



Universidad Autónoma de Zacatecas
Unidad Académica de Ingeniería Civil

“Alternativas de solución al problema de abasto de agua potable en
el corredor de Fresnillo – Zacatecas”

Foro de análisis del Sistema Milpillas
Museo Manuel Felguérez

Maestría en Ingeniería Aplicada con Orientación en
Recursos Hidráulicos

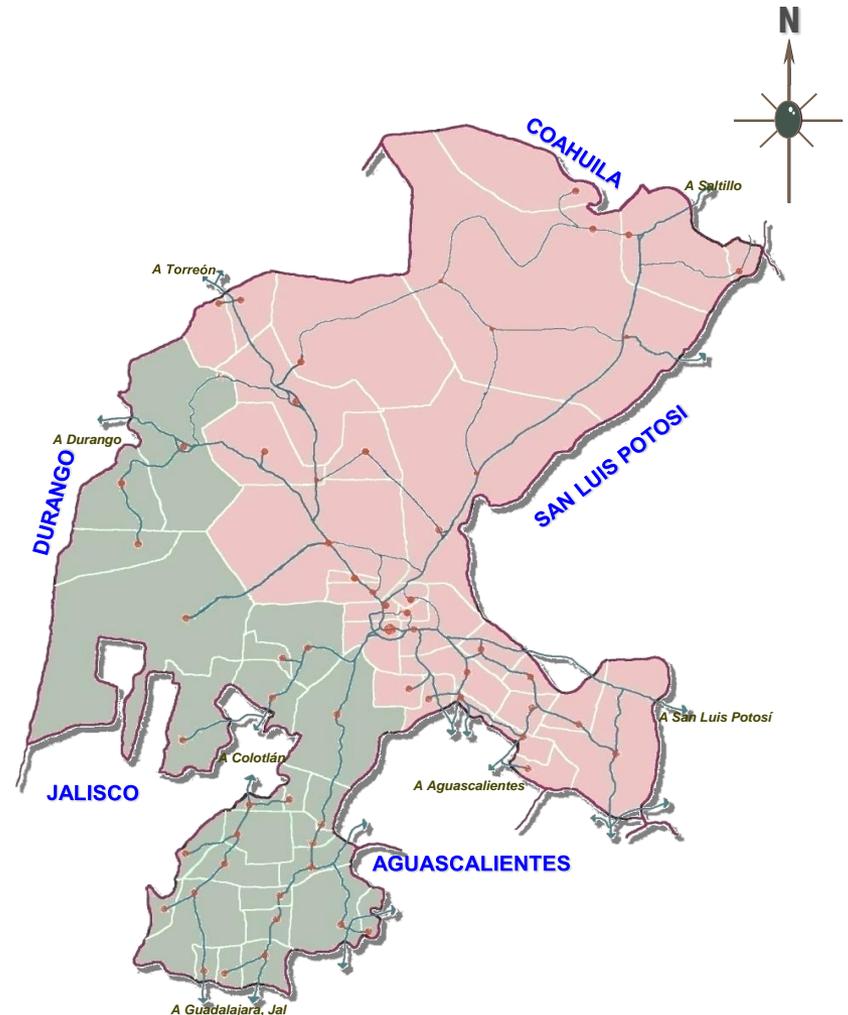
Dr. Ángel Alfonso Villalobos de Alba
Docente-Investigador

- El área urbana del corredor Zacatecas-Fresnillo, es la región con mayor crecimiento poblacional en el estado de Zacatecas.
- El abastecimiento de agua potable a este corredor está a cargo de cuatro organismos operadores, los cuales enfrentan problemas de abastecimiento debido a la creciente demanda y la sobreexplotación de los acuíferos de la zona.
- Las aguas subterráneas son actualmente la única fuente de abastecimiento urbano para dicho corredor.
- Esta situación requiere de acciones que permitan resolver y garantizar el suministro de agua actual y futuro para habitantes de la región, la cual se caracteriza por unos recursos hídricos escasos y vulnerables.

Diagnóstico de la problemática

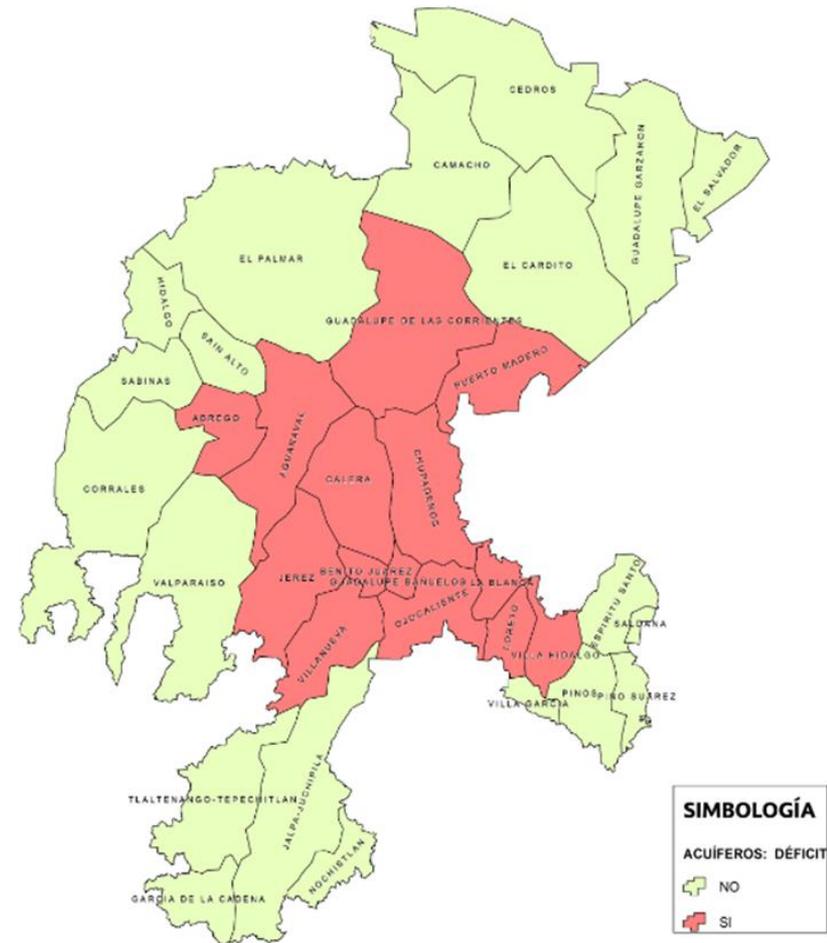
Superficie	No. Mpios.	(Km ²)	%
Zona Arida	31	49,248	65.6
Resto	27	25,792	34.4
Estatad	58	75,040	100.0

En el estado de Zacatecas, la mayor parte del territorio es semidesértico con limitaciones de precipitación anual.

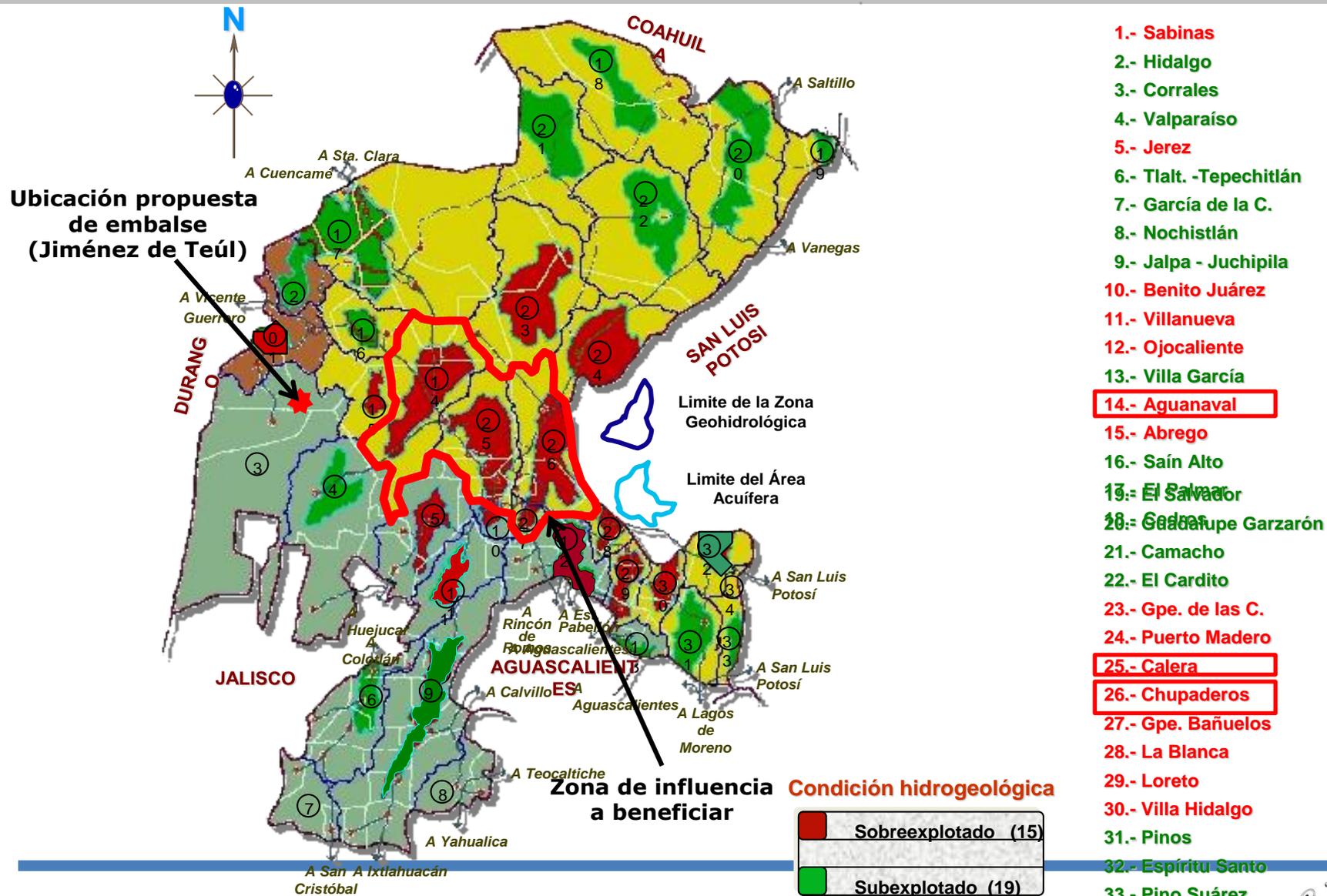


Diagnóstico de la problemática

Históricamente el déficit de agua se ha tratado de remediar haciendo un uso más intensivo de las aguas subterráneas, para lo cual se han perforado múltiples pozos, en los acuíferos, Aguanaval, Chupaderos, Calera, Benito Juárez y Guadalupe-Bañuelos, provocando en éstos, severos abatimientos de los niveles freáticos, **el déficit actual de aguas subterráneas en el estado es de 435 millones de metros cúbicos.**



Diagnóstico de la problemática



- 1.- Sabinas
- 2.- Hidalgo
- 3.- Corrales
- 4.- Valparaíso
- 5.- Jerez
- 6.- Tlalt. -Tepechitlán
- 7.- García de la C.
- 8.- Nochistlán
- 9.- Jalpa - Juchipila
- 10.- Benito Juárez
- 11.- Villanueva
- 12.- Ojocaliente
- 13.- Villa García
- 14.- **Aguanaval**
- 15.- Abrego
- 16.- Saín Alto
- 17.- El Salvador
- 18.- ~~San Felipe Garzarón~~
- 21.- Camacho
- 22.- El Cardito
- 23.- Gpe. de las C.
- 24.- Puerto Madero
- 25.- **Calera**
- 26.- **Chupaderos**
- 27.- Gpe. Bañuelos
- 28.- La Blanca
- 29.- Loreto
- 30.- Villa Hidalgo
- 31.- Pinos
- 32.- Espíritu Santo
- 33.- Pino Suárez
- 34.- Saldaña



Diagnóstico de la problemática

REGION HIDROLOGICA ADMINISTRATIVA	ACUIFERO	VOLUMEN (Mm³/año)			CONDICION GEOHIDROLOGICA
		RECARGA	CONCESIONADO	DISPONIBLE	
PACIFICO NORTE	SABINAS	7.60	8.29	-2.29	SOBREEXPLOTADO
	HIDALGO	7.40	1.88	5.52	SUBEXPLOTADO
CUENCAS CENTRALES DEL NORTE	BENITO JUAREZ	20.10	21.22	-1.12	SOBREEXPLOTADO
	AGUANAVAL	85.70	167.01	-90.78	SOBREEXPLOTADO
	ABREGO	20.00	19.25	-2.45	SOBREEXPLOTADO
	SAIN ALTO	17.20	11.47	1.83	SUBEXPLOTADO
	EL PALMAR	69.10	56.19	2.81	SUBEXPLOTADO
	CEDROS	54.50	25.76	21.14	SUBEXPLOTADO
	EL SALVADOR	6.50	0.47	4.33	SUBEXPLOTADO
	GUADALUPE GARZARON	14.90	7.75	5.55	SUBEXPLOTADO
	CAMACHO	3.80	0.52	3.28	SUBEXPLOTADO
	EL CARDITO	9.60	6.81	0.69	SUBEXPLOTADO
	GPE. DE LAS CORRIENTES	13.00	44.96	-31.96	SOBREEXPLOTADO
	PUERTO MADERO	8.90	23.49	-14.59	SOBREEXPLOTADO
	CALERA	83.90	161.64	-79.00	SOBREEXPLOTADO
	CHUPADEROS	72.80	186.31	-113.51	SOBREEXPLOTADO
	GUADALUPE-BANUELOS	10.70	12.69	-1.99	SOBREEXPLOTADO
	LA BLANCA	20.50	29.08	-8.58	SOBREEXPLOTADO
	LORETO	52.50	82.10	-29.60	SOBREEXPLOTADO
	VILLA HIDALGO	31.90	52.24	-22.44	SOBREEXPLOTADO
PINOS	18.00	11.83	6.17	SUBEXPLOTADO	
ESPIRITU SANTO	9.00	7.86	1.14	SUBEXPLOTADO	
PINO SUAREZ	23.50	0.31	13.79	SUBEXPLOTADO	
SALDAÑA	1.10	0.10	1.00	SUBEXPLOTADO	
LERMA PACIFICO SANTIAGO	CORRALES	28.10	0.83	22.27	SUBEXPLOTADO
	VALPARAISO	26.00	15.25	9.35	SUBEXPLOTADO
	JEREZ	33.40	54.22	-21.14	SOBREEXPLOTADO
	TLALTENANGO-TEPECHITLAN	38.60	6.20	18.90	SUBEXPLOTADO
	GARCIA DE LA CADENA	42.00	1.23	16.07	SUBEXPLOTADO
	NOCHISTLAN	23.20	5.14	9.26	SUBEXPLOTADO
	JALPA-JUCHIPILA	72.90	51.82	11.18	SUBEXPLOTADO
	VILLANUEVA	14.20	19.08	-6.78	SOBREEXPLOTADO
	OJOCALIENTE	56.60	66.75	-11.45	SOBREEXPLOTADO
	VILLA GARCIA	15.50	5.86	7.44	SUBEXPLOTADO
TOTAL:		1,012.70	1,165.59	-275.94	

OBSERVACIONES: VOLUMEN DE RECARGA: Datos publicados en el DOF
 VOLUMEN CONCESIONADO: Información de la Subdirección de Administración del Agua al 08 de octubre de 2012. El valor negativo en la disponibilidad, indica la existencia de un déficit.
 VOLUMEN DISPONIBLE: Volumen obtenido de acuerdo a la NOM-011-CNA-2000.
 CONDICION GEOHIDROLOGICA: Función del Resultado de Disponibilidad
 El valor negativo en la disponibilidad, indica la existencia de un déficit.



Diagnóstico de la problemática

Sin el reforzamiento de las fuentes de abastecimiento de AP actuales, la extracción futura puede provocar:

- ❖ Perforación a mayor profundidad.
- ❖ Mayores costos de explotación.
- ❖ Acelerado abatimiento de los niveles estáticos en los acuíferos sobreexplotados.
- ❖ Deterioro de la calidad del agua.
- ❖ Necesidad de adaptaciones y nueva infraestructura.
- ❖ Los acuíferos cercanos también están sobre explotados.



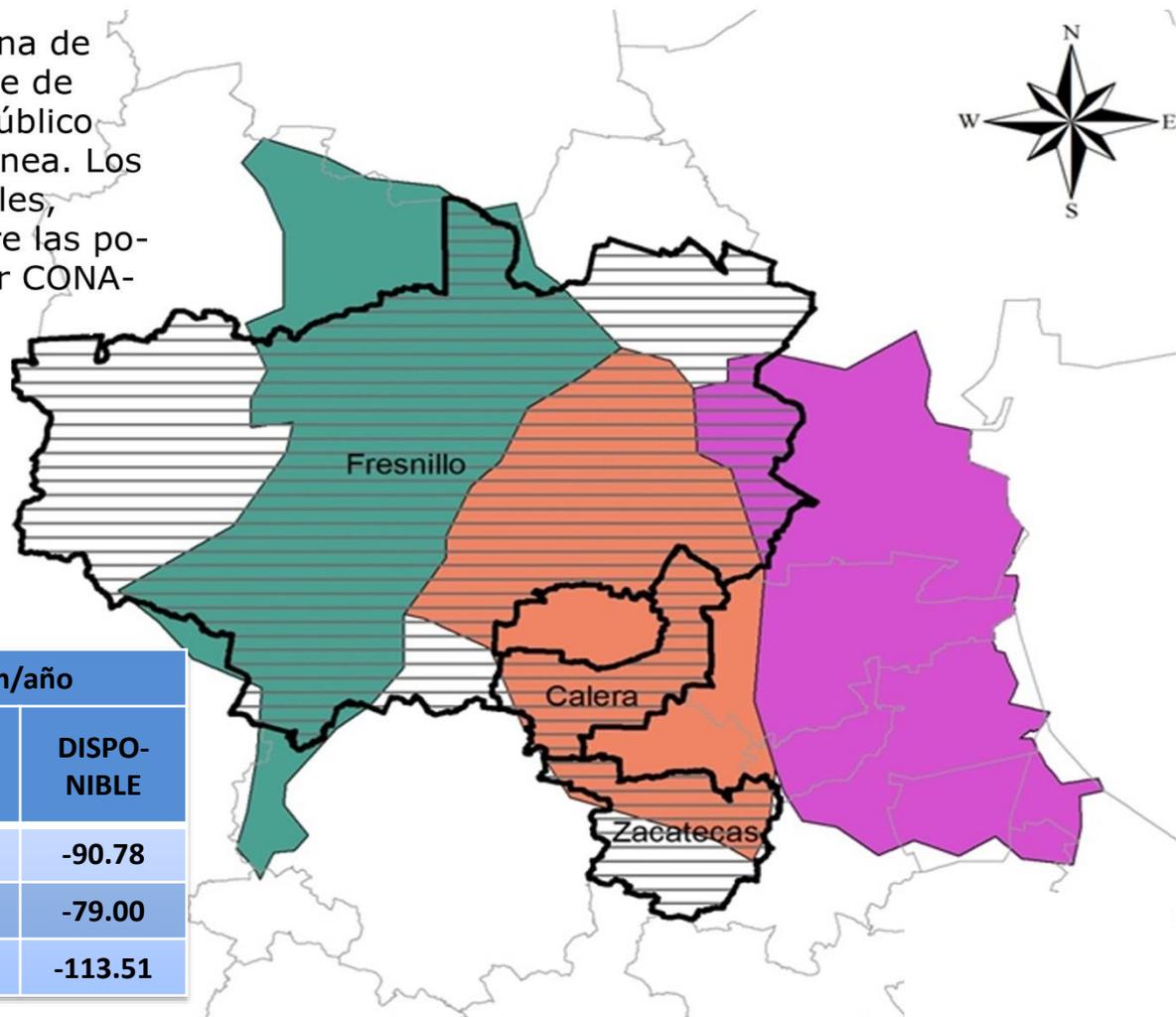
Zona de estudio “Corredor Fresnillo – Zacatecas”

DISPONIBILIDAD

Los municipios que conforman la zona de estudio, tienen como principal fuente de abastecimiento para uso agrícola, público urbano e industrial al agua subterránea. Los municipios de Calera de Víctor Rosales, Fresnillo y Zacatecas se ubican sobre las poligonales simplificadas, definidas por CONAGUA, de los acuíferos Ca

Acuíferos

-  Aguanaval
-  Chupaderos
-  Calera



ACUÍFERO	VOLUMEN hm/año		
	RECARGA	CONCESIONADO	DISPONIBLE
AGUANAVAL	85.70	167.01	-90.78
CALERA	83.90	161.64	-79.00
CHUPADEROS	72.80	186.31	-113.51

Diagnóstico de la problemática

Ante la realidad de la sobreexplotación de las aguas subterráneas en 15 de los 34 acuíferos del Estado de Zacatecas, se hace necesaria la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento de agua para uso público urbano.

Como alternativa de solución se propone realizar una serie de estudios que permitan identificar las fuentes de abastecimiento, con potencial hídrico, para garantizar las demandas, actuales y futuras, de la población del corredor metropolitano Fresnillo-Calera-Zacatecas-Guadalupe.

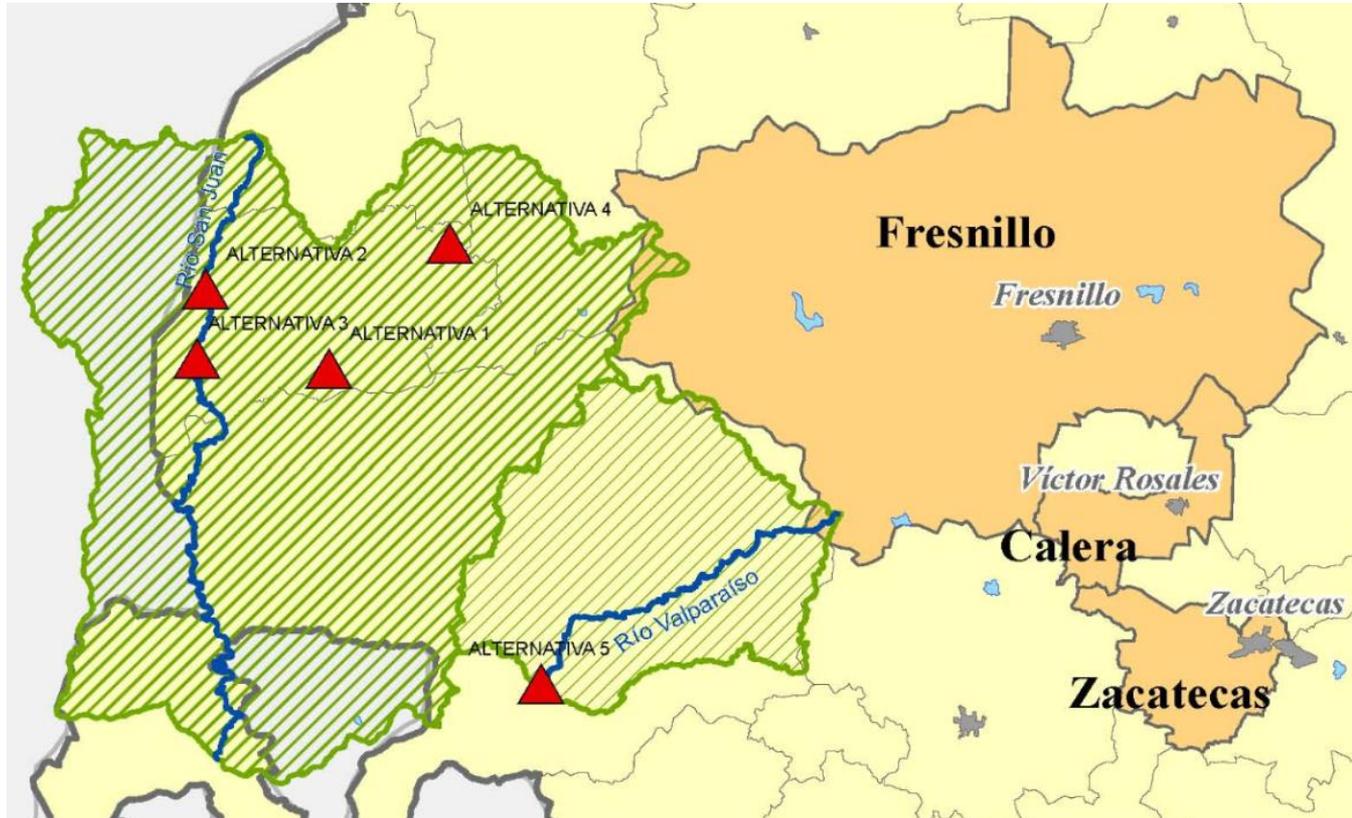


DISPONIBILIDAD PUBLICADA EN EL DOF DE AGUAS SUPERFICIALES

Región Hidrológica	Cuenca Hidrológica	Disponibilidad en Millones m ³
Lerma-Santiago	Río Palomas	15.06
	Presa El Chique	
	Río Juchipila 1	
	Río Juchipila 2	
	Río Tepetongo	3.59
	Río Tlaltenango	16.76
	Arroyo Lobatos	5.70
	Río San Juan	101.20
	Total:	142.31

La única cuenca hidrológica con disponibilidad del recurso hídrico para sustentar la demanda actual y a futuro es la Cuenca Río San Juan.

Estudios de prefactibilidad (AYESA)

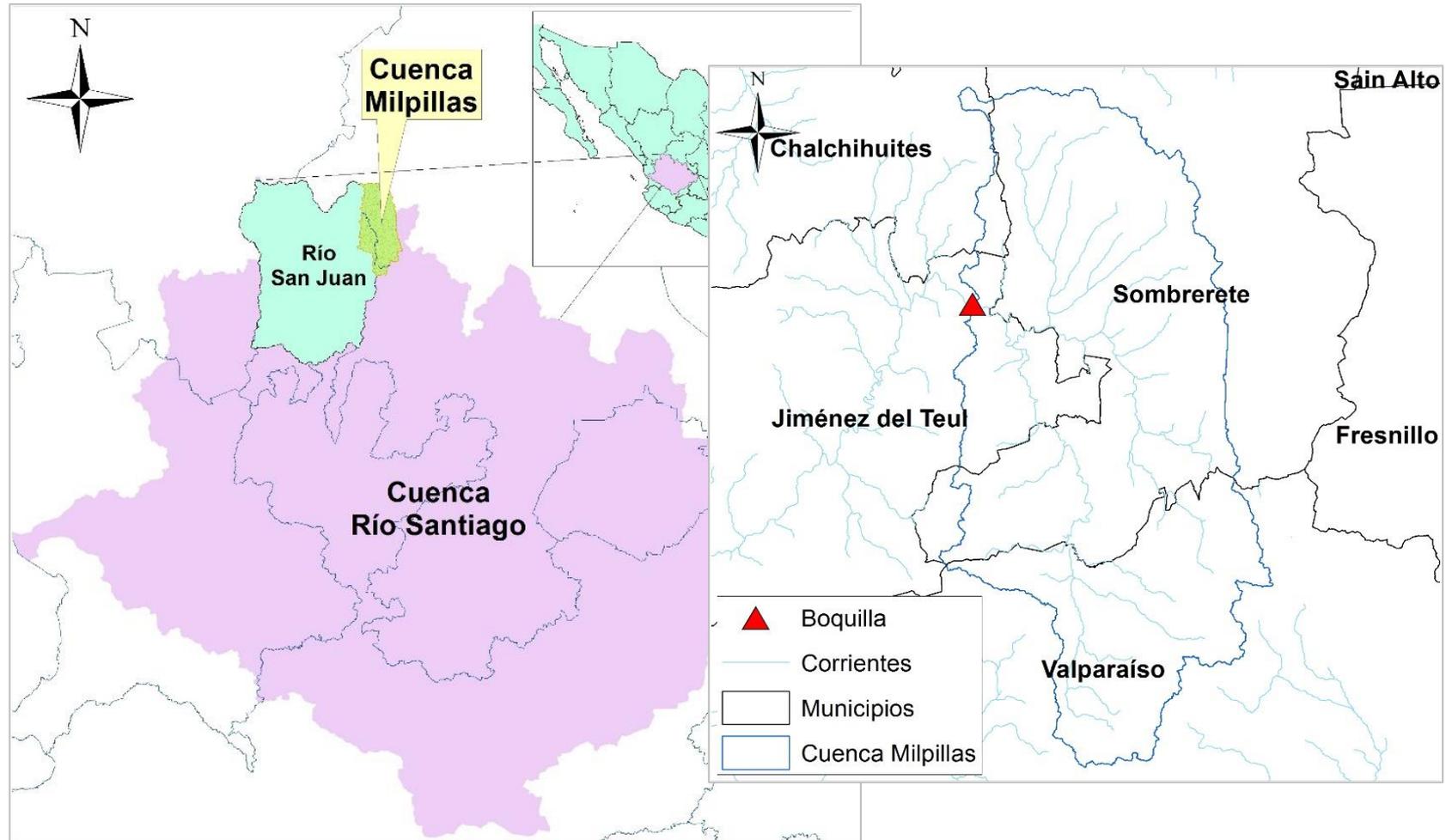


Alternativa	Distancia a Fresno	Elevación situación cortina
San Juan. Alternativa I	108 km	1590
San Juan. Alternativa II	126 km	1860
San Juan. Alternativa III	126 km	1540
San Juan. Alternativa IV	91 km	1970
Arroyo Lobatos	94 km	1830

Seleccionada



Estudio de Factibilidad del Sistema Milpillas (UAZ MIA-ORH)



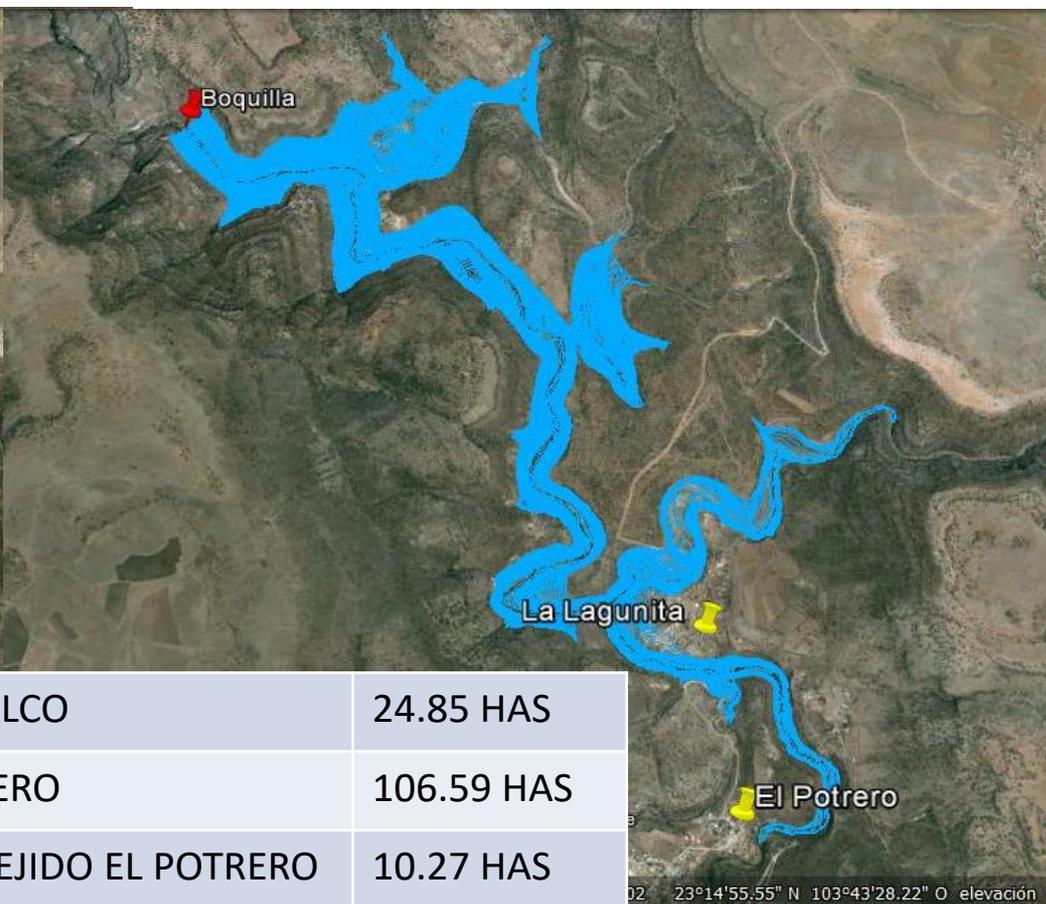
La alternativa IV corresponde a la cuenca hidrográfica Milpillas que se localiza en la parte oeste del Estado de Zacatecas, ubicada en su mayoría dentro de los municipios de Sombrerete y Valparaíso.

Estudio de Factibilidad del Sistema Milpillas (ZONA DE ESTUDIO)



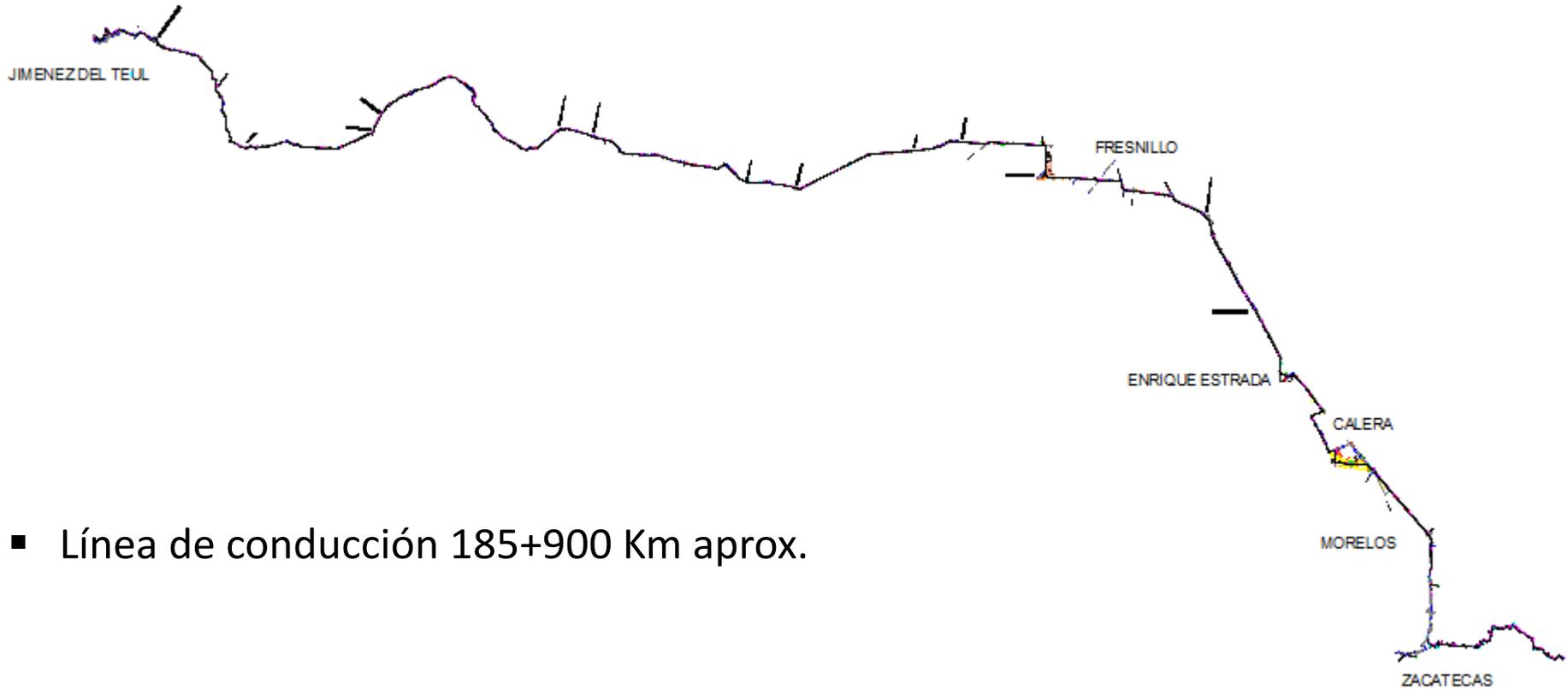
Corredor Zacatecas-Fresnillo

Topografía y tenencia de la tierra en el vaso



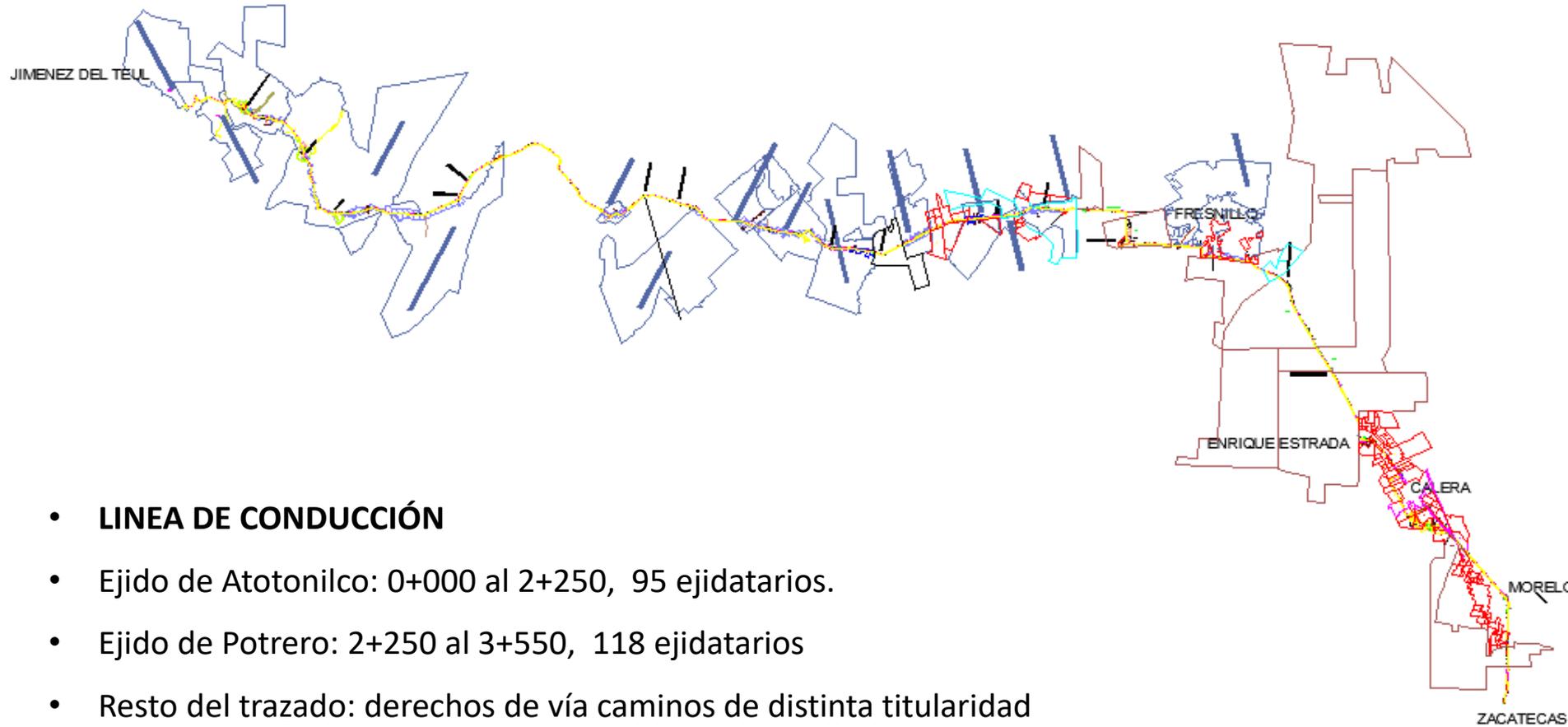
USO COMÚN EJIDO ATOTONILCO	24.85 HAS
USO COMÚN EJIDO EL POTRERO	106.59 HAS
ASENTAMINETO HUMANAO EJIDO EL POTRERO	10.27 HAS
PEQUENA PROPIEDAD (12 PROPIETARIOS)	206.44 HAS
CAUCE DE RIO	75.85 HAS
TOTAL	348.15 HAS

Estudio topográfico de línea de conducción

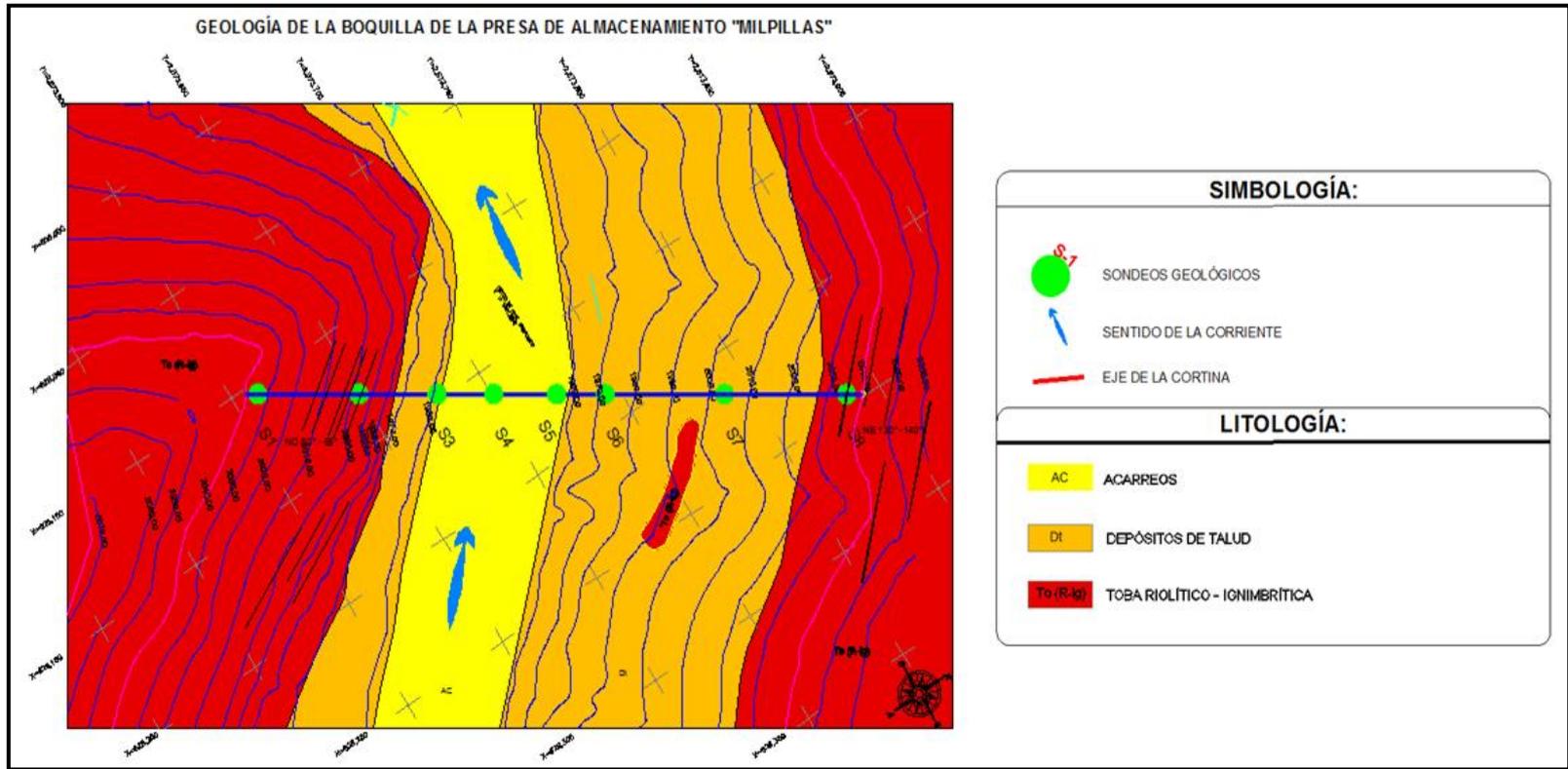


- Línea de conducción 185+900 Km aprox.

Tenencia de la tierra en línea de conducción



Geología de la boquilla.



Distribución geológica en el eje de la boquilla.

Maniobras para llegar al sitio de estudio

Introducción maquinaria e inicio exploraciones

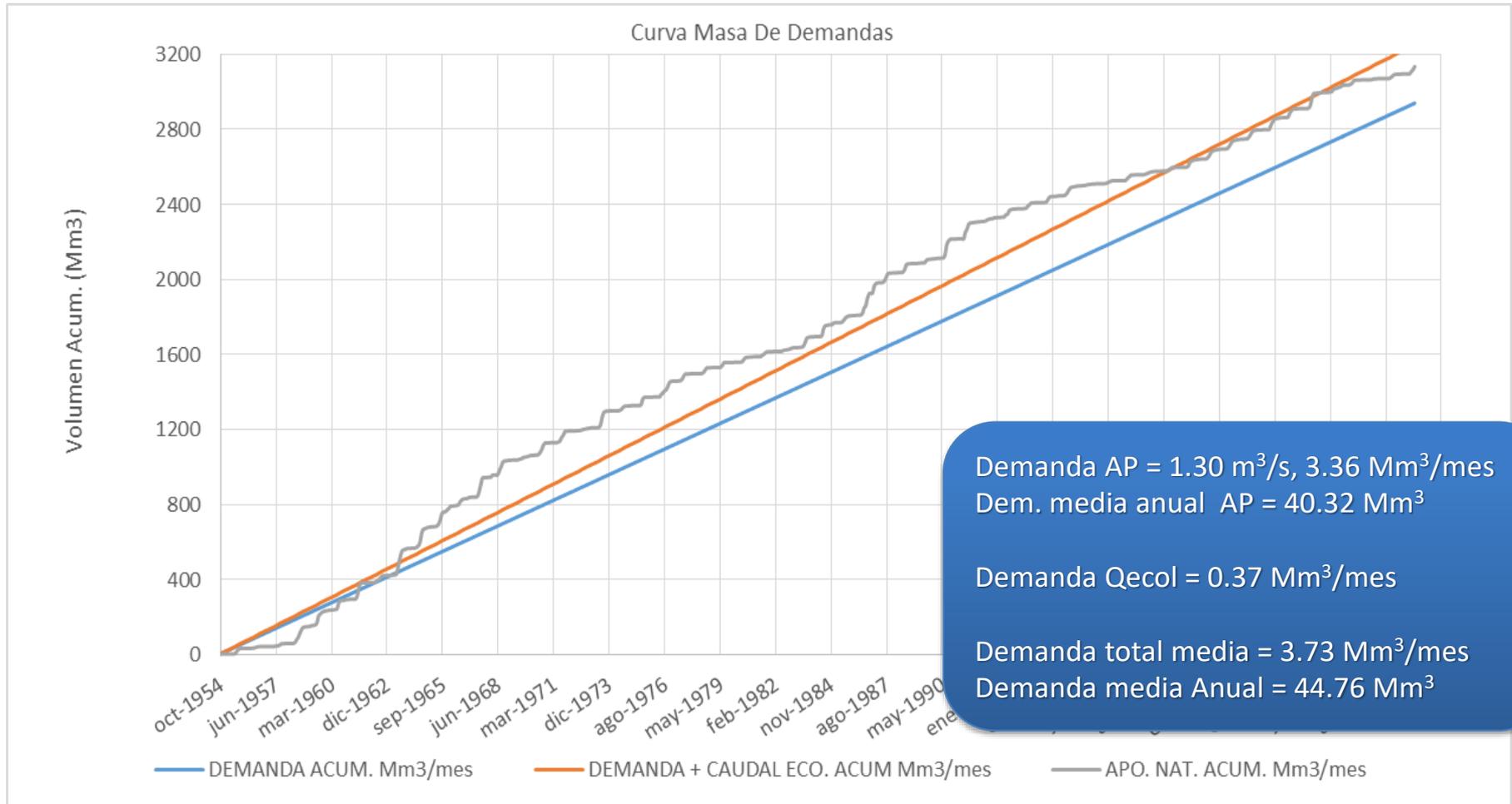


Cálculo de parámetros geológicos de la roca

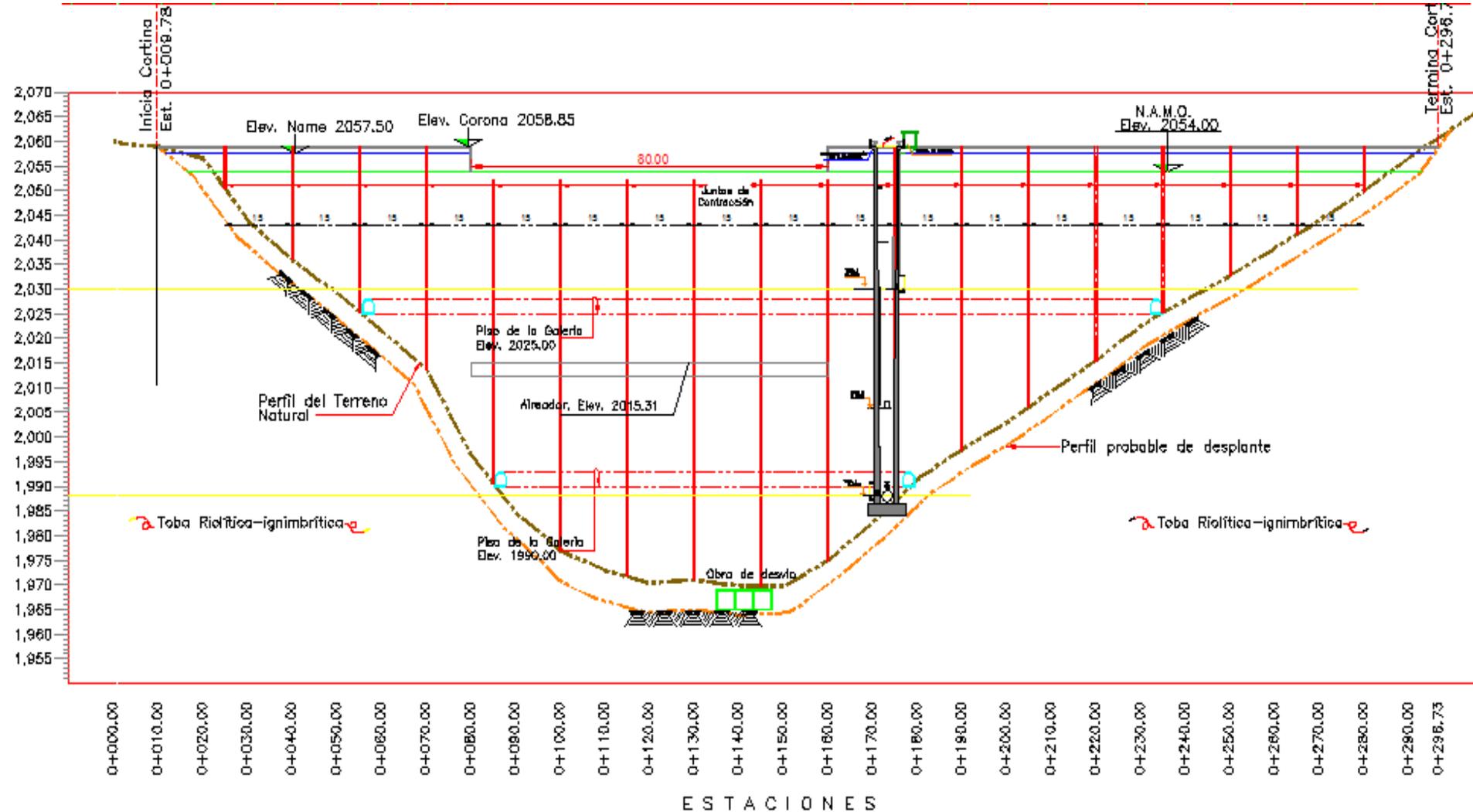
- **Recuperación de núcleos**



Balance volumétrico anual



Con los resultados de los análisis realizados se realizó el dimensionamiento de las obras de infraestructura necesarias.



Anteproyecto de obras

VERTEDOR:

-MATERIAL: RÍGIDA, CONCRETO CONVENCIONAL

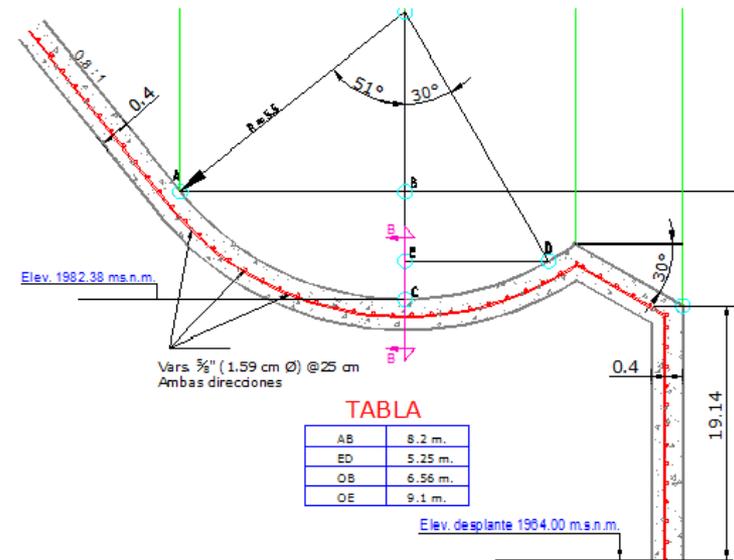
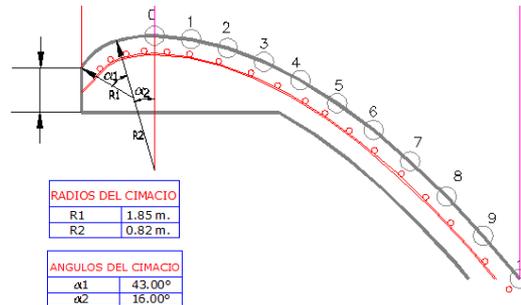
-TIPO DE VERTEDOR: CREAGER

-ANCHO DEL VERTEDOR: 80 M

-CARGA DEL VERTEDOR: 3.5 M

-TR: 10,000 AÑOS

-CAUDAL DE DISEÑO: 963.10 M³/s



DETALLE DE LA CUBETA DEFLECTORA

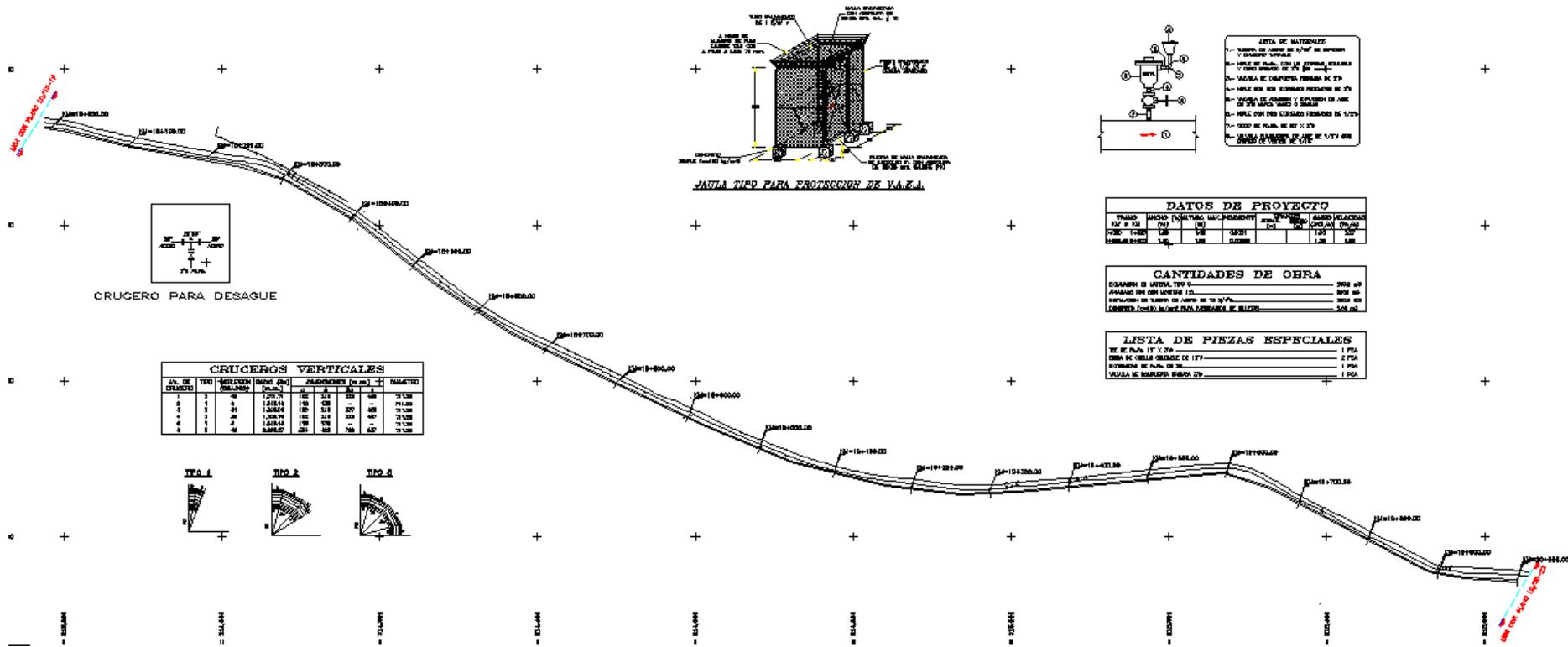
Anteproyecto de obras

ACUEDUCTO:

-MATERIAL: TUBERÍA ACERO NEGRO DE 42"

-CAUDAL DE DISEÑO: 1.3 M3/S

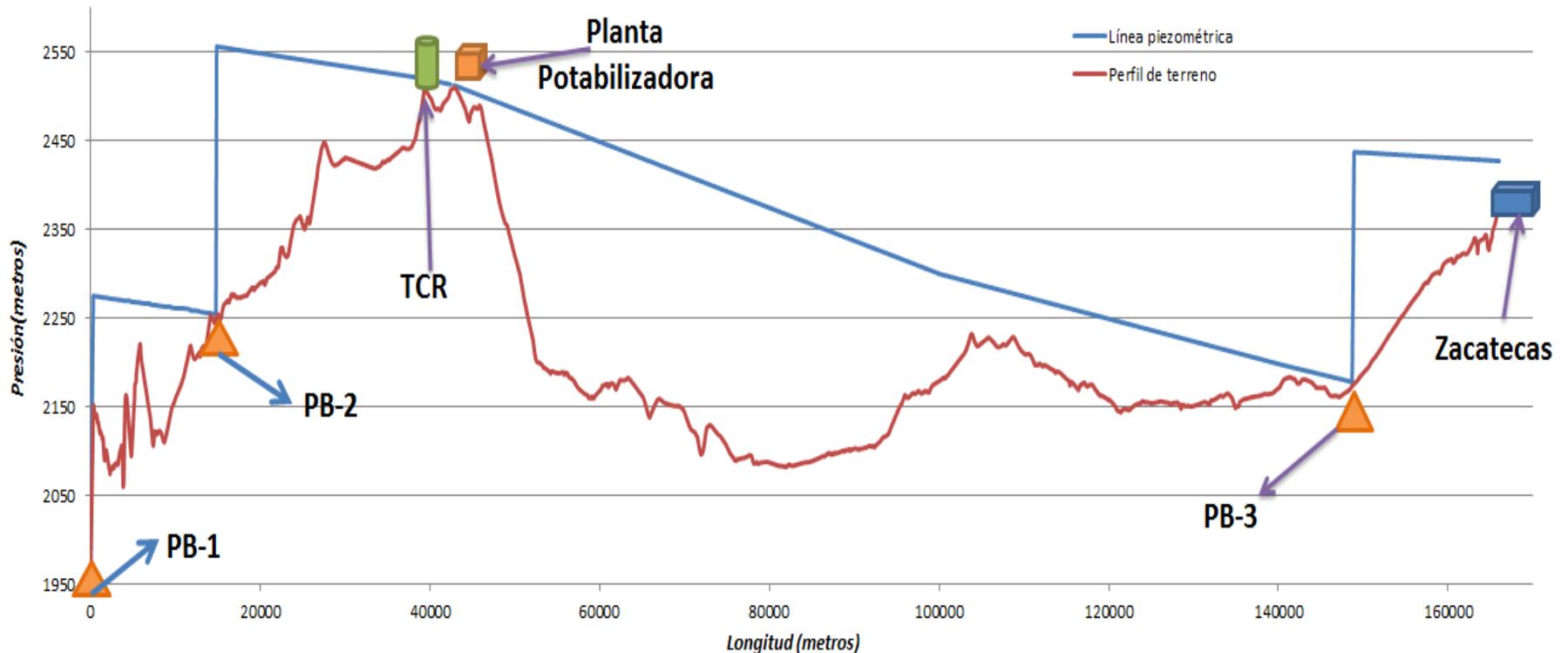
-LONGITUD TOTAL: 185+900 KM



Anteproyecto de obras

ACUEDUCTO: Los criterios de diseño:

- Gasto máximo: 1,300 l/s
- Gasto mínimo: 842 l/s
- Velocidad máxima: 3 m/s
- Velocidad mínima: 0.5 m/s
- Rugosidad absoluta: 0.1 mm



Después de haber realizado los estudios técnicos y de tenencia de la tierra se concluye que el proyecto es Técnica y Legalmente factible.

Manifiesto de impacto ambiental

- **DELIMITACION DEL ÁREA DE ESTUDIO (SAR)**

PRESA: Microcuenca, considerando aguas abajo y arriba de la zona de inundación.

ACUEDUCTO: Un buffer como área de influencia de 1.0 km a cada margen del trazo



Aspectos relevantes

- Aplicación de siete técnicas (cualitativas y cuantitativas) para identificar y evaluar los impactos ambientales.
- Modelación de los Pronósticos Ambientales en el corto, mediano y largo plazo, 5, 15 y 30 años.
- Diseño de las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales.



Las medidas de mitigación prioritarias son:

- Los programas de protección a especies de interés para la conservación de la biznaga y de las aves: gavilán de Cooper, aguililla pecho rojo, aguililla de Harris y la zorrita norteña.
- La Reforestación con pino piñonero en las partes altas de la cuenca, para favorecer la captura de agua y recarga hidrológica y simultáneamente la operación de la Presa Milpillás, a largo plazo;
- Desarrollar Estrategias para el desarrollo social de la región.

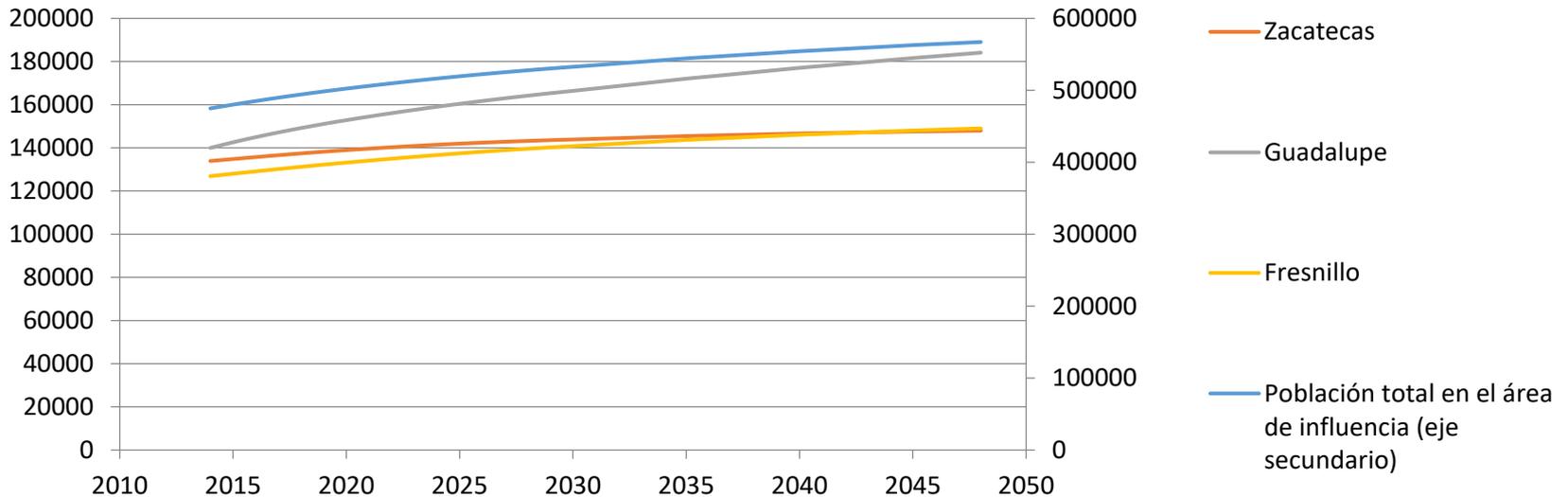
Las medidas de mitigación deben atender:

- Los programas de atención a especies biológicas de interés para su conservación.
- La Reforestación de las partes altas de la cuenca para favorecer la captura de agua para la recarga hidrológica y asegurar la operación de la Presa Milpillás en el largo plazo.
- Desarrollar Estrategias para el desarrollo social de la región.
- El proyecto de la Presa Milpillás y su línea de conducción al Corredor Fresnillo-Zacatecas, es ambientalmente factible .

ANÁLISIS C/B (PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA)

La zona de estudio se conforma por los municipios de Zacatecas, Guadalupe, Fresnillo, Calera y Enrique Estrada.

- En la zona metropolitana (Zacatecas y Guadalupe) se concentra aproximadamente el 40% de la población del Estado de Zacatecas
- Se estima que la población pase de 475 mil a 567 mil habitantes de 2014 a 2049.



Fuente: elaboración propia con datos de CONAPO



ANÁLISIS C/B (ANÁLISIS DE LA OFERTA)

El corredor Fresnillo-Zacatecas tiene como fuente de abastecimiento cinco acuíferos

Acuífero	R: Recarga media anual (Hm ³)	DNCOM: Descarga natural comprometida (Hm ³)	VCAS: Volumen concesionado de agua subterránea (Hm ³)	VEXTET: Volumen de extracción de agua subterránea en estudios técnicos (Hm ³)	DAS: Disponibilidad media anual (Hm ³)	Déficit Concesión (Hm ³)	Déficit VEXTET (Hm ³)
Aguanaval	85.7	9.5	167.0	102.0	0.0	-90.8	-25.8
Chupaderos	72.8	0.0	186.6	138.0	0.0	-113.8	-65.2
Calera	83.9	1.3	163.1	125.0	0.0	-80.5	-42.4
Benito Juárez	20.1	0.0	21.2	23.0	0.0	-1.1	-2.9
Guadalupe-Bañuelos	10.7	0.0	12.7	8.7	0.0	-2.0	2.0
Total	273.2	10.8	550.6	396.7	0.0	-288.2	-134.3

Fuente: elaboración propia con datos de DOF 20/12/2013 y REPDA.

Todos los acuíferos presentan un nivel de concesión mayor a la recarga media anual, lo cual es insostenible. Por esta razón, se considera la oferta sustentable para la evaluación del PPI.



INDICADORES DE RENTABILIDAD

Los indicadores de rentabilidad estimados son el Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno y Tasa de Rendimiento Inmediato:

Horizonte de evaluación	34 años
Tasa social de descuento	10%
Valor actual de los costos	-\$ 3,844,066,942
Valor actual de los beneficios	\$ 6,518,576,138
Valor Actual Neto	\$ 2,674,509,197
Tasa Interna de Retorno	19.94%
Tasa de Rentabilidad Inmediata	23.30%

Los indicadores de rentabilidad social sugieren que es conveniente llevar a cabo el PPI.



Conclusiones

- El análisis costo-beneficio resuelve satisfactoriamente las necesidades planteadas dado que:
- Se logra sustentar el déficit total de agua en la zona de estudio
- El suministro de agua es inmediato, no gradual.
- Al tener en cuenta el factor sustentable, se espera reducir el abatimiento de los acuíferos de manera inmediata, y como consecuencia la recuperación de los mismos
- Los índices de rentabilidad en sus diferentes frentes hacen que el proyecto se financieramente sólido.



Conclusiones

En esta etapa, desarrollada por la Universidad Autónoma de Zacatecas, se logró la aprobación de la MIA-R y el Registro en Cartera de la SHCP del sistema Milpillas, y se dejaron las condiciones para pasar a la siguiente etapa en los estudios, que es el Proyecto Ejecutivo para la construcción de la Presa Milpillas y su línea de conducción con todas sus obras auxiliares como son: las plantas de bombeo y potabilizadora, lo anterior, para estar en condiciones de obtener los permisos de construcción e iniciar los trabajos de construcción de la presa.

Asimismo, en la MIA-ORH, se iniciarán en 2015, los estudios de pre-factibilidad para una segunda presa en la misma cuenca hidrológica, para garantizar para el estado de Zacatecas, un volumen de hasta 100 millones de metros cúbicos.



¡Gracias por su atención!



VOLUMENES DE ESCURRIMIENTO



Las cuencas de la presa San Andrés y El Infierno no están aforadas, debido a que las cuencas son homogéneas es posible hacer una estimación de dichos escurrimientos.

La serie completa sirve para la simulación del funcionamiento del vaso.

Cuenca	Vol. Escurrimiento medio anual (Mm ³)	Vol. Escurrimiento medio Mensual (Mm ³)
Milpillas	62.30	5.19
San Andrés Cuenca Propia	28.91	2.41
EL Infierno Cuenca Propia	41.60	3.47
San Andrés Completa	91.21	7.60
El Infierno Completa	103.89	8.66

La simulación del funcionamiento de vasos del sistema de recursos hidráulicos conformado por las presas Milpilllas y San Andrés, se realizó mediante el software:

RiverWare

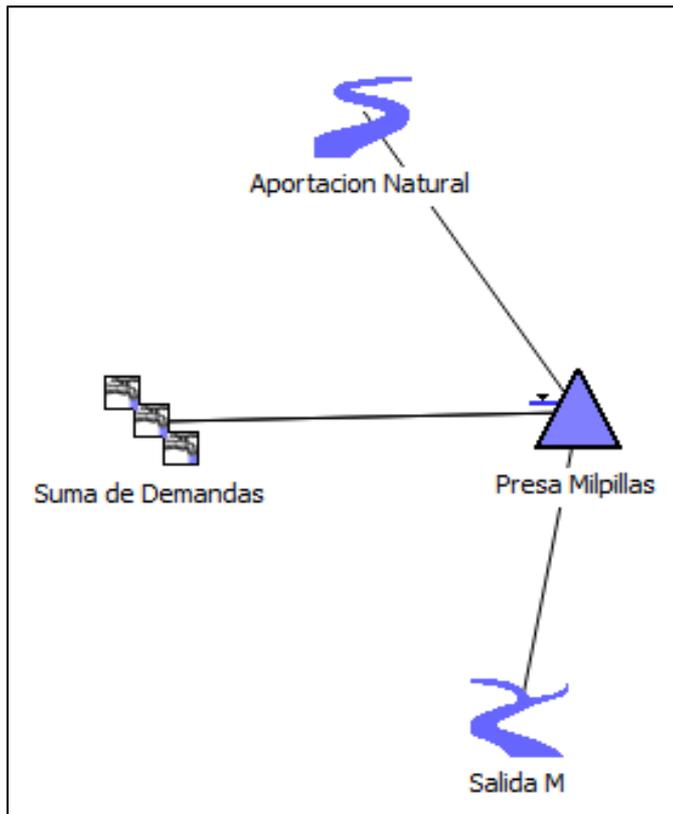
Herramienta para la simulación de la gestión de sistemas de recursos hidráulicos en los que se puede incluir políticas de operación, con el fin de cuantificar la garantía de suministrado o el déficit en el abastecimiento de las demandas impuestas en el sistema bajo diferentes escenarios, tanto hidrológicos como operativos.

RiverWare es una herramienta especializada para estudios de planificación hidrológica, que auxilia en la toma de decisiones para la operación de sistemas de recursos hidráulicos, en cuyo análisis se pueden realizar simulación simple o basada en reglas, así como optimización.



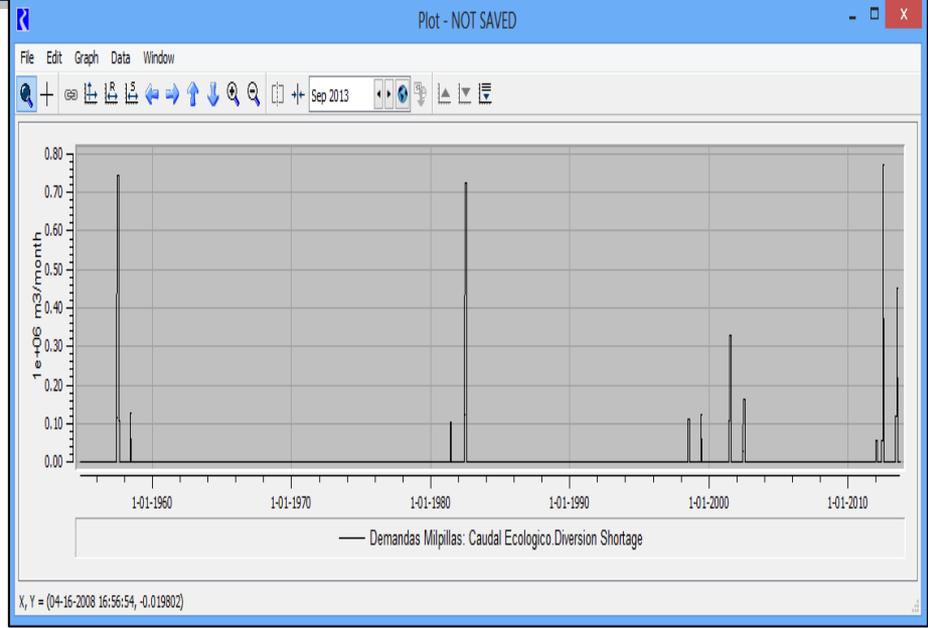
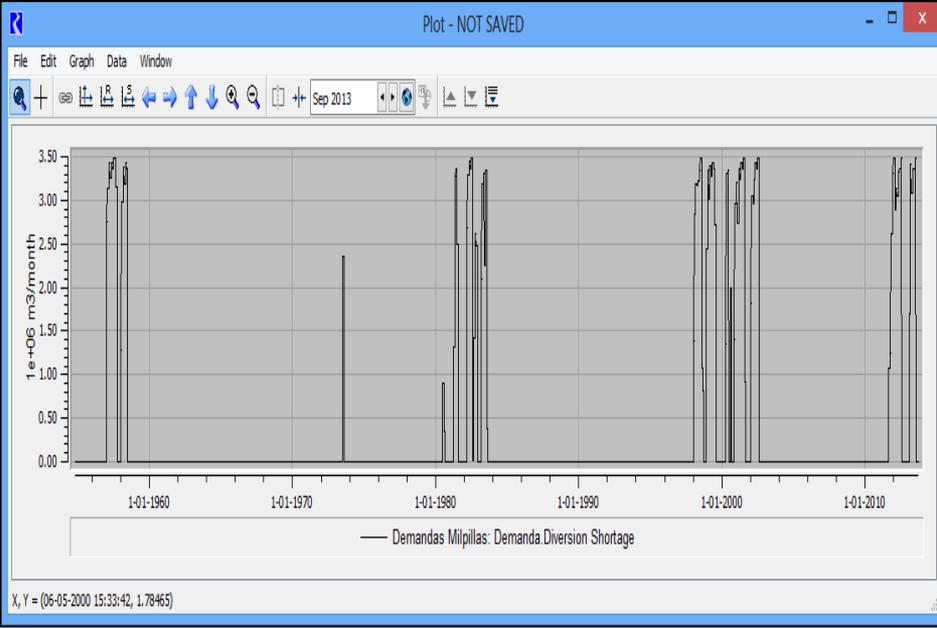
SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE EMBALSE MILPILLAS

Con estas condiciones establecidas, y agregando los objetos necesarios se crea la red de flujo a través de los “links” necesarios entre objetos, indicando las entradas y salidas del recurso hídrico por las cuales se hará el recorrido mensualmente y el programa lleva a cabo los cálculos según los métodos seleccionados para cada objeto.



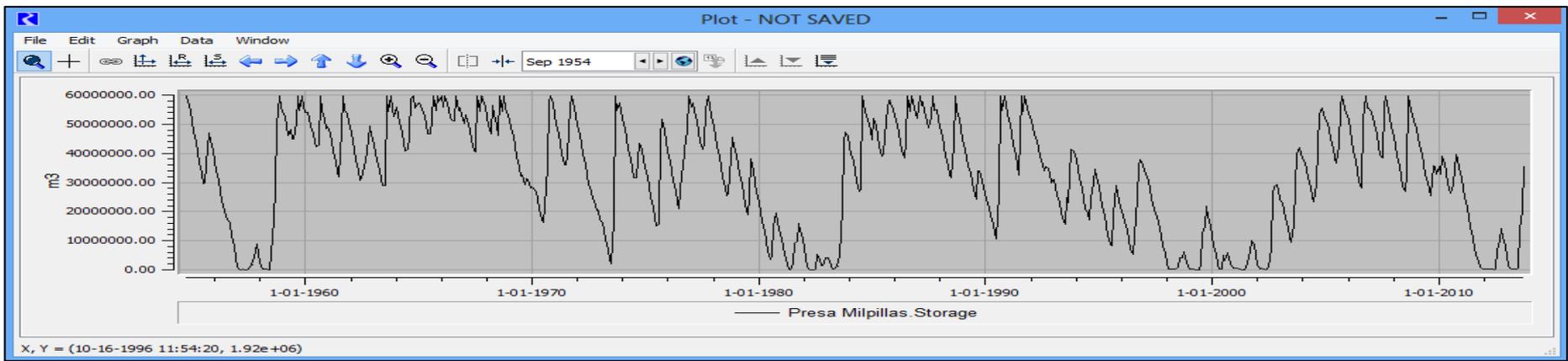
De manera general, se realizó el funcionamiento del embalse de Milpillas, en el cual solo intervienen las series de datos particulares para esta cuenca, este queda elaborado como se muestra en la siguiente figura.

Mediante esta simulación se obtuvieron los déficit en la demanda de agua potable y caudal ecológico y variación del embalse.



Déficit en la demanda de agua potable en Milpillas

Déficit en el caudal ecológico en Milpillas



Variación de la presa Milpillas durante la simulación



Es importante recordar que para la simulación se comenzó con un almacenamiento a la máxima capacidad de la presa, lo que corresponde a 59.604 Mm³. Los resultados obtenidos en esta simulación, sin aportaciones de San Andrés a Milpilllas, se muestran en la siguiente tabla.

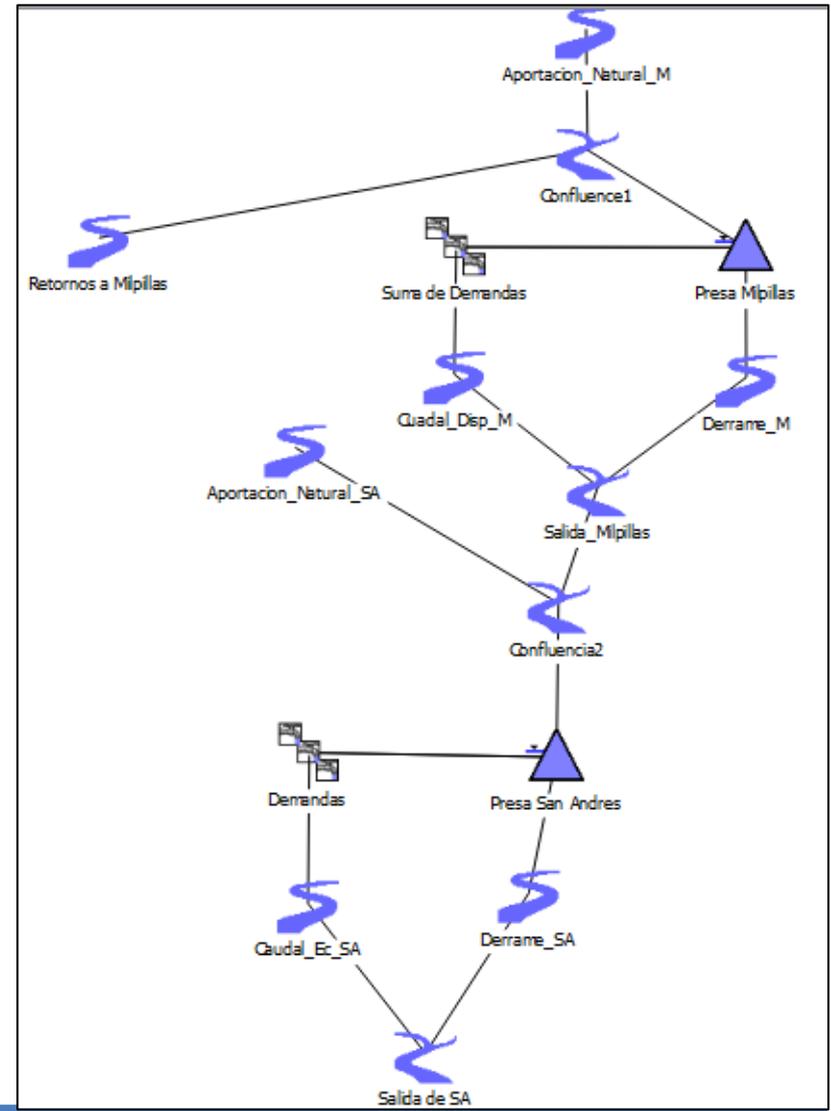
Demanda Milpilllas (m ³ /s)	Vol Entrante (Mm ³)	Disponibile (Mm ³)	Demandas en todo el periodo simulado (Mm ³)			Volumen Entregado (Mm ³)				Déficit %		Aprov. Agua %	Garantía abast. (%)		
			Qecológico	Agua Potable	Total	Abast Qecol	Abast AP	Derramado	Evaporado	Abast Qecol %	Abast AP %		Qecológico	Agua Potable	Total
1.20	3,676.57	3,700.25	367.54	2,232.75	2,600.29	363.45	2,055.87	1,199.81	81.11	1.11	7.92	65.38	98.89	92.08	93.04
1.30	3,676.57	3,700.78	367.54	2,418.81	2,786.35	363.18	2,163.84	1,098.89	74.87	1.19	10.54	68.28	98.81	89.46	90.69
1.40	3,676.57	3,701.31	367.54	2,604.87	2,972.42	360.75	2,269.21	1,001.57	69.78	1.85	12.89	71.05	98.15	87.11	88.48
1.50	3,676.57	3,701.83	367.54	2,790.94	3,158.48	359.80	2,368.14	908.69	65.20	2.11	15.15	73.69	97.89	84.85	86.37
1.60	3,676.57	3,702.36	367.54	2,977.00	3,344.54	359.28	2,454.42	827.03	61.63	2.25	17.55	76.00	97.75	82.45	84.13

Los resultados anteriores muestran que el mejor aprovechamiento del recurso hídrico lo da una demanda para el corredor Fresnillo-Zacatecas de 1.3 m³/s, sin embargo, el aprovechamiento del agua es poco debido a que hay un gran volumen de agua derramado que es incapaz de retenerse por las condiciones topográficas de la presa, aunado a esto los déficit correspondientes a los usuarios de agua potable y al caudal ecológico son de gran magnitud, por lo que se esperan disminuir mediante la construcción de un nuevo embalse del cual se puedan hacer trasvases a Milpilllas para satisfacer las demandas del corredor.



Se han considerados dos alternativa para la construcción del embalse que servirá de apoyo a Milpillas, el primero está en la cuenca de San Andrés y el segundo en la cuenca del Infierno. Teniendo en cuenta ambos embalses se propusieron escenarios en donde se varía funcionamiento de políticas de operación y capacidades de almacenamiento.

La red de simulación del sistema de embalses se hizo primero para el caso de Milpilla-San Andrés, esta red será la base donde solo cambiaran las condiciones del objeto de embalse que dará trasvases a Milpillas, el sistema queda como se visualiza en la siguiente imagen.



Mediante este esquema se plantearon cuatro escenarios de simulación, los primeros tres están conformados por la red Milpillas-San Andrés, el cuarto es el mismo sistema pero es el embalse del Infierno con una capacidad de 162 Mm³, el que hace trasvases a Milpillas.

Finalmente, se creó otro sistema individual del que se desprenden 3 escenarios, en donde opera solo el Infierno y se varía su capacidad de almacenamiento.

En total se tienen 7 escenarios, estos buscan que no se deje de dar una aportación mayor al 10% de los escurrimientos medios mensuales al caudal ecológico y que los déficit existentes de la demanda del corredor Fresnillo-Zacatecas no solo disminuyan sino que se abastezca más de 1.3 m³/s. A continuación se muestra la lista de cada uno de los escenarios.

- **Escenario 1.** Trasvase de un caudal constante desde San Andrés a Milpillas.
- **Escenario 2.** Utilización de volúmenes de reserva en San Andrés y Milpillas
- **Escenario 3.** Trasvase desde San Andrés a Milpillas en función de su espacio vacío
- **Escenario 4.** Sistema de red fluvial Milpillas con trasvases del Infierno con capacidad 162 Mm³
- **Escenario 5.** Simulación del embalse Infierno con capacidad 222 Mm³
- **Escenario 6.** Simulación del embalse Infierno con capacidad 333 Mm³
- **Escenario 7.** Simulación del embalse Infierno con capacidad 492 Mm³



Escenario 1. Traspase de un caudal constante desde San Andrés a Milpillás

Mediante la red de flujo descrita anteriormente y con el periodo de simulación dado, se llevó a cabo la primera simulación sin ninguna restricción. En esta simulación se le pide una demanda constante mensual al embalse de Milpillás de 1.3 m³/s, y se considera que los embalses comenzaran a operar con su máxima capacidad.

	Capacidad Útil (m ³)	Elevación máxima (m)	Altura de la cortina (m)
Milpillás	59,604,109.63	2,053.605	83.6
San Andrés	92,091,582.91	1,882	110

Se llevaron a cabo diferentes simulaciones variando la demanda constante mensual de San Andrés, desde 0.4 m³/s hasta 0.7 m³/s

Demanda San Andrés (m ³ /s)	Vol Entrante del sistema (Mm ³)	Disponible sistema (Mm ³)	Demandas en todo el periodo simulado (Mm ³)			Volumen entregado (Mm ³)				Déficit %		% Aprov. Agua Sistema	Garantía abast. (%)		
			Qecológico SA	Agua Potable Milpillás	Total	Abast Qecol SA	Abast AP Milpillás	Derramado SA	Evaporado sistema	Abast Qecol SA %	Abast AP Milpillás %		Qecológico	Agua Potable	Total
0.200	5,383.04	5,405.48	170.59	2,418.81	2,589.41	170.59	2,299.42	2,707.30	228.17	0.00	4.94	45.69	100.00	95.06	95.39
0.250	5,383.04	5,405.31	170.59	2,418.81	2,589.41	170.59	2,326.19	2,678.97	229.56	0.00	3.83	46.19	100.00	96.17	96.42
0.300	5,383.04	5,405.34	170.59	2,418.81	2,589.41	170.59	2,358.74	2,643.33	232.68	0.00	2.48	46.79	100.00	97.52	97.68
0.350	5,383.04	5,404.88	170.59	2,418.81	2,589.41	170.59	2,378.62	2,622.16	233.51	0.00	1.66	47.17	100.00	98.34	98.45
0.400	5,383.04	5,402.19	170.59	2,418.81	2,589.41	170.59	2,395.08	2,601.37	235.15	0.00	0.98	47.49	100.00	99.02	99.08
0.450	5,383.04	5,397.77	170.59	2,418.81	2,589.41	170.59	2,407.36	2,583.45	236.36	0.00	0.47	47.76	100.00	99.53	99.56
0.500	5,383.04	5,397.70	170.59	2,418.81	2,589.41	170.59	2,415.59	2,575.00	236.52	0.00	0.13	47.91	100.00	99.87	99.88
0.550	5,383.04	5,401.55	170.59	2,418.81	2,589.41	170.59	2,418.81	2,575.61	236.53	0.00	0.00	47.94	100.00	100.00	100.00
0.600	5,383.04	5,401.72	170.59	2,418.81	2,589.41	170.59	2,418.81	2,575.55	236.77	0.00	0.00	47.94	100.00	100.00	100.00
0.700	5,383.04	5,402.41	170.59	2,418.81	2,589.41	170.59	2,418.81	2,575.97	237.04	0.00	0.00	47.93	100.00	100.00	100.00



Escenario 2. Utilización de volúmenes de reserva en San Andrés y Milpillas

Para este escenario dadas las mismas condiciones anteriores, se pretende cubrir las futuras demandas según los meses de agregación dados. Para lo anterior se pensó en utilizar volúmenes de reserva, mediante reglas de operación, para Milpillas y San Andrés, para el caso de Milpillas el valor del factor de reserva corresponde con el número de meses que se desea garantizar el abasto. De igual forma, se programó el volumen de reserva necesario en San Andrés, en este caso para satisfacer la demanda de su caudal ecológico. una tercera variable que permite cambiar el valor del caudal demandado a la presa Milpillas que originalmente es igual a 1.3 m³/s.

MILPILLAS	Demanda Usuario AP (m3)	Dem. (Qe) (m3)	Ent. Promedio Mensuales (m3)	Ent. Mínimas Mensuales (m3)	Demanda Total (m3)	Evaporación Media (m3)	Salidas Totales (m3)	Balance Global (m3)	Balance Global Mínimo (m3)	Curva de Reserva
Octubre	3,481,920.00	449,598.30	4,495,982.96	129,226.48	3,931,518.30	84,474.44	4,015,992.74	479,990.22	-3,886,766.26	3,886,766.26
Noviembre	3,369,600.00	147,104.56	1,471,045.62	91,359.88	3,516,704.56	100,925.77	3,617,630.33	-2,146,584.71	-3,526,270.45	3,526,270.45
Diciembre	3,481,920.00	133,660.22	1,336,602.20	119,492.34	3,615,580.22	81,268.36	3,696,848.58	-2,360,246.38	-3,577,356.24	3,577,356.24
Enero	3,481,920.00	162,297.78	1,622,977.84	12,288.12	3,644,217.78	74,529.12	3,718,746.91	-2,095,769.07	-3,706,458.79	3,706,458.79
Febrero	3,144,960.00	93,994.85	939,948.45	98,921.42	3,238,954.85	91,295.10	3,330,249.95	-2,390,301.50	-3,231,328.52	3,231,328.52
Marzo	3,481,920.00	55,954.31	559,543.06	79,175.59	3,537,874.31	134,764.69	3,672,638.99	-3,113,095.93	-3,593,463.40	3,593,463.40
Abril	3,369,600.00	29,945.73	299,457.27	43,903.02	3,399,545.73	139,037.65	3,538,583.38	-3,239,126.11	-3,494,680.36	3,494,680.36
Mayo	3,481,920.00	25,037.04	250,370.40	38,172.67	3,506,957.04	125,567.61	3,632,524.65	-3,382,154.25	-3,594,351.98	3,594,351.98
Junio	3,369,600.00	131,241.96	1,312,419.57	82,884.04	3,500,841.96	56,939.70	3,557,781.65	-2,245,362.08	-3,474,897.61	3,474,897.61
Julio	3,481,920.00	760,632.06	7,606,320.63	372,631.80	4,242,552.06	4,510.27	4,247,062.34	3,359,258.29	-3,874,430.54	3,874,430.54
Agosto	3,481,920.00	1,321,270.57	13,212,705.72	898,701.95	4,803,190.57	2,333.40	4,805,523.97	8,407,181.75	-3,906,822.02	3,906,822.02
Septiembre	3,369,600.00	1,158,135.59	11,581,355.92	622,533.44	4,527,735.59	18,623.15	4,546,358.74	7,034,997.18	-3,923,825.30	3,923,825.30

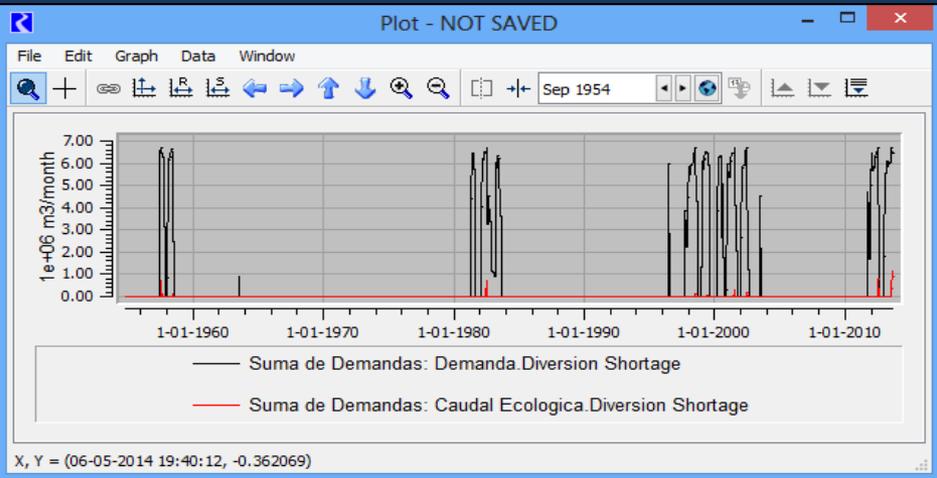


Bajo este escenario se hicieron numerosas pruebas y combinaciones cambiando la demanda de Milpillas desde 1.3 m³/s hasta 2.7 m³/s, y de los factores de volumen de reserva para el almacenamiento de Milpillas y para el caudal ecológico de San Andrés. El fin fue encontrar los factores necesarios que permitieran obtener un déficit mínimo y un almacenamiento óptimo de los dos embalses.

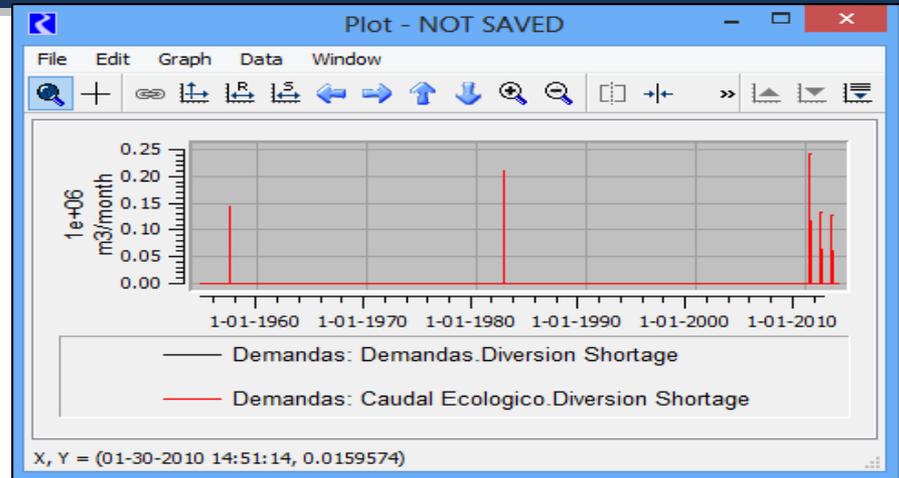
En la tabla anterior cada renglón representa un factor de reserva del 1 al 8, y los resultados fueron obtenidos para una demanda constante en Milpillas de 2.5 m³/s. El valor óptimo lo da un factor de reserva de almacenamiento mínimo en Milpillas de 6 y un factor para el caudal ecológico de San Andrés de 4.

Demanda Max San Andrés (m ³ /s)	Vol Entrante del sistema (Mm ³)	Disponible sistema (Mm ³)	Demandas en todo el periodo simulado (Mm ³)			Volumen entregado(Mm ³)				Déficit %		% Aprov. Agua Sistema	Garantía abast. (%)		
			Qecológico SA	Agua Potable Milpillas	Total	Abast Qecol SA	Abast AP Milpillas	Derramado SA	Evaporado sistema	Abast Qecol SA %	Abast AP Milpillas %		Qecológico	Agua Potable	Total
2.564	5,383.04	5,481.99	170.59	4,651.56	4,822.15	170.56	3,932.66	1,232.65	146.12	0.02	15.46	74.85	99.98	84.54	85.09
2.862	5,312.25	5,445.96	167.99	4,579.42	4,747.41	167.46	4,109.52	1,033.64	135.34	0.32	10.26	78.53	99.68	89.74	90.09
3.084	5,312.25	5,444.16	167.99	4,579.42	4,747.41	167.46	4,130.91	1,033.64	144.62	0.32	9.79	78.95	99.68	90.21	90.54
3.283	5,312.25	5,445.96	167.99	4,579.42	4,747.41	167.51	4,134.28	1,002.07	142.10	0.29	9.72	78.99	99.71	90.28	90.61
4.682	5,312.25	5,445.96	167.99	4,579.42	4,747.41	167.51	4,134.60	999.08	144.77	0.29	9.71	79.00	99.71	90.29	90.62
4.673	5,312.25	5,445.96	167.99	4,579.42	4,747.41	167.36	4,140.27	990.45	147.88	0.38	9.59	79.10	99.62	90.41	90.74
7.842	5,312.25	5,445.96	167.99	4,579.42	4,747.41	167.38	4,137.35	991.71	149.52	0.37	9.65	79.04	99.63	90.35	90.68
11.731	5,312.25	5,445.96	167.99	4,579.42	4,747.41	167.38	4,130.73	999.63	148.21	0.37	9.80	78.92	99.63	90.20	90.54





Déficit en la demanda de usuario y caudal ecológico en Milpillas, E2.



Déficit en la demanda de usuario y caudal ecológico en San Andrés, E2



Variación de los embalses Milpillas y San Andrés, E2.

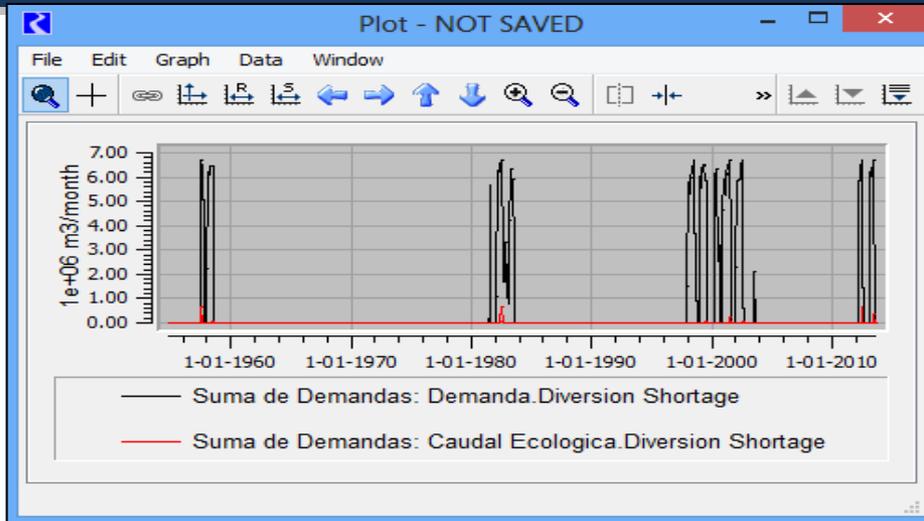


Escenario 3. Trasvase desde San Andrés a Milpillas en función de su espacio vacío

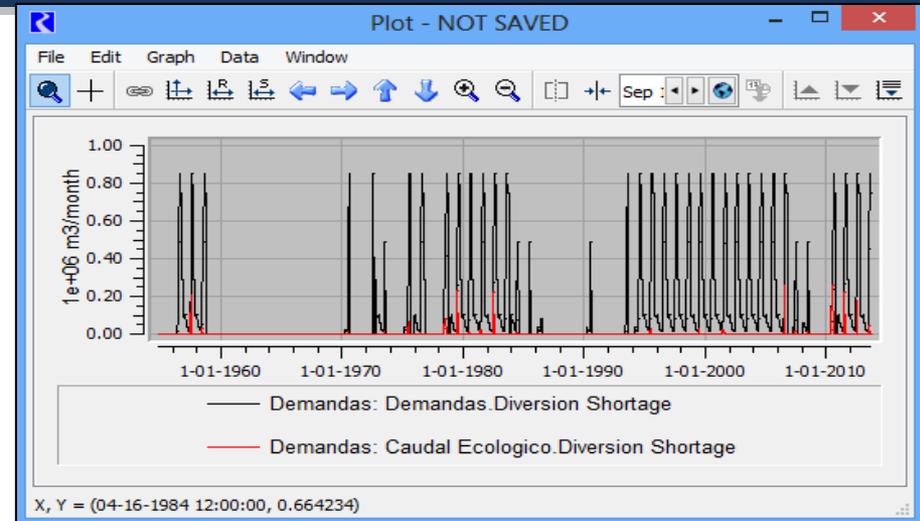
Esta simulación cuenta con una regla de operación que hace un balance en la presa de Milpillas al principio del paso del tiempo, con el fin de cubrir lo que le falta de almacenamiento a la presa Milpillas para quedar lo más llena posible, pasándole agua desde la presa de San Andrés.

Demanda San Andrés (m³/s)	Demanda Milpillas (m³/s)	Disponibl e sistema (Mm³)	Dem. en todo el periodos sim. (Mm³)			Volumen entregado(Mm³)				Déficit %		% Aprov. Agua Sistema	Garantía abast. (%)		
			Qecológico o SA	Agua Potable Milpillas	Total	Abast Qecol SA	Abast AP Milpillas	Derrama do SA	Evapora do sistema	Abast Qecol SA %	Abast AP Milpillas %		Qecológico	Agua Potable	Total
10.838	1.30	5,398.60	170.59	2,418.8	2,589.41	170.59	2,418.8	2,567.28	241.92	0.00	0.00	47.96	100.00	100.00	100.00
3.065	1.40	5,407.82	170.59	2,604.9	2,775.47	170.59	2,604.9	2,396.30	237.19	0.00	0.00	51.32	100.00	100.00	100.00
3.203	1.50	5,417.01	170.59	2,790.9	2,961.53	170.53	2,790.9	2,228.07	231.99	0.03	0.00	54.67	99.97	100.00	100.00
4.835	1.60	5,424.32	170.59	2,977.0	3,147.59	170.51	2,977.0	2,061.68	225.85	0.05	0.00	58.03	99.95	100.00	100.00
4.835	1.70	5,434.17	170.59	3,163.1	3,333.65	170.46	3,160.9	1,900.19	218.58	0.08	0.07	61.30	99.92	99.93	99.93
4.835	1.80	5,446.45	170.59	3,349.1	3,519.72	170.05	3,330.2	1,758.32	211.38	0.32	0.57	64.27	99.68	99.43	99.45
4.835	1.90	5,459.79	170.59	3,535.2	3,705.78	169.89	3,498.2	1,616.43	203.03	0.41	1.05	67.18	99.59	98.95	98.98
4.835	2.00	5,473.57	170.59	3,721.2	3,891.84	169.85	3,652.1	1,491.70	193.01	0.44	1.86	69.83	99.56	98.14	98.21
4.835	2.10	5,477.76	170.59	3,907.3	4,077.90	169.88	3,775.0	1,383.50	185.74	0.42	3.39	72.02	99.58	96.61	96.74
4.835	2.20	5,478.30	170.59	4,093.4	4,263.97	169.82	3,891.5	1,281.57	178.45	0.45	4.93	74.13	99.55	95.07	95.25
4.835	2.30	5,478.83	170.59	4,279.4	4,450.03	169.52	4,006.8	1,179.23	171.83	0.63	6.37	76.23	99.37	93.63	93.85
4.835	2.40	5,479.36	170.59	4,465.5	4,636.09	169.23	4,121.4	1,077.26	165.53	0.80	7.71	78.30	99.20	92.29	92.55
5.612	2.50	5,479.88	170.59	4,651.6	4,822.15	169.14	4,232.0	980.81	158.59	0.85	9.02	80.31	99.15	90.98	91.27
5.809	2.60	5,480.41	170.59	4,837.6	5,008.22	168.70	4,324.3	902.63	150.81	1.11	10.61	81.98	98.89	89.39	89.71
6.006	2.70	5,480.94	170.59	5,023.7	5,194.28	168.80	4,421.9	821.21	143.58	1.05	11.98	83.76	98.95	88.02	88.38
5.643	2.80	5,481.46	170.59	5,209.7	5,380.34	168.45	4,495.5	765.05	135.24	1.26	13.71	85.09	98.74	86.29	86.68

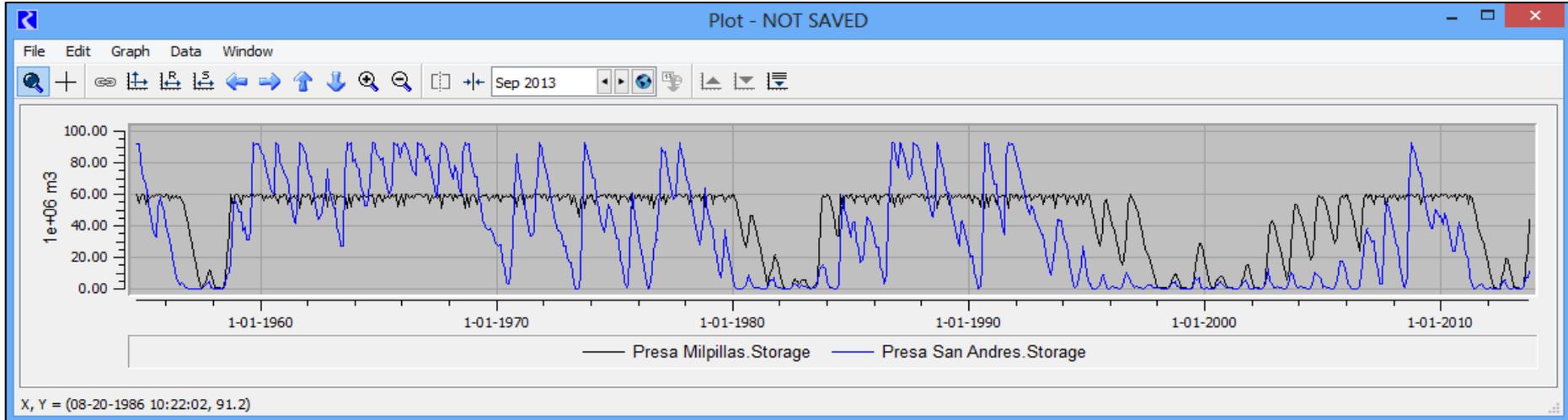




Déficit en la demanda de usuario y caudal ecológico en Milpillas, E3.



Déficit en la demanda de usuario y caudal ecológico en San Andrés, E3.



Variación de los embalses Milpillas y San Andrés, E3.



Escenario 4. Sistema de red fluvial Milpillas con trasvases del Infierno con capacidad 162 Mm³

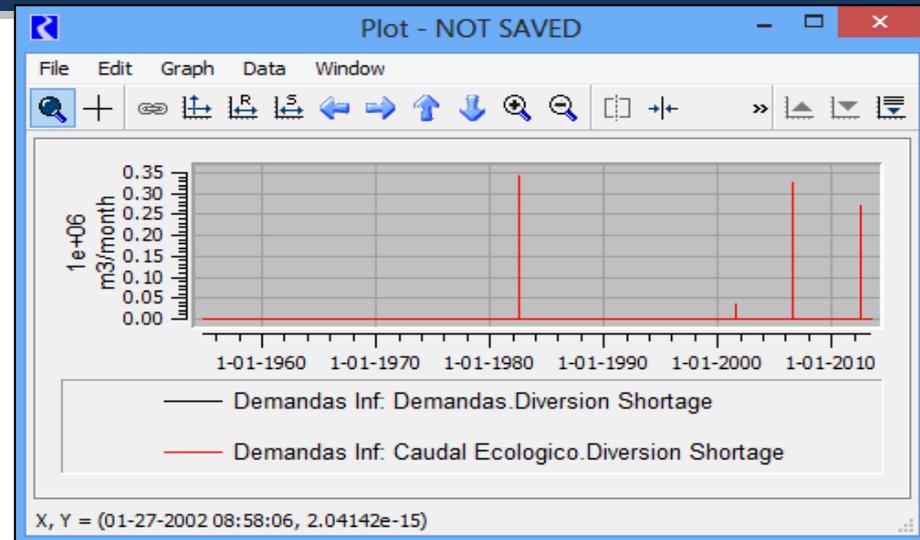
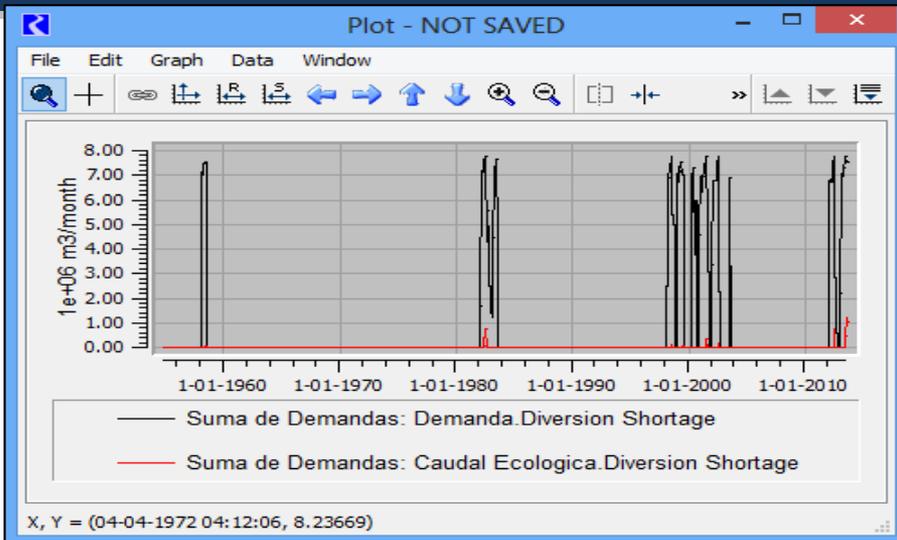
El funcionamiento de este escenario será el mismo que el descrito en el escenario 2. Se tendrá la misma red de flujo descrita anteriormente con la diferencia que ahora quien realiza los trasvases a Milpillas es la presa del “Infierno”.

	Capacidad Útil (m ³)	Elevación máxima (m)	Altura de cortina (m)
Milpillas	59,604,109.63	2,053.605	83.6
Infierno	162,430,000.00	1,800.00	109

Los volúmenes mínimos para la agregación de los meses en Milpillas, son los mismos que los obtenidos en el escenario 2. Los resultados fueron obtenidos para una demanda constante en Milpillas de 2.9 m³/s. El valor óptimo lo da un factor de reserva de almacenamiento mínimo en Milpillas de 4 y un factor para el caudal ecológico del Infierno de 4.

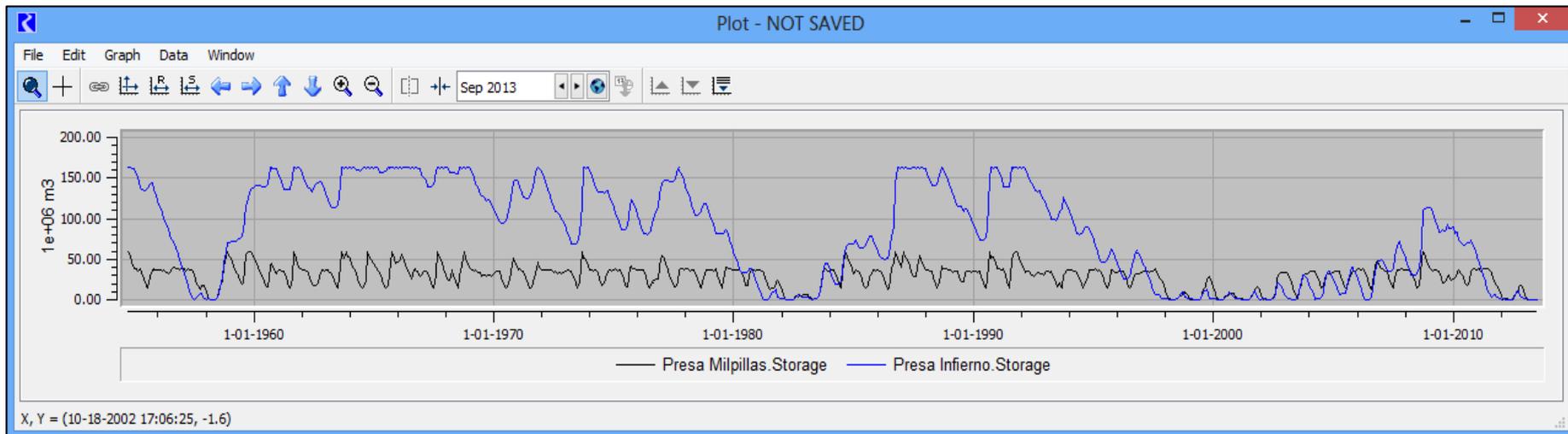
Demanda Max Infierno (m ³ /s)	Disponible sistema (Mm ³)	Vol Entrante del sistema (Mm ³)	Dem. en todo el periodo sim. (Mm ³)			Volumen entregado(Mm ³)				Déficit %		% Aprov. Agua Sistema	Garantía abast. (%)		
			Qecológico SA	Agua Potable Milpillas	Total	Abast Qecol SA	Abast AP Milpillas	Derramado SA	Evaporado sistema	Abast Qecol SA %	Abast AP Milpillas %		Qecológico	Agua Potable	Total
2.933	6,258.03	6,131.71	245.44	5,395.81	5,641.25	245.40	4,481.4	1,302.11	229.17	0.01	16.95	75.53	99.99	83.05	83.79
3.301	6,252.83	6,051.08	241.70	5,312.12	5,553.82	241.05	4,827.1	986.90	197.82	0.27	9.13	81.05	99.73	90.87	91.25
3.981	6,252.24	6,051.08	241.70	5,312.12	5,553.82	241.05	4,860.1	950.65	200.42	0.27	8.51	81.59	99.73	91.49	91.85
4.058	6,252.24	6,051.08	241.70	5,312.12	5,553.82	240.72	4,869.0	937.38	205.16	0.40	8.34	81.73	99.60	91.66	92.00
6.625	6,252.24	6,051.08	241.70	5,312.12	5,553.82	240.62	4,873.5	928.50	209.63	0.45	8.26	81.80	99.55	91.74	92.08
7.223	6,252.24	6,051.08	241.70	5,312.12	5,553.82	240.48	4,878.6	918.51	214.69	0.50	8.16	81.88	99.50	91.84	92.17
11.453	6,252.24	6,051.08	241.70	5,312.12	5,553.82	240.48	4,873.3	925.58	212.85	0.50	8.26	81.79	99.50	91.74	92.08
15.728	6,252.24	6,051.08	241.70	5,312.12	5,553.82	240.48	4,856.8	944.75	210.16	0.50	8.57	81.53	99.50	91.43	91.78
19.760	6,252.24	6,051.08	241.70	5,312.12	5,553.82	239.89	4,825.2	985.23	201.95	0.75	9.17	81.01	99.25	90.83	91.20
23.176	6,252.24	6,051.08	241.70	5,312.12	5,553.82	240.08	4,848.5	954.45	209.25	0.67	8.73	81.39	99.33	91.27	91.62
26.125	6,252.24	6,051.08	241.70	5,312.12	5,553.82	239.99	4,844.1	961.21	206.92	0.70	8.81	81.32	99.30	91.19	91.54





Déficit en la demanda de usuario y caudal ecológico en Milpillas, E4.

Déficit en la demanda de usuario y caudal ecológico en Infierno, E4.

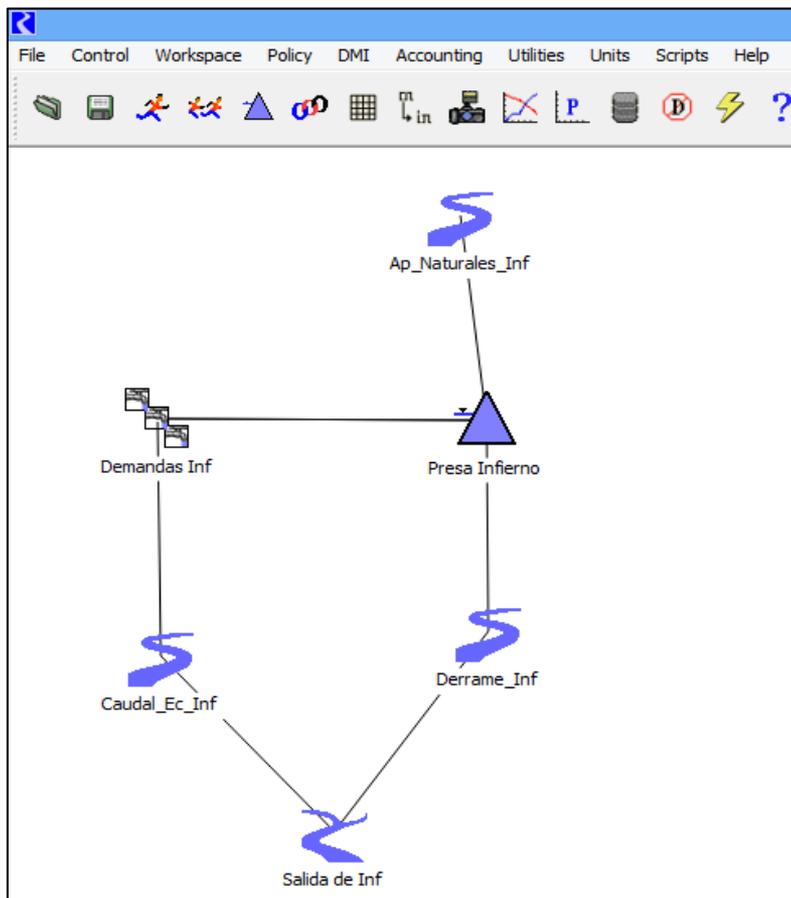


Variación de los embalses Milpillas y el Infierno, E4.



Escenario 5. Simulación del embalse Infierno con capacidad 222 Mm³

En los próximos tres escenarios se utilizará una nueva red fluvial para el embalse de la presa el Infierno. El sistema creado guarda en el objeto Reach las Aportaciones Naturales de la Cuenca Total del Infierno.



La demanda a abastecer será la exigida por el corredor Fresnillo-Zacatecas. La segunda demanda es la del caudal ecológico, esta es el 10% de las aportaciones medias mensuales de la cuenca total del Infierno.

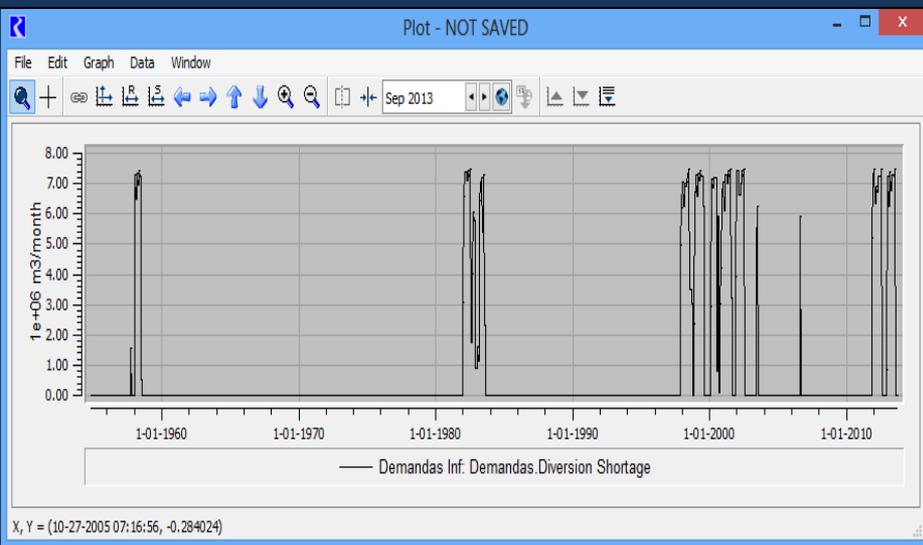
Mediante la red de flujo del Infierno y con el periodo de simulación dado, se llevaron a cabo las simulaciones sin ninguna regla de operación.

Embalse	Capacidad Útil (m ³)	Elevación máxima (m)	Altura de la cortina (m)
Infierno	214,470,000.00	1,811.69	120.69

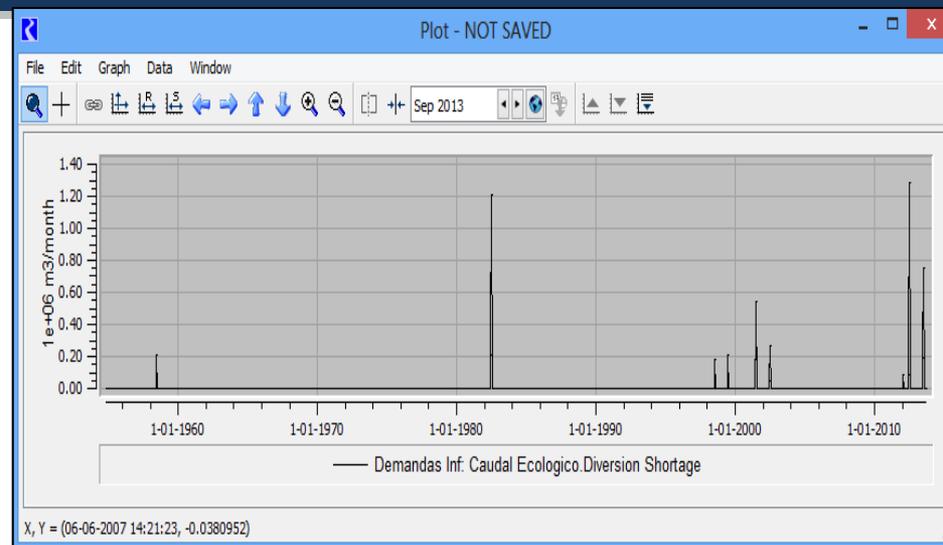
Los resultados obtenidos de las simulaciones son de la presa aislada sin aportaciones de otras subcuencas, para cada simulación se usó un valor de demanda mensual constante variando desde 1.3 m³/s hasta 3.0 m³/s, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Demanda Infierno (m ³ /s)	Vol Entrante (Mm ³)	Disponible (Mm ³)	Dem. en todo el periodo sim. (Mm ³)			Volumen entregado (Mm ³)				Déficit %		Aprov. Agua %	Garantía abast. (%)		
			Qecológico	Agua Potable	Total	Abast Qecol	Abast AP	Derramado	Evaporado	Abast Qecol %	Abast AP %		Qecológico	Agua Potable	Total
1.30	6,131.71	6,151.40	612.98	2,418.81	3,031.79	612.98	2,418.81	2,858.03	261.58	0.00	0.00	49.29	100.00	100.00	100.00
1.60	6,131.71	6,179.13	612.98	2,977.00	3,589.98	612.98	2,977.00	2,339.73	249.42	0.00	0.00	58.10	100.00	100.00	100.00
1.80	6,131.71	6,209.88	612.98	3,349.12	3,962.10	612.98	3,349.12	2,010.18	237.59	0.00	0.00	63.80	100.00	100.00	100.00
2.00	6,131.71	6,240.54	612.98	3,721.25	4,334.23	612.67	3,692.80	1,713.16	221.91	0.05	0.76	68.99	99.95	99.24	99.34
2.20	6,131.71	6,263.42	612.98	4,093.37	4,706.35	611.94	4,003.29	1,442.23	205.96	0.17	2.20	73.69	99.83	97.80	98.06
2.40	6,131.71	6,288.37	612.98	4,465.50	5,078.48	611.74	4,285.85	1,200.16	190.62	0.20	4.02	77.88	99.80	95.98	96.44
2.50	6,131.71	6,288.90	612.98	4,651.56	5,264.54	610.56	4,382.62	1,112.87	182.85	0.39	5.78	79.40	99.61	94.22	94.85
2.60	6,131.71	6,289.42	612.98	4,837.62	5,450.60	608.99	4,476.87	1,027.74	175.82	0.65	7.46	80.86	99.35	92.54	93.31
2.70	6,131.71	6,289.95	612.98	5,023.68	5,636.66	607.61	4,561.93	952.49	167.92	0.88	9.19	82.19	99.12	90.81	91.71
2.80	6,131.71	6,290.48	612.98	5,209.75	5,822.73	607.52	4,648.71	872.14	162.12	0.89	10.77	83.56	99.11	89.23	90.27
2.90	6,131.71	6,291.00	612.98	5,395.81	6,008.79	606.18	4,717.65	813.63	153.55	1.11	12.57	84.63	98.89	87.43	88.60
3.00	6,131.71	6,291.53	612.98	5,581.87	6,194.85	601.79	4,786.53	757.17	146.05	1.83	14.25	85.64	98.17	85.75	86.98

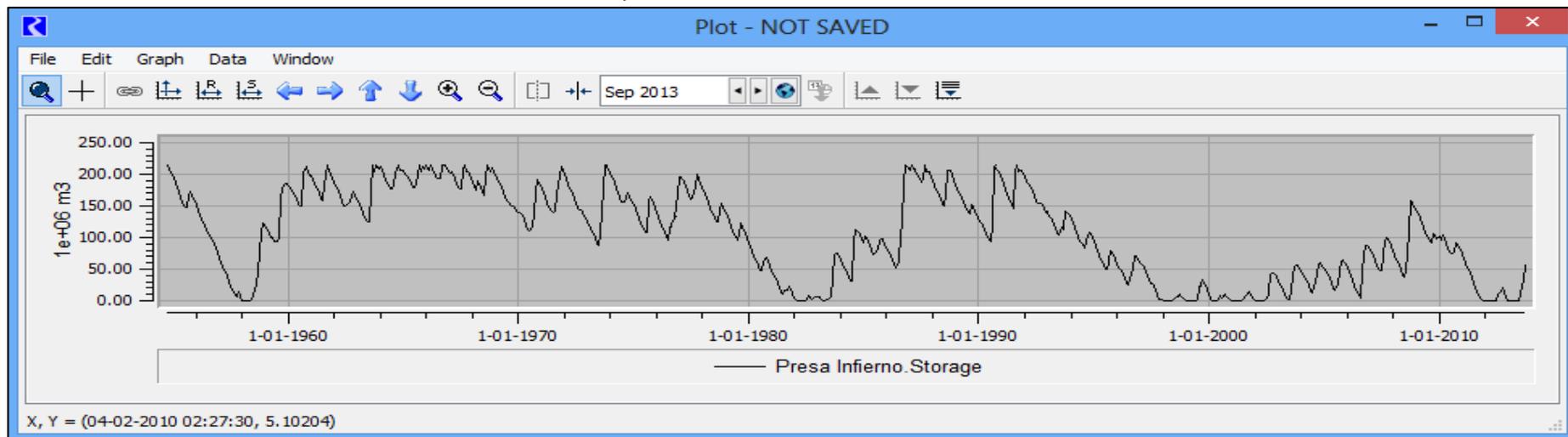




Déficit en la demanda de usuario en Inferno, E5.



Déficit en la demanda de caudal ecológico en Inferno, E5.



Variación del embalse del Inferno, E5.



Escenario 6. Simulación del embalse Infierno con capacidad 333 Mm³

La simulación de este escenario es igual que el anterior, referente a variables, tiempo de simulación y la distribución de la red de flujo del Infierno. De la misma manera considerando que el embalse comienza totalmente lleno, pero con una capacidad de almacenamiento mayor

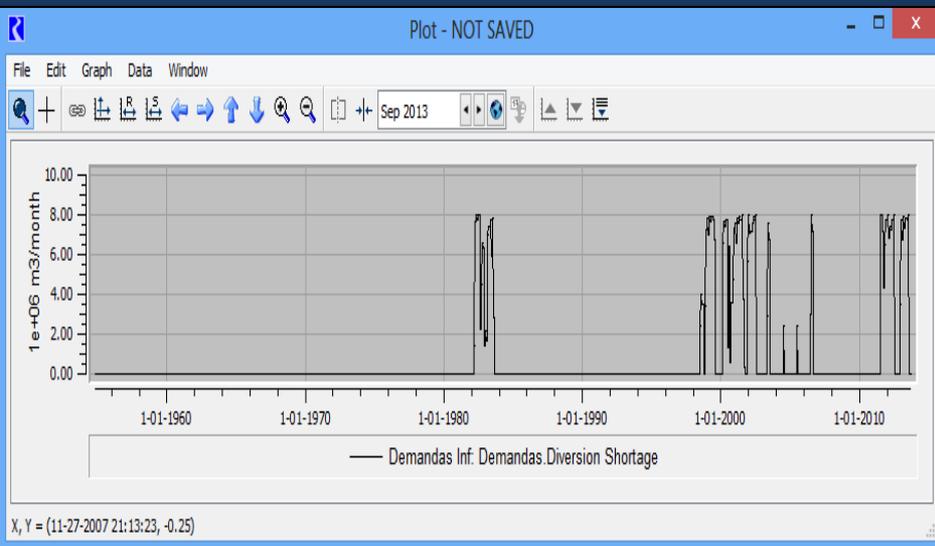
Embalse	Capacidad Útil (m ³)	Elevación máxima (m)	Altura de la cortina (m)
Infierno	326,360,700.00	1,830.00	139

Se simula con una elevación de la cortina 20 metros más que el escenario anterior, llegando a la cota 1,830 m.

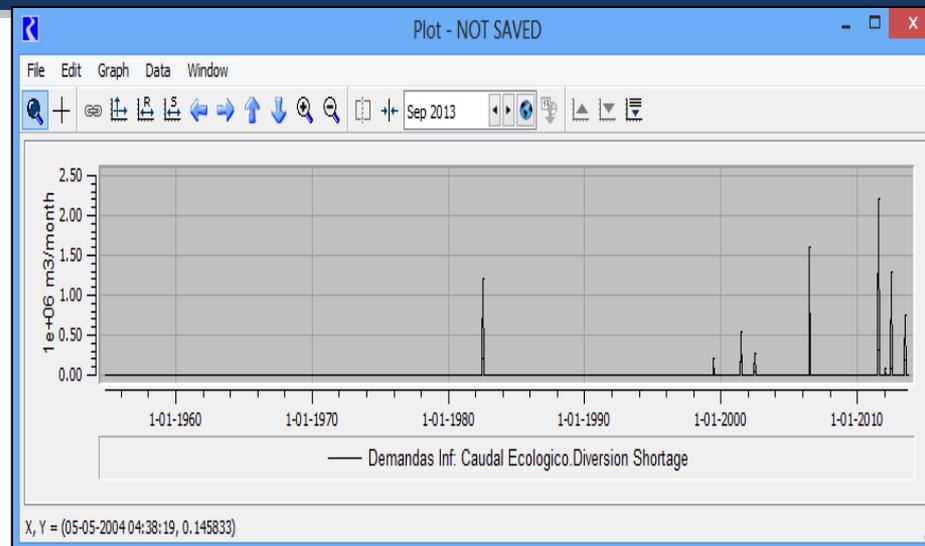
Demanda Infierno (m ³ /s)	Disponible (Mm ³)	Dem. en todo el periodo sim. (Mm ³)			Volumen entregado (Mm ³)				Déficit %		Aprov. Agua %	Garantía abast. (%)		
		Qecológico	Agua Potable	Total	Abast Qecol	Abast AP	Derramado	Evaporado	Abast Qecol %	Abast AP %		Qecológico	Agua Potable	Total
2.60	6,401.31	612.98	4,837.62	5,450.60	609.59	4,651.44	891.87	248.41	0.55	3.85	82.19	99.45	96.15	96.52
2.80	6,402.37	612.98	5,209.75	5,822.73	609.33	4,881.05	683.23	228.75	0.60	6.31	85.76	99.40	93.69	94.29
3.00	6,403.42	612.98	5,581.87	6,194.85	603.81	5,042.11	550.11	207.39	1.50	9.67	88.17	98.50	90.33	91.14
3.17	6,404.32	612.98	5,898.18	6,511.16	602.33	5,171.90	441.51	188.58	1.74	12.31	90.16	98.26	87.69	88.68

Estos resultados muestran una mejora en comparación con el escenario 5, esto debido a que el aumento de la cortina permitió que el porcentaje de agua derramada disminuyera, aprovechando hasta un 88.17% del recurso disponible y dando una garantía de 91.14% para los usos productivos, dando una demanda al corredor de 3.00 m³/s.

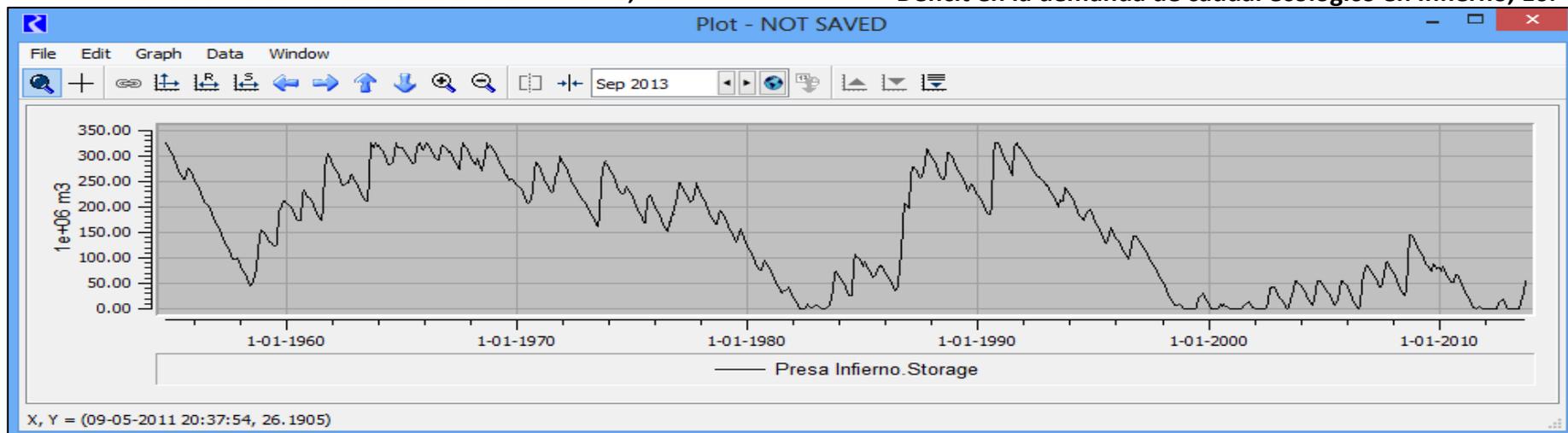




Déficit en la demanda de usuario en Infierno, E6.



Déficit en la demanda de caudal ecológico en Infierno, E6.



Variación del embalse del Infierno, E6.



Escenario 7. Simulación del embalse Infierno con capacidad 492 Mm³

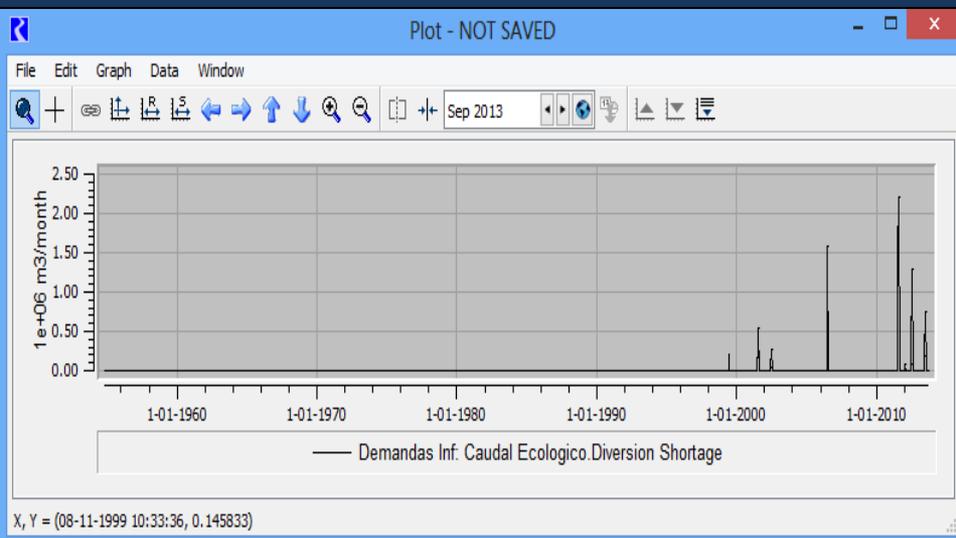
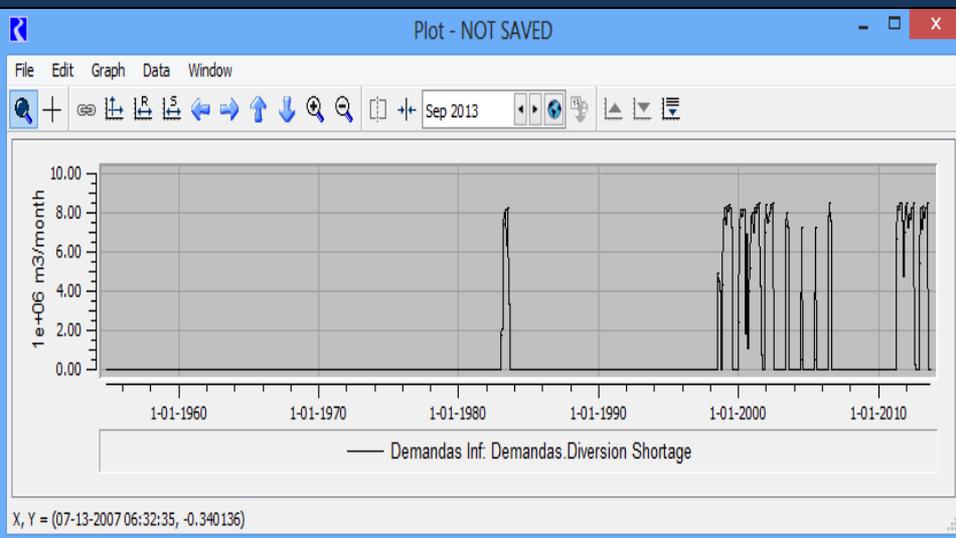
Este último escenario, trabaja igual que los anteriores. El objetivo nuevamente, es aumentar el nivel de almacenamiento para encontrar el valor de demanda óptimo para abastecer la demanda del corredor Fresnillo-Zacatecas.

Embalse	Capacidad Útil (m ³)	Elevación máxima (m)	Altura de la cortina (m)
Infierno	484,550,000.00	1,850	159

En este escenario se ha elevado 20 metros más que en el anterior, llegando hasta la cota 1,850 m de la topografía del terreno considerando la capacidad de azolves.

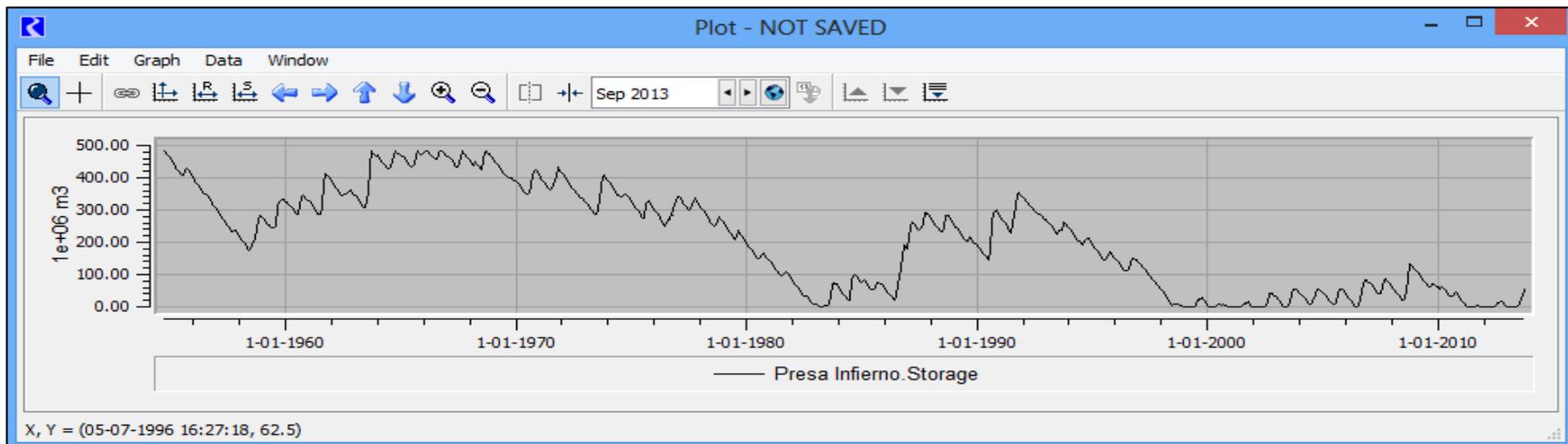
Demanda Infierno (m ³ /s)	Disponible (Mm ³)	Dem. en todo el periodo sim. (Mm ³)			Volumen entregado (Mm ³)				Déficit %		Aprov. Agua %	Garantía abast. (%)		
		Qecológico	Agua Potable	Total	Abast Qecol	Abast AP	Derramado	Evaporado	Abast Qecol %	Abast AP %		Qecológico	Agua Potable	Total
1.30	6,161.73	612.98	2,418.81	3,031.79	612.98	2,418.81	2,670.55	459.39	0.00	0.00	49.20	100.00	100.00	100.00
1.60	6,196.10	612.98	2,977.00	3,589.98	612.98	2,977.00	2,156.66	449.47	0.00	0.00	57.94	100.00	100.00	100.00
1.80	6,227.30	612.98	3,349.12	3,962.10	612.98	3,349.12	1,824.55	440.64	0.00	0.00	63.62	100.00	100.00	100.00
2.00	6,261.94	612.98	3,721.25	4,334.23	612.98	3,721.25	1,503.01	424.70	0.00	0.00	69.22	100.00	100.00	100.00
2.20	6,382.77	612.98	4,093.37	4,706.35	612.98	4,093.37	1,274.36	402.06	0.00	0.00	73.74	100.00	100.00	100.00
2.40	6,501.60	612.98	4,465.50	5,078.48	612.98	4,465.50	1,046.18	376.94	0.00	0.00	78.11	100.00	100.00	100.00
2.60	6,559.50	612.98	4,837.62	5,450.60	610.74	4,783.42	819.83	345.52	0.37	1.12	82.23	99.63	98.88	98.96
2.80	6,560.56	612.98	5,209.75	5,822.73	610.26	5,030.04	599.29	320.97	0.44	3.45	85.97	99.56	96.55	96.87
3.00	6,561.61	612.98	5,581.87	6,194.85	605.43	5,228.29	446.01	281.88	1.23	6.33	88.91	98.77	93.67	94.17
3.17	6,562.51	612.98	5,898.18	6,511.16	604.10	5,329.99	377.81	250.60	1.45	9.63	90.42	98.55	90.37	91.14





Déficit en la demanda de usuario en Inferno, E7.

Déficit en la demanda de caudal ecológico en Inferno, E7.



Variación del embalse del Inferno, E7.



Resumen de resultados óptimos de cada escenario

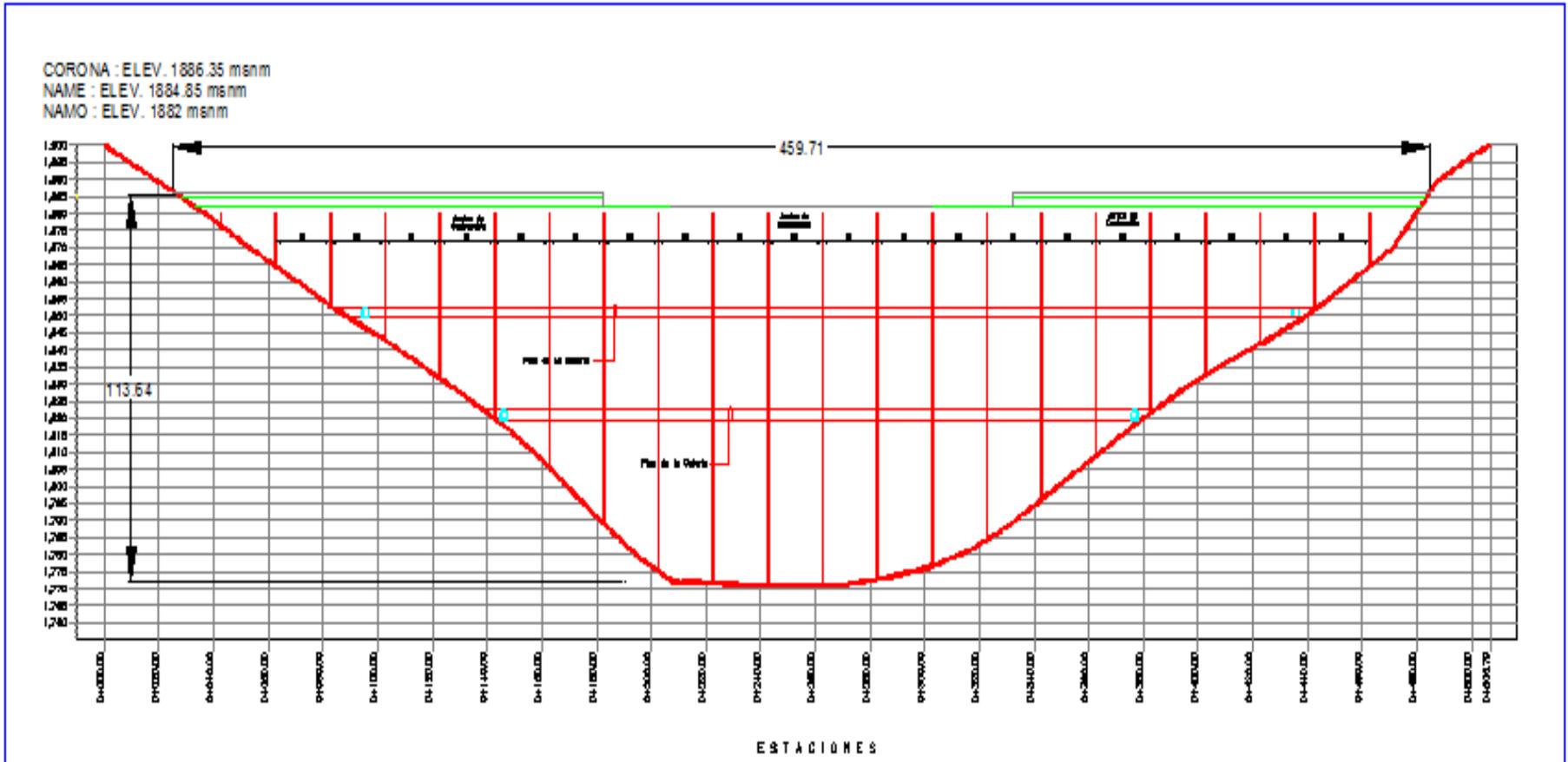
Escenario	Elevación Total de Cortina (m)	Altura de la cortina al NAMO (m)	Capacidad Útil del sistema (Mm³)	Demanda Max San Andrés (m³/s)	Demanda Max Infierno (m³/s)	Vol. Reserva Milpillás	Demanda Milpillás (m³/s)	Vol Entrante del sistema (Mm³)	Disponible sistema (Mm³)	Dem. en todo el periodo sim. (Mm³)		
										Qecológico Salida	Agua Potable Corredor F-Z	Total
<u>1</u>	2,053.6-1882	83.6-110	151.70	0.60	n/a	n/a	1.30	5,383.041	5,401.72	170.59	2,418.81	2,589.41
<u>2</u>	2,053.6-1882	83.6-110	151.70	4.67	n/a	6	2.50	5,312.255	5,445.96	167.99	4,579.42	4,747.41
<u>3</u>	2,053.6-1882	83.6-110	151.70	5.61	n/a	n/a	2.50	5,383.041	5,479.88	170.59	4,651.56	4,822.15
<u>4</u>	2,053.6-1800	83.6-109	222.03	n/a	4.06	4	2.9	6,051.081	6,252.24	241.70	5,312.12	5,553.82
<u>5</u>	1811.69	120.69	214.47	n/a	2.80	n/a	n/a	6,131.712	6,290.48	612.98	5,209.75	5,822.73
<u>6</u>	1830.00	139.00	326.36	n/a	3.00	n/a	n/a	6,131.712	6,403.42	612.98	5,581.87	6,194.85
<u>7</u>	1850.00	159.00	484.55	n/a	3.17	n/a	n/a	6,131.712	6,562.51	612.98	5,898.18	6,511.16

Escenario	Volumen entregado (Mm³)				Deficit %		% Aprov. Agua Sistema	Garantía abast. (%)		
	Abast Qecol Salida	Abast AP Corredor F-Z	Derramado Salida	Evaporado sistema	Abast Qecol Salida	Abast AP Corredor F-Z		Qecológico	Agua Potable	Total
1	170.59	2,418.81	2,575.55	236.77	0.00	0.00	47.94	100.00	100.00	100.00
2	167.36	4,140.27	990.45	147.88	0.38	9.59	79.10	99.62	90.41	90.74
3	169.14	4,232.01	980.81	158.59	0.85	9.02	80.31	99.15	90.98	91.27
4	240.72	4,868.99	937.38	205.16	0.40	8.34	81.73	99.60	91.66	92.00
5	607.52	4,648.71	872.14	162.12	0.89	10.77	83.56	99.11	89.23	90.27
6	603.81	5,042.11	550.11	207.39	1.50	9.67	88.17	98.50	90.33	91.14
7	604.10	5,329.99	377.81	250.60	1.45	9.63	90.42	98.55	90.37	91.14



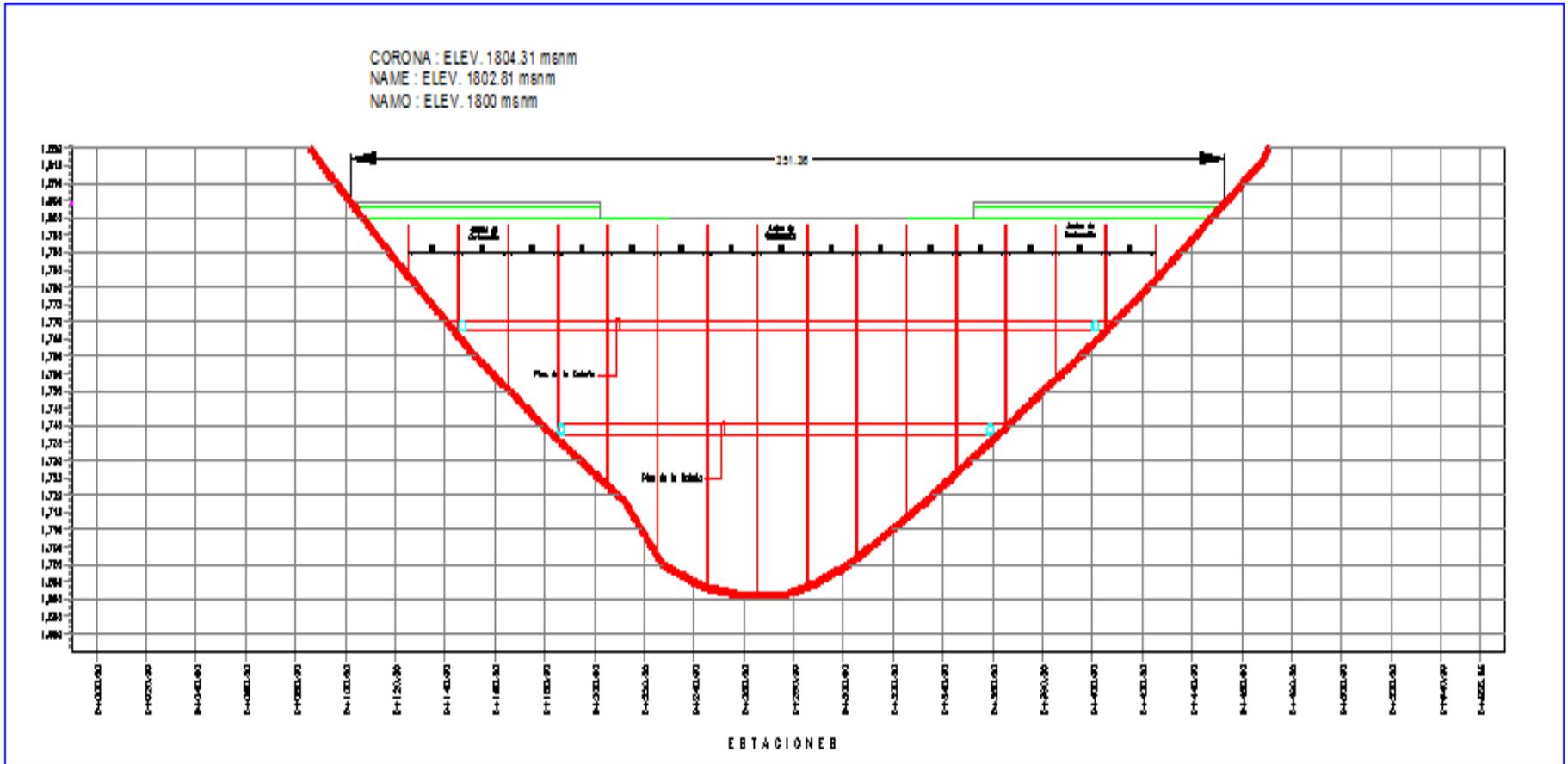
CORTINA SAN ANDRÉS

La Presa tiene una altura máxima de 114.10 m, una longitud de coronamiento de 459.71 m, un ancho de coronación de 6m.



CORTINA EL INFIERNO

La Presa tiene una altura máxima de 113.31 m, una longitud de coronamiento de 351.36 m, un ancho de coronación de 6m.



¡Gracias por su atención!

