación francesa. El método de Tennant, utiliza los caudales medios mensuales a partir de los medios diarios en un período de 10 años, preferentemente actualizados para calcular el caudal ecológico de cada mes, se calcula el caudal promedio de cada mes y año, y a partir del caudal medio mensual promedio de los 10 años se calcula el caudal de reserva ecológico para el mes correspondiente, de acuerdo al criterio cualitativo adoptado ver cuadro No. 5.4.

REGIMENES DE CAUDALES PARA LA PROTECCION DE LA PESCA Y LA VIDA SILVESTRE, RECREACION Y RECURSOS AMBIENTALES RELACIONADOS.		
Criterio cualitativo para fijar caudales de reserva ecológicos	Caudales recomendados	
	Octubre - marzo	Abril - septiembre
Máximo	200 % de caudal medio	200 % de caudal medio
Rango óptimo	60 al 100 % del caudal medio	60 al 100 % del caudal medio
Excepcional o sobresaliente	40%	60%
Excelente	30%	50%
Bueno	20%	40%
Aceptable o en degradación	10%	30%
Mínimo o pobre	10%	10%
Degradación severa	< 10 %	< 10 %

Cuadro No. 5.4 Criterio para fijar caudales de reserva para cada época del año según Tennant

Para el criterio de la legislación francesa se utilizan los caudales medios anuales de los últimos diez años, con datos actualizados, preferentemente. A partir del caudal medio de los diez años, se calcula el caudal de reserva ecológico como el 10 % del caudal medio interanual.

Para la estimación del caudal de reserva ecológico en m^3/s de los Ríos Verde y Juchipila, se utilizaron los siguientes discernimientos a partir de los criterios de los métodos descritos con anterioridad.

Se seleccionó una estación hidrométrica, tomando como base su cercanía con la presa correspondiente y su ubicación con respecto a la misma y que ya no este funcionando. Esto es, se eligió la estación más cercana a la presa que se encuentre ubicada aguas arriba de la misma, con la finalidad de obtener datos que corresponden a los caudales que circularían por el tramo en estudio si no existiera la presa y a partir de estos datos calcular los caudales de reserva ecológicos. El empleo de los caudales medidos de las estaciones hidrométricas situadas aguas abajo de la presa, una vez que ya estén funcionando, se debería tomar con las reservas del caso ya que son caudales regulados; aunque, ya siendo una influencia permanente en el cauce del río se debería considerar el caudal ecológico que resulte con los datos aportados por la estación hidrométrica aguas abajo.

Posteriormente se seleccionaron los años con datos disponibles de gastos medios de las estaciones hidrométricas dispuestas para el cálculo; con el fin de obtener un número de años lo mayor posible para la estimación del caudal de reserva ecológico. De los datos de gastos medios diarios en m^3/s , se obtuvieron los gastos medios mensuales que fueron con los que se trabajaron.

Por último se procedió a aplicar el criterio que establece que, para el cálculo del caudal de reserva ecológico de todo el año es el 10 % del caudal medio interanual, esto es, debido a que con el promedio anual del caudal ecológico se obtiene el caudal crítico y con ello se garantiza el mínimo en época de estiaje, ya que se observa que generalmente el caudal de reserva mínimo al 10% se obtiene en época de estiaje y el caudal de reserva máximo al 10% se obtiene en época de lluvias donde el caudal ecológico se garantiza por si misma.

5.2.1 Caudal de reserva ecológico del Río Verde

Para el Río Verde se estimo el caudal de reserva ecológico de las estaciones hidrométricas más representativas como la Cuña, Lagunillas, Valle de Guadalupe, Cuarenta, el Niagara y Presa calles.

La estación hidrométrica la Cuña, se encuentra sobre el cauce del río Verde, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la estación debe dejar pasar al Río Verde, para que el caudal ecológico hacia el Río Santiago este garantizado. Parte del procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.5 de 1979 a 1994.

ESTACION HIDROMETRICA: LA CUNA, RIO VERDE												
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /s DE 1947 A 1979 Y DE 1986 A 1994												
MES \ AÑO	1979	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)
ENERO	2.19	1.76	2.36	5.41	1.55	1.64	1.84	118.22	2.84	2.59	5.41	0.54
FEBRERO	1.97	1.51	1.81	2.55	1.40	1.44	1.80	31.53	2.40	2.10	2.55	0.26
MARZO	1.65	1.13	1.67	1.64	1.41	1.21	1.44	4.44	1.54	1.48	1.64	0.16
ABRIL	1.10	0.64	0.89	0.44	0.73	0.56	0.87	2.06	1.16	0.86	1.12	0.11
MAYO	0.67	0.55	0.71	0.22	0.39	0.44	0.52	1.52	0.80	0.62	1.08	0.11
JUNIO	1.28	53.78	2.02	1.61	2.35	6.75	0.92	7.55	4.73	15.47	15.29	1.53
JULIO	6.47	124.48	31.30	94.14	10.44	29.22	488.39	18.37	64.43	8.72	71.92	7.19
AGOSTO	36.39	22.87	34.06	135.24	34.66	157.97	57.40	47.68	9.58	14.91	73.85	7.39
SEPTIEMBRE	23.17	45.78	13.33	27.18	25.30	59.27	70.43	27.12	24.60	33.03	55.25	5.52
OCTUBRE	1.98	37.42	4.13	4.32	2.52	25.41	12.67	82.17	4.57	6.41	21.42	2.14
NOVIEMBRE	1.75	3.96	1.38	1.57	1.37	6.96	3.70	8.45	2.56	2.34	5.91	0.59
DICIEMBRE	2.29	2.23	1.80	1.39	2.35	1.91	3.21	4.09	2.35	2.21	2.77	0.28
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	6.74	24.68	7.95	22.98	7.04	24.40	53.60	29.43	10.13	7.56	21.52	
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.67	2.47	0.80	2.30	0.70	2.44	5.36	2.94	1.01	0.76	2.15	

Cuadro No. 5.5 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico de la Cuña en m³/s

La estación hidrométrica Lagunillas se encuentra sobre el cauce del río Tepatitlán, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la estación debe dejar pasar al río, para que el caudal ecológico hacia el Río Verde este garantizado. El procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.6 de 1963 a 1972.

ESTACION HIDROMETRICA: LAGUNILLAS												
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /S DE 1962 A 1972												
MES \ AÑO	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)
ENERO	0.04	0.28	0.00	0.04	0.28	0.12	0.07	0.02	0.06	0.11	0.10	0.01
FEBRERO	0.02	0.07	0.00	0.05	0.11	0.10	0.02	0.02	0.04	0.05	0.05	0.00
MARZO	0.01	0.02	0.00	0.03	0.06	0.10	0.03	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00
ABRIL	0.00	0.01	0.01	0.04	0.05	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00
MAYO	0.00	0.01	0.00	0.07	0.09	0.02		0.01	0.00	0.00	0.02	0.00
JUNIO		0.34	0.29	0.06	0.66	0.15		0.38	0.03		0.27	0.03
JULIO	6.24	0.41	2.03	0.56	4.42	7.70	0.45	2.44	5.46		3.30	0.33
AGOSTO	9.90	1.18	17.12	3.41	7.30	7.41	0.48	3.73	3.90		6.05	0.60
SEPTIEMBRE	6.06	2.27	8.57	2.71	16.61	6.93	0.86	7.30	5.24		6.28	0.63
OCTUBRE	1.62	0.89	2.57	1.65	4.38	0.83	0.44	2.20	3.14		1.97	0.20
NOVIEMBRE	0.18	0.15	0.35	0.26	1.26	0.13	0.09	0.35	0.41		0.35	0.04
DICIEMBRE	0.20	0.05	0.14	0.07	0.25	0.09	0.04	0.08	0.19		0.12	0.01
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	2.21	0.47	2.59	0.74	2.96	1.97	0.25	1.38	1.54	0.03	1.41	
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.22	0.05	0.26	0.07	0.30	0.20	0.03	0.14	0.15	0.00	0.14	

Cuadro No. 5.6 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico de Lagunillas en m³/s

La estación hidrométrica Valle de Guadalupe se encuentra sobre el cauce del río El salto, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la presa el salto debe dejar pasar al río, para que el caudal ecológico hacia el Río Verde este garantizado. Parte del procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.7 de 1973 a 1994.

ESTACIÓN HIDROMÉTRICA: VALLE DE GUADALUPE														
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /s DE 1941 A 1979, 1981, DE 1986 A 1988 Y 1994														
MES \ AÑO	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1981	1986	1987	1988	1994	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)
ENERO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00
FEBRERO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MARZO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ABRIL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MAYO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
JUNIO	0.00	0.00	0.50	0.00	1.26	0.00	0.00	0.60	3.91	0.00	0.00	1.03	1.03	0.10
JULIO	8.39	2.16	11.49	33.41	6.45	1.35	0.00	9.68	15.11	1.91	6.06	6.06	6.06	0.61
AGOSTO	36.27	3.86	16.29	6.79	3.86	4.92	8.32	3.31	3.78	3.59	6.82	6.82	6.82	0.68
SEPTIEMBRE	7.26	0.76	4.29	4.60	13.13	14.97	3.34	2.06	6.09	1.86	5.32	5.32	5.32	0.53
OCTUBRE	1.55	0.00	0.00	5.90	0.34	11.47	0.00	0.00	2.39	0.26	1.56	0.23	1.56	0.16
NOVIEMBRE	0.26	0.00	0.00	0.07	0.00	0.08	0.00	0.00	0.07	0.00	0.22	0.11	0.22	0.02
DICIEMBRE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.03	0.02	0.00
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	4.48	0.57	2.71	4.23	2.09	2.73	0.97	1.30	2.61	0.64	1.67	1.64	1.76	
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.45	0.06	0.27	0.42	0.21	0.27	0.10	0.13	0.26	0.06	0.17	0.16	0.18	

Cuadro No. 5.7 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico de Valle de Guadalupe en m³/s

La estación hidrométrica Cuarenta se encuentra sobre el cauce del río Lagos, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la presa El cuarenta debe dejar pasar al río, para que el caudal ecológico hacia el Río Verde este garantizado. Parte del procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.8 de 1957 a 1965.

ESTACION HIDROMÉTRICA: CUARENTA											
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /s DE 1941 A 1965											
MES \ AÑO	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)
ENERO	0.03	0.01	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.06	0.01
FEBRERO	0.03	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.01
MARZO	0.03	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
ABRIL	0.02	0.04	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
MAYO	0.03	0.01	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.01
JUNIO	0.04	0.01	0.83	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	2.01	0.20
JULIO	0.02	0.01	2.63	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85	0.09
AGOSTO	0.03	0.02	2.71	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	5.54	1.47	0.15
SEPTIEMBRE	0.01	12.74	0.53	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	9.19	2.49	0.25
OCTUBRE	0.00	4.74	3.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	1.11	1.11	0.11
NOVIEMBRE	0.01	12.73	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.74	0.74	0.07
DICIEMBRE	0.02	0.27	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.05	0.05	0.00
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	0.02	2.55	0.92	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	1.39	0.75	
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.00	0.26	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.08	

Cuadro No. 5.8 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico del Cuarenta en m³/s

Las estaciones hidrométricas el Niagara I, el Niagara II y el Niagara III se encuentran sobre el cauce del río Verde, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la presa el Niagara debe dejar pasar al río, para que el caudal ecológico hacia el Río Verde este garantizado. Parte del procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.9 de 1970 a 1990.

ESTACION HIDROMÉTRICA: EL NIAGARA I, EL NIAGARA II, EL NIAGARA III												
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /s DE 1955 A 1976, DE 1987 A 1988 Y 1990												
MES \ AÑO	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1987	1988	1990	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)
ENERO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.16	0.00	0.06	0.01
FEBRERO	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.17	0.00	0.05	0.01
MARZO	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.17	0.00	0.04	0.00
ABRIL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.03	0.00
MAYO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.17	0.00	0.03	0.00
JUNIO	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.17	0.00	0.23	0.02
JULIO	0.76	2.27	0.00	11.33	0.00	0.16		0.87	0.17	2.04	1.22	0.12
AGOSTO	2.31	20.50	0.00	21.43	0.00	8.85		0.37	9.53	11.19	4.18	0.42
SEPTIEMBRE	8.37	8.67	0.00	2.07	0.00	0.50		0.00	1.74	3.93	3.91	0.39
OCTUBRE	5.71	3.27	0.00	0.65	0.00	0.00		0.00	0.23	2.33	1.56	0.16
NOVIEMBRE	0.06	0.02	0.00	0.12	0.00	0.00		0.00	0.15	0.00	0.53	0.05
DICIEMBRE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.15	0.00	0.07	0.01
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	1.44	2.89	0.00	2.97	0.00	0.79	0.00	0.12	1.08	1.62	0.93	
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.14	0.29	0.00	0.30	0.00	0.08	0.00	0.01	0.11	0.16	0.09	

Cuadro No. 5.9 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico del Niagara en m³/s

La estación hidrométrica Presa calles se encuentra sobre el cauce del río Blanco, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la presa Calles debe dejar pasar al río, para que el caudal ecológico hacia el Río Verde este garantizado. Parte del procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.10 de 1976 a 1985.

ESTACIÓN HIDROMÉTRICA: PRESA CALLES												
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /s DE 1942 A 1985												
MES \ AÑO	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)
ENERO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
FEBRERO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01
MARZO	5.20	3.04	1.34	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	0.12
ABRIL	4.14	4.19	5.99	8.82	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	2.91	2.42	0.24
MAYO	4.41	7.48	6.16	1.94	8.02	0.00	0.00	0.00	5.16	4.86	3.33	0.33
JUNIO	8.47	3.62	8.12	8.68	1.10	0.00	0.00	0.00	1.42	0.82	2.18	0.22
JULIO	1.14	7.65	8.15	3.87	5.39	0.00	0.00	0.00	0.00	3.91	2.27	0.23
AGOSTO	3.83	4.77	0.00	2.58	3.15	0.00	0.00	0.00	0.00	4.16	1.60	0.16
SEPTIEMBRE	0.00	0.11	0.00	2.95	3.54	0.00	0.00	0.00	0.00	5.28	0.47	0.05
OCTUBRE	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NOVIEMBRE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
DICIEMBRE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.01
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	2.27	2.57	2.48	2.41	1.79	0.00	0.00	0.00	0.55	1.83	1.13	
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.23	0.26	0.25	0.24	0.18	0.00	0.00	0.00	0.05	0.18	0.11	

Cuadro No. 5.10 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico de Presa calles en m³/s

El cuadro No. 5.11 es el resumen de los resultados obtenidos de las estaciones hidrométricas de la cuenca del Río Verde. Del resultado de La cuña del río Verde hacia el Río Santiago se tiene que deben ser 2.15 m³/s de caudal de reserva ecológico.

CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO EN m ³ /s PARA LA CUENCA DEL RÍO VERDE						
ESTACIÓN	LA CUÑA	LAGUNILLAS	VALLE DE GUADALUPE	CUARENTA	EL NIAGARA	PRESA CALLES
MES	CAUDAL MEDIO MENSUAL HISTÓRICO EN m ³ /s					
ENERO	5.41	0.10	0.02	0.06	0.06	0.04
FEBRERO	2.55	0.05	0.00	0.05	0.05	0.05
MARZO	1.64	0.03	0.00	0.03	0.04	1.17
ABRIL	1.12	0.02	0.00	0.05	0.03	2.42
MAYO	1.08	0.02	0.00	0.11	0.03	3.33
JUNIO	15.29	0.27	1.03	2.01	0.23	2.18
JULIO	71.92	3.30	6.06	0.85	1.22	2.27
AGOSTO	73.85	5.55	6.82	1.47	4.18	1.60
SEPTIEMBRE	55.25	6.02	5.32	2.49	3.91	0.47
OCTUBRE	21.42	2.03	1.56	1.11	1.56	0.00
NOVIEMBRE	5.91	0.34	0.22	0.74	0.53	0.02
DICIEMBRE	2.77	0.12	0.02	0.05	0.07	0.07
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	21.52	1.42	1.76	0.75	0.93	1.13
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	2.15	0.14	0.18	0.08	0.09	0.11

Cuadro No. 5.11 Resumen del caudal de reserva ecológico en m³/s de la cuenca del Río Verde.

5.2.2 Caudal de reserva ecológico del Río Juchipila

Para el Río Juchipila se estimó el caudal de reserva ecológico de las estaciones hidrométricas más significativas como la Boquilla, Achoquen, el Tecomate, Media luna, Agua blanca y Palomas.

La estación hidrométrica la Boquilla, se encuentra sobre el cauce del río Juchipila, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la estación debe dejar pasar al Río Juchipila, para que el caudal ecológico hacia el Río Santiago este garantizado. Parte del procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro 5.12 de 1969 a 1994.

ESTACION HIDROMETRICA: LA BOQUILLA, RIO JUCHIPILA														
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /s DE 1948 A 1971 Y DE 1986 A 1994														
MES \ AÑO	1969	1970	1971	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)
ENERO	2.22	0.98	1.41	1.28	1.85	1.06	1.24	11.13	0.96	75.57	5.81	1.26	4.09	0.41
FEBRERO	2.23	0.91	1.69	1.36	1.34	0.88	1.07	4.06	0.85	19.80	6.13	1.09	1.94	0.19
MARZO	1.95	0.77	1.50	1.20	1.21	0.82	1.60	2.23	0.72	4.81	6.45	1.07	1.49	0.15
ABRIL	1.42	0.49	1.57	1.11	0.70	0.61	1.02	0.37	0.51	4.14	5.61	0.88	1.26	0.13
MAYO	1.43	0.48	1.41	1.21	0.98	0.52	0.86	0.43	0.44	4.53	5.43	0.81	1.41	0.14
JUNIO	2.86	11.03	13.54	21.77	2.23	5.56	7.09	4.73	1.83	4.07	8.25	8.31	6.64	0.66
JULIO	16.90	24.47	30.80	63.71	18.86	42.58	58.73	16.56	235.45	58.73	29.85	4.10	36.86	3.69
AGOSTO	9.73	19.70	100.18	17.10	28.44	75.70	41.84	122.55	35.14	41.84	4.91	9.06	37.58	3.76
SEPTIEMBRE	20.63	47.86	61.31	28.35	15.32	12.37	23.06	69.32	25.32	6.87	15.64	11.28	31.12	3.11
OCTUBRE	5.06	26.61	31.68	15.42	8.08	3.82	8.08	9.18	4.50	14.40	6.57	2.70	10.71	1.07
NOVIEMBRE	1.31	2.74	4.36	2.54	1.70	1.76	2.73	2.95	1.94	5.12	5.25	0.58	3.91	0.39
DICIEMBRE	1.07	1.69	3.30	1.87	1.23	1.33	2.14	1.52	1.98	2.50	6.15	0.50	2.04	0.20
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	5.57	11.48	21.06	13.08	6.83	12.25	12.46	20.42	25.80	20.20	8.84	3.47	11.96	
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.56	1.15	2.11	1.31	0.68	1.23	1.25	2.04	2.58	2.02	0.88	0.35	1.20	

Cuadro No. 5.12 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico de la Boquilla en m³/s.

La estación hidrométrica Achoquen se encuentra sobre el cauce del arrollo San nicolas, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la presa Achoquen debe dejar pasar al río, para que el caudal ecológico hacia el Río Juchipila este garantizado. Parte del procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.13 de 1964 a 1973.

ESTACION HIDROMETRICA: ACHOQUEN													
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /S DE 1950 A 1973													
MES \ AÑO	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)	
ENERO	0.00	0.06	0.00	0.00	1.03	0.08	0.00	0.00	0.03	0.03	0.10	0.01	
FEBRERO	0.14	0.26	0.07	0.00	1.01	0.47	0.00	0.70	1.81	0.20	0.28	0.03	
MARZO	0.32	0.27	0.21	0.27	0.28	0.40	0.00	0.65	1.87	0.21	0.36	0.04	
ABRIL	0.39	0.30	0.20	0.44	0.00	0.30	0.00	0.42	1.67	0.24	0.37	0.04	
MAYO	0.39	0.28	0.18	0.44	0.07	0.53	0.00	0.39	0.88	0.35	0.30	0.03	
JUNIO	0.20	0.18	0.16	0.15	0.01	0.17	0.00	0.00	0.34	0.32	0.12	0.01	
JULIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.24	0.00	0.93	0.06	0.01	
AGOSTO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.29	0.00	0.00	0.03	0.00	
SEPTIEMBRE	0.00	0.00	0.00		0.00	0.03	0.00	0.24	0.00	0.00	0.02	0.00	
OCTUBRE	0.00	0.00	0.00		0.00	0.03	0.00	0.21	0.00	0.00	0.03	0.00	
NOVIEMBRE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.21	0.00	0.00	0.05	0.01	
DICIEMBRE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.03	0.06	0.01	
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	0.12	0.11	0.07	0.13	0.20	0.17	0.00	0.30	0.55	0.19	0.15		
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.03	0.05	0.02	0.02		

Cuadro No. 5.13 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico de Achoquen en m³/s.

La estación hidrométrica el Tecomate se encuentra sobre el cauce del Río Juchipila, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la estación debe dejar pasar al río Juchipila, para que el caudal ecológico hacia el Río Santiago este garantizado. Parte del procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.14 de 1981 a 1994.

ESTACION HIDROMETRICA: EL TECOMATE												
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /s DE 1948 A 1979, 1981 Y DE 1986 A 1994												
MES \ AÑO	1981	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)
ENERO	0.18	1.52	1.52	1.52	0.43	0.04	0.20	46.48	0.28	0.11	1.52	0.15
FEBRERO	0.25	0.25	0.25	0.25	0.35	0.25	0.23	0.25	0.23	0.11	0.25	0.02
MARZO	0.27	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.20	0.37	0.37	0.12	0.37	0.04
ABRIL	0.52	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.20	0.41	0.41	0.00	0.41	0.04
MAYO	0.55	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.13	0.51	0.51	0.00	0.51	0.05
JUNIO	2.02	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	0.81	2.53	2.53	1.62	2.53	0.25
JULIO	3.47	55.97	18.60	13.86	18.60	18.60	224.80	18.60	13.77	1.96	18.60	1.86
AGOSTO	5.73	3.32	24.03	77.58	6.38	96.30	21.47	24.03	1.24	24.03	24.03	2.40
SEPTIEMBRE	6.54	7.62	7.94	11.41	3.14	47.98	15.89	0.90	5.62	16.43	16.43	1.64
OCTUBRE	0.48	12.00	2.43	0.99	0.24	5.69	1.68	3.61	0.38	6.39	6.39	0.64
NOVIEMBRE	0.20	0.73	0.57	0.57	0.24	1.09	0.53	0.61	1.93	1.93	1.93	0.19
DICIEMBRE	0.13	0.79	0.79	0.51	0.10	0.39	0.51	0.31	0.79	0.79	0.79	0.08
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	1.70	7.17	5.00	9.21	2.78	14.51	22.22	8.22	2.34	4.46	6.15	
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.17	0.72	0.50	0.92	0.28	1.45	2.22	0.82	0.23	0.45	0.61	

Cuadro No. 5.14 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico del Tecomate en m³/s.

La estación hidrométrica Media luna se encuentra sobre el cauce del río Calvillo, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la presa Media luna debe dejar pasar al río, para que el caudal ecológico hacia el Río Juchipila este garantizado. El procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.15 de 1970 a 1988.

ESTACION HIDROMÉTRICA: MEDIA LUNA															
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /S DE 1970 A 1979 Y DE 1986 A 1988															
MES \ AÑO	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1986	1987	1988	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)
ENERO		0.01	0.06	0.08	0.04	0.05	0.00	0.30	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
FEBRERO		0.01	0.03	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.04	0.08	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
MARZO		0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.11	0.04	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
ABRIL		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.19	0.10	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
MAYO		0.14	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.19	0.07	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
JUNIO		1.84	0.57	0.00	0.00	0.18	0.00	0.47	0.21	0.16	0.59	0.03	0.02	0.34	0.03
JULIO		2.21	0.27	3.35	0.49	1.72	8.77	0.57	0.14	0.22	10.69	0.04	1.71	2.52	0.25
AGOSTO	1.64	27.87	0.68	27.34	0.41	7.41	1.93	1.15	0.07	1.53	0.72	1.23	13.73	6.59	0.66
SEPTIEMBRE	8.84	11.67	0.53	2.18	1.43	1.59	1.63	8.42	1.46	0.13	4.10	1.00	0.94	3.38	0.34
OCTUBRE	4.76	4.32	0.12	0.70	0.59	0.01	6.52	0.21	3.95	0.03	7.10	0.47	0.03	2.22	0.22
NOVIEMBRE	0.09	0.19	0.06	0.22	0.02	0.00	2.38	0.00	0.02	0.05	0.16	0.00	0.01	0.25	0.02
DICIEMBRE	0.04	0.11	0.03	0.08	0.05	0.00	0.84	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.09	0.01
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	3.07	4.03	0.20	2.83	0.25	0.92	1.84	0.96	0.53	0.20	1.95	0.23	1.37	1.41	
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.31	0.40	0.02	0.28	0.03	0.09	0.18	0.10	0.05	0.02	0.19	0.02	0.14	0.14	

Cuadro No. 5.15 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico de Media luna en m³/s.

La estación hidrométrica Agua blanca se encuentra sobre el cauce del Río Juchipila, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la presa El chique debe dejar pasar al río Juchipila, para que el caudal ecológico hacia el Río Santiago este garantizado. Parte del procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.16 de 1987 a 1994.

ESTACION HIDROMÉTRICA: AGUA BLANCA											
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /s DE 1961 A 1994											
MES \ AÑO	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)	
ENERO	0.75	0.95	1.05	0.40	0.52	33.56	0.66	0.67	1.58	0.16	
FEBRERO	0.79	1.23	1.26	0.75	0.75	13.89	0.81	0.59	1.22	0.12	
MARZO	1.18	1.54	1.62	0.98	1.11	2.47	1.13	0.92	1.41	0.14	
ABRIL	1.52	1.59	1.95	0.81	1.57	2.63	1.04	0.68	1.58	0.16	
MAYO	1.60	1.93	2.13	1.56	1.55	5.19	1.28	1.02	1.89	0.19	
JUNIO	1.78	1.45	1.99	0.88	3.34	3.41	1.21	0.22	1.47	0.15	
JULIO	0.86	0.50	1.14	0.29	108.21	1.31	0.34	0.27	5.50	0.55	
AGOSTO	0.82	30.80	0.40	54.13	19.17	0.95	1.20	0.13	9.17	0.92	
SEPTIEMBRE	1.50	10.27	0.81	19.69	15.07	1.23	0.40	0.33	7.57	0.76	
OCTUBRE	0.94	0.86	1.35	5.30	0.86	0.47	0.46	0.25	3.56	0.36	
NOVIEMBRE	0.77	0.63	0.21	0.35	0.50	0.43	0.32	0.21	0.57	0.06	
DICIEMBRE	0.83	0.82	0.44	0.41	0.46	0.54	0.50	0.27	0.63	0.06	
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	1.11	4.38	1.20	7.13	12.76	5.51	0.78	0.46	3.01		
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.11	0.44	0.12	0.71	1.28	0.55	0.08	0.05	0.30		

Cuadro No. 5.16 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico de Agua blanca en m³/s.

La estación hidrométrica Palomas se encuentra sobre el cauce del río Palomas, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la presa Palomas debe dejar pasar al río, para que el caudal ecológico hacia el Río Juchipila este garantizado. Parte del procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.17 de 1982 a 1994.

ESTACION HIDROMETRICA: PALOMAS														
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /s DE 1966 A 1991 Y DE 1993 A 1994														
MES \ AÑO	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1993	1994	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)
ENERO	0.01	0.06	0.01	0.01	0.21	0.13	1.94	0.24	0.31	2.87	1.02	2.62	0.38	0.04
FEBRERO	0.08	0.20	0.00	0.09	0.22	0.24	2.36	0.42	0.12	2.59	0.01	2.32	0.34	0.03
MARZO	0.25	0.36	0.10	0.18	0.30	0.18	2.43	0.89	0.47	2.01	0.04	1.62	0.44	0.04
ABRIL	0.45	0.66	0.34	0.45	0.67	0.52	0.58	1.57	0.60	0.93	0.35	0.36	0.40	0.04
MAYO	0.61	0.48	0.56	0.58	0.54	0.41	0.63	0.71	0.69	0.63	0.61	0.43	0.42	0.04
JUNIO	0.72	0.28	0.23	3.03	1.30	0.50	0.37	4.59	0.50	0.57	0.43	0.80	0.72	0.07
JULIO	0.04	1.14	4.50	0.00	5.33	0.64	2.91	0.32	4.27	14.87	1.49	1.01	2.31	0.23
AGOSTO	0.28	2.60	1.12	1.94	0.69	0.66	9.01	0.12	12.77	1.35	1.05	0.57	2.09	0.21
SEPTIEMBRE	0.20	1.32	0.23	0.75	0.93	2.12	1.22	0.68	5.04	1.62	2.25	1.47	1.85	0.19
OCTUBRE	0.31	0.42	0.39	0.79	0.26	0.43	0.11	0.09	1.32	0.27	0.02	0.29	0.71	0.07
NOVIEMBRE	0.01	0.03	0.02	0.07	0.06	0.02	0.01	0.01	0.87	0.03	0.04	0.27	0.14	0.01
DICIEMBRE	0.06	0.01	0.00	0.02	0.03	0.01	0.01	0.47	2.54	1.57	0.08	0.00	0.22	0.02
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	0.25	0.63	0.62	0.66	0.88	0.49	1.80	0.84	2.46	2.44	0.62	0.98	0.84	
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.03	0.06	0.06	0.07	0.09	0.05	0.18	0.08	0.25	0.24	0.06	0.10	0.08	

Cuadro No. 5.17 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico de Palomas en m³/s.

El cuadro No. 5.18 es el resumen de los resultados obtenidos de las estaciones hidrométricas de la cuenca del Río Juchipila. Del resultado de La boquilla del río Juchipila hacia el Río Santiago se tiene que deben ser 1.20 m³/s de caudal de reserva ecológico.

CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO EN m³/s PARA LA CUENCA DEL RÍO JUCHIPILA						
ESTACIÓN	LA BOQUILLA	ACHOQUEN	EL TECOMATE	MEDIA LUNA	AGUA BLANCA	PALOMAS
MES	CAUDAL MEDIO MENSUAL HISTÓRICO EN m³/s					
ENERO	4.09	0.10	1.52	0.05	1.58	0.38
FEBRERO	1.94	0.28	0.25	0.02	1.22	0.34
MARZO	1.49	0.36	0.37	0.03	1.41	0.44
ABRIL	1.26	0.37	0.41	0.03	1.58	0.40
MAYO	1.41	0.30	0.51	0.05	1.89	0.42
JUNIO	6.64	0.12	2.53	0.34	1.47	0.72
JULIO	36.86	0.06	18.60	2.52	5.50	2.31
AGOSTO	37.58	0.03	24.03	6.59	9.17	2.09
SEPTIEMBRE	31.12	0.02	16.43	3.38	7.57	1.85
OCTUBRE	10.71	0.03	6.39	2.22	3.56	0.71
NOVIEMBRE	3.91	0.05	1.93	0.25	0.57	0.14
DICIEMBRE	2.04	0.06	0.79	0.09	0.63	0.22
CAUDAL PROMEDIO m³/s	11.96	0.15	6.15	1.41	3.01	0.84
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m³/s	1.20	0.02	0.61	0.14	0.30	0.08

Cuadro No. 5.18 Resumen del caudal de reserva ecológico en m³/s de la cuenca del Río Juchipila.