

Contenido

Anexo – 2	<i>Factibilidad Técnica</i>	1
I.1	Estudio de funcionamiento de vasos	10
I.2	Análisis de la concentración de flúor en pozos de agua potable	14

Anexo – 2 Factibilidad Técnica

La iniciativa de construir la Presa Tunal II data de mediados del Siglo XX, como una segunda obra que permitiría incrementar el control del Río Tunal, en beneficio de los habitantes del Valle del Guadiana.

El control del Río Tunal, originalmente fue previsto para la protección contra inundaciones y para el almacenamiento de agua para riego. La Presa Guadalupe Victoria inició sus operaciones en el año de 1962, con una capacidad total de 94.6 hm³. Dicha presa, es la segunda más importante en capacidad, para el suministro de agua al Distrito de Riego 052 Estado de Durango; mismo que es abastecido por cinco presas: Santiago Bayacora, Guadalupe Victoria, Francisco Villa, Caboraca y Peña del Águila.

Si bien, la intención de incrementar la capacidad de almacenamiento del sistema de presas mediante la Presa Tunal II, ha sido una constante durante más de seis décadas, la creciente sobreexplotación del acuífero Valle del Guadiana – fuente de abastecimiento de agua potable de la capital del Estado de Durango hasta el día de hoy-, denota dos aspectos primordiales:

1. Una fuente insostenible ante su paulatino agotamiento debido a la sobreexplotación y
2. Una calidad del agua con menor aptitud para consumo humano, que el agua superficial.

El agua del acuífero presenta una restricción al encontrarse el acuífero sobreexplotado y publicado sin disponibilidad, por lo que la oferta es insuficiente -déficit en caudal, de 772 l/s en el año 2019, con tendencia a 1,042 l/s al año 2052- y el crecimiento demográfico tiende a incrementar paulatinamente el déficit en el abastecimiento.

Actualmente, la Ciudad en general recibe un suministro tandeado de agua, con una entrega de agua hasta de 12 horas por día, en el mejor de los casos. La mitad de la ciudad recibe agua menos de 6 horas por día.

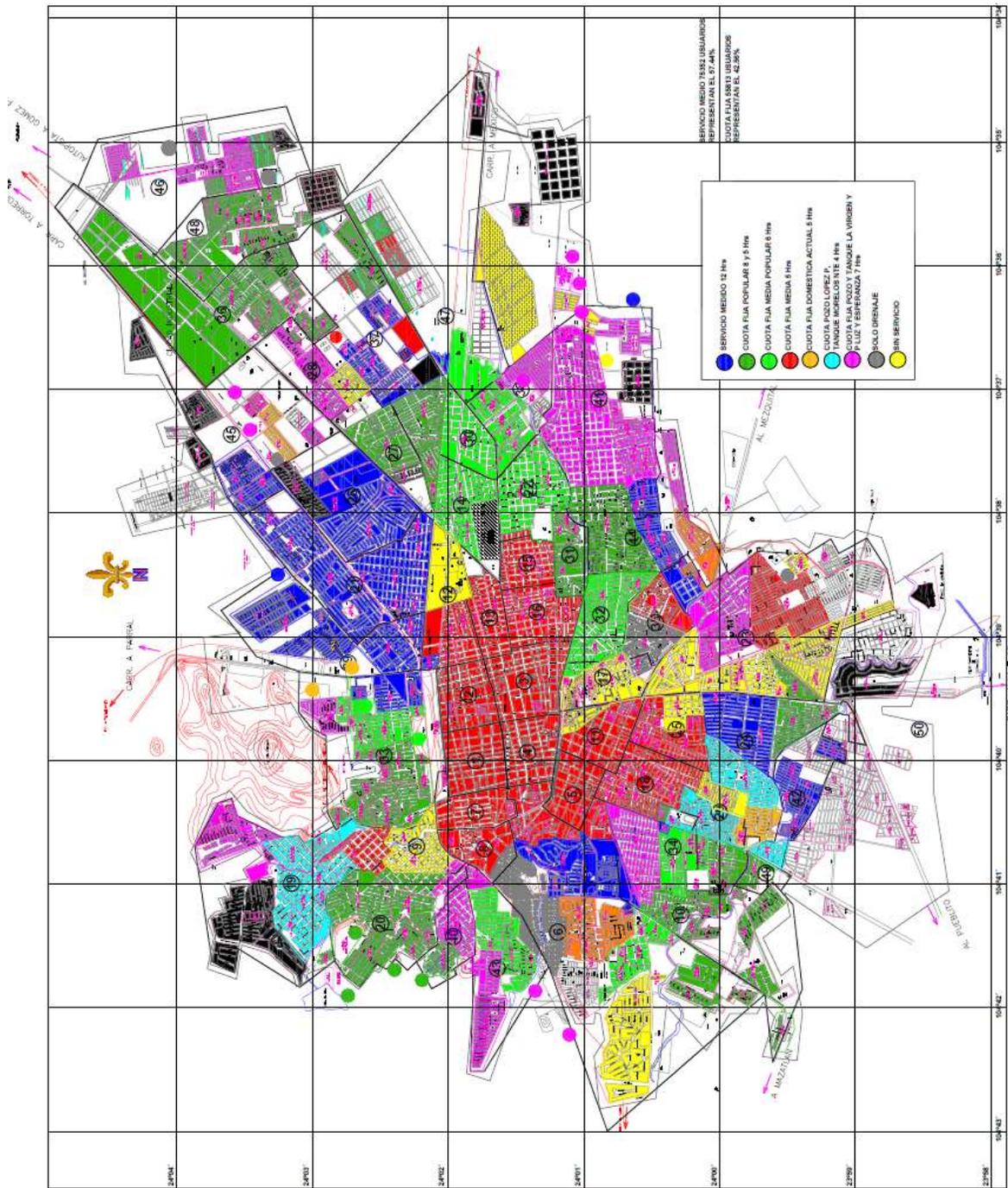
Tabla – A2.1 Tandeo del servicio de agua potable en la Ciudad de Durango

	Horas diarias de suministro						
Porcentaje	4	5	6	7	8	10	12
Parcial	5.14%	45.73%	2.59%	6.94%	7.32%	25.83%	6.43%
Acumulado	5.14%	50.88%	53.47%	60.41%	67.74%	93.57%	100.00%

El tandeo, además de representar una condición de escasez y desabasto para quienes carecen de tinaco o cisterna, también representa una condición de mayor desgaste para las redes de agua potable, que disminuyen considerablemente su vida útil ante las variaciones de presión y presencia recurrente de aire.

El siguiente mapa muestra los distintos sectores afectados por el tandeo, destaca la zona Centro de la Ciudad, que recibe agua únicamente 5 horas al día.

Figura 1. Tandeos en la Ciudad de Durango



Además, el agua subterránea incumple con la norma oficial mexicana de la secretaría de salud NOM-127-SSA1-1994 de calidad del agua. Esto, toda vez que el Flúor, excede hasta más de cuatro veces el valor de límite máximo permisible de concentración (1.5 mg/l). Asimismo, en

el 40.43% del volumen aprovechado en pozos las concentraciones de arsénico también son excesivas - límite máximo permisible de 0.025 mg/l- porcentaje que se encuentra al alza.

En los últimos años, desde el año 2007, el Programa Hídrico Visión 2030 del Estado de Durango, promovió como una de sus líneas estratégicas, el uso de agua superficial de los ríos, para uso público, esto, toda vez que la mejor calidad del agua disponible es de tipo superficial, por lo que en apego al principio de prelación, es importante que el agua para consumo humano provenga de las mejores fuentes de abastecimiento.

En el año 2008 Aguas del Municipio de Durango, realizó a través de la empresa Miranda, Arana, Velazco, S. C. el proyecto “Aguafutura para la Ciudad de Durango”, donde se realizaron las primeras evaluaciones hidrológicas, para explorar esquemas de asignación de derechos de agua potable para uso público, aprovechados entonces en las presas Guadalupe Victoria y Santiago Bayacora. Posteriormente el esquema se orientó en una primera etapa hacia el río Tunal; al identificar que dicha alternativa representa múltiples beneficios. Su objetivo consistió en garantizar el abasto de agua potable de calidad a la Ciudad de Durango, por los próximos 50 años, mediante la sustitución de agua subterránea, por agua superficial para el cumplimiento de las normas de calidad exigidas para el consumo doméstico y protección contra eventuales inundaciones por avenidas del río El Tunal.

Fue así, que se identificó la presa Tunal II, como la mejor opción para que a través de un manejo estratégico del Río Tunal, se incremente la oferta de agua para uso público.

El proceso requirió de un importante trabajo de gestión social, ya que históricamente, la totalidad de las concesiones de agua superficial regulada por las cinco presas, fue exclusivamente para uso agrícola.

En dicho sentido, la gestión de un volumen de 57 hm³ se fundamentó en cuatro principales instrumentos:

1. El intercambio de agua tratada de la Ciudad de Durango, por agua superficial de la presa Guadalupe Victoria, anteriormente concesionada al Distrito de Riego 052 Estado de Durango. Dicha negociación permitió la transmisión de 17 hm³. Esta transmisión quedó respaldada por el Título de asignación núm.: 03DGO120006/11 HBDL15, para uso público urbano por un volumen de 17 millones de metros cúbicos, a favor del Organismo Operador AGUAS DEL MUNICIPIO DE DURANGO, de fecha 25 de septiembre de 2015; mismo que resultó en una actualización del título de concesión para uso agrícola, a un volumen de 46.26 hm³ anuales, que originalmente fuera de 63.259 hm³ anuales.
2. La sobreelevación de la presa Guadalupe Victoria, que consideró la posibilidad de incrementar el aprovechamiento de agua superficial en 10 hm³.
3. La construcción de la presa Tunal II, que permitirá incrementar adicionalmente en 31.36 hm³ el aprovechamiento de agua superficial de la presa. Cabe mencionar que, para este propósito, se considera aceptable un déficit promedio de hasta 5% en el suministro de agua potable, toda vez que se pretende resguardar al acuífero como una fuente de emergencias contra las sequías.
4. El día 15 de septiembre del año 2014, se publicó el Decreto de supresión de vedas para establecer reservas del Río El Tunal para usos doméstico y público urbano; así como para usos ambientales o conservación ecológica, mismo que consideró que la Cuenca del Río

Tunal, debía reservar un volumen de 52.27 hm³ para uso público; que podrían ser concesionados en un futuro, conforme fueran requeridos.

En el año 2012, la CAED, a través de un contrato de consultoría a cargo de Servicios y Consultores, S. C., llevó a cabo los estudios arquitectónicos y de ingeniería básica para la Presa Tunal II. Enseguida, durante el período 2013 – 2018 se trabajó en los estudios de geotecnia y mecánica de suelos; a partir de los cuales, se confirmó que el sitio propuesto para la boquilla de la presa Tunal II, contaba con condiciones favorables en términos estructurales. Durante el mismo período y hasta el año 2019, se trabajó con el proyecto ejecutivo y la ingeniería de detalle de la Presa Tunal II, con la asistencia adicional de Rocher Ingeniería, S. A. de C. V. y de los doctores Xiangyue Li Liu y Gerardo López Juárez-, durante dichas actividades, el proyecto fue perfeccionado en su carácter estructural, al conocer con mayor precisión las características geotécnicas de la boquilla.

Como parte del proyecto ejecutivo, se contó con un análisis hidrológico que confirmó a partir de los registros hidrométricos de la presa Guadalupe Victoria, que es posible cubrir el abastecimiento de 57 hm³ para el suministro de agua potable, de los cuales, un orden de 30 hm³ provendrán de la presa Tunal II y 27 hm³ de la presa Guadalupe Victoria, mientras a su vez, también se aprovechará un volumen de 37.62 para uso agrícola; todo esto, con un porcentaje de deficiencias promedio anual, de un orden del 5%.

En el año 2018, la CAED, a través de la empresa Servicios de Consultoría y Asesoría para Evaluación de Proyectos, S. C., llevó a cabo el Análisis Costo – Beneficio del Proyecto; en el año 2015, la empresa Ingeniería y Gestión Hídrica, S. C., llevó a cabo la Actualización del Análisis Costo-Beneficio de la Presa El Tunal II para aprovechamiento de agua potable, en Durango, Dgo.

Por su parte, la Comisión Nacional del Agua, a través de su grupo consultivo técnico de seguridad de presas, ha supervisado el proceso de diseño de la presa y emitido sus recomendaciones, que han sido atendidas en su totalidad. Su última indicación consistió en implementar un tratamiento de la boquilla a mayor profundidad que la considerada originalmente en el proyecto, para aumentar la seguridad geológico – estructural; misma que fue considerada, junto con otras indicaciones previamente percibidas durante el diseño de la presa.

De este modo, la presa Tunal II, constituye la principal obra de captación de agua superficial, que a través de su potabilización permitirá abastecer a la ciudad de Durango con 57 hm³/año de agua potable y sustituir las fuentes de suministro actual que están sobreexplotadas y contaminadas con metales riesgosos para la salud.

Para esto, sobre el cauce del río El Tunal se construirá la presa El Tunal II, con una capacidad de 126 hm³, de los cuales 30 hm³/año serán destinados a agua potable. Otros 37 hm³/año serán suministrados por la presa Guadalupe Victoria que ya se encuentra en operación aguas abajo del sitio donde será construida la Presa El Tunal II.

Para potabilizar el agua, será construida una planta potabilizadora de 2,700 l/s de capacidad nominal.

La Presa Tunal II operará como presa de almacenamiento y de control de avenidas y regulará el caudal requerido por la presa Guadalupe Victoria a través del río Tunal.

El sistema de presas Tunal II y Tunal I (Guadalupe Victoria) almacenarán y regularán el volumen de 57 hm³ de agua que se destinará para uso público, para lo cual se construirá una obra de

toma adicional a la existente (independiente) con un gasto de diseño de 2,700 l/s. El volumen será conducido a través de un acueducto hasta un cárcamo de bombeo y desde allí, será conducido hasta una planta potabilizadora. El agua potabilizada será conducida a diversos macro tanques y macro circuitos de la ciudad de Durango para su disposición final.

Actualmente la Ciudad recibe 84.091 hm³ de agua proveniente de pozos, volumen que disminuirá su aprovechamiento en la medida que se reemplace con el agua proveniente del Río Tunal. El reemplazo de pozos prioritariamente considerará aquellos que presentan una peor calidad y un mayor costo de operación por bombeo, con lo cual adicionalmente se prevé eliminar la actual sobreexplotación, del acuífero Valle del Guadiana.

La presa El Tunal II tiene como principal finalidad y justificación:

- Suministrar agua potable a los habitantes de la ciudad de Durango, para contar con una fuente saludable de abastecimiento.

Se reconocen adicionalmente, los siguientes beneficios para la obra:

- Coadyuvar con la recuperación del acuífero del Valle de la Guadiana.
- Regularizar las grandes avenidas que se presenten en el río El Tunal.
- Generación de energía eléctrica.
- Uso recreativo en embalses
- Turismo ecológico en sitio de la Presa Tunal II
- Futura regulación de un caudal ecológico

A continuación, se presenta una tabla con datos de las diferentes capacidades del vaso.

Tabla – A2.2 Características generales de la Presa Tunal II

Concepto	Datos
Capacidad de azolves	15.00 hm ³
NAMÍN	1981.30 m.s.n.m.
NAMO	2021.80 m.s.n.m.
Capacidad al NAMO	126.28 hm ³
NAME	2029.07 m.s.n.m.
Capacidad al NAME	164.24 hm ³
Elevación de la corona	2030.00 m.s.n.m.
Elevación del parapeto	2031.00 m.s.n.m.

Fuente: CAED.

Descripción de las estructuras hidráulicas

- Cortina

La cortina de la presa es de tipo gravedad y de concreto rodillado (CCR), y presenta las siguientes dimensiones:

Tabla – A2.3 Dimensiones de la Presa Tunal II

Concepto	Datos
Elevación de la Corona	2030.00 m.s.n.m.
Longitud de la Corona	258.00 m
Ancho de la Corona	6.00 m
Altura desde el lecho del río	85.00 m
Altura desde el desplante	92.00 m

Fuente: CAED.

Los taludes son: vertical en la cara aguas arriba y de 0.8:1 aguas abajo de la presa. El concreto rodillado será desplantado sobre una capa de concreto normal, de 1.50 m de espesor mínimo.

La cortina en su sección máxima será desplantada a la elevación 1938 msnm, por lo que se deberá remover la capa de material no conveniente para el desplante, por lo que se apoyará en la roca que constituye el lecho del río.

El desplante de la presa se realizará con un tapete de inyección de contacto, además se formará una pantalla de inyección a todo lo largo de la cortina.

- Obra de desvío

Las obras para el desvío son necesarias para trabajar en seco sobre el lecho del río para el desplante de la cortina, estos trabajos consisten en:

Construir una ataguía aguas arriba de la cortina y perpendicular al eje del río, con una elevación en su corona de 1052 msnm.

Construir dos conductos de concreto reforzado de 3.00 m de base por

6.00m de altura, con sus respectivos canales de llamada y de descarga, el primer conducto se localiza en la elevación 1945 msnm mientras que el segundo en la elevación 1944 msnm, dichos conductos tendrán una pendiente longitudinal de 0.015. Aguas abajo del eje de la cortina tendrá otra ataguía en sentido transversal al eje del río en la elevación 1050 msnm.

El gasto de la obra de desvío es el obtenido de un período de retorno de 50 años y con un valor de 642.80 m³/s.

Una vez terminada la cortina se tapaná uno de los conductos y el segundo será utilizado como DESAGÜE DE FONDO, al cual se le instalará una compuerta deslizante de 3.00 x 3.00 m realizando las adecuaciones necesarias al ducto de 3.00 x 6.00 m.

La compuerta está diseñada para resistir una carga hidráulica hasta el NAMO, pero el mecanismo operador de la hoja de la compuerta se localiza en la elevación 2030 msnm que es el piso de la corona. Dicho mecanismo podrá ser operado cuando el nivel del agua se encuentre en el NAMÍN ubicado en la elevación 1981.30 msnm.

- Obra de toma

La presa el Tunal II tendrá una sola Obra de Toma, el eje de la obra de toma estará ubicado en la elevación 1978.50 msnm, lo cual permitirá pasar el gasto de agua al segundo vaso de almacenamiento denominado Guadalupe Victoria. La Obra de Toma de la segunda presa

extraerá la misma cantidad de agua de la presa El Tunal II y el caudal adicional correspondería de la captación de la presa Guadalupe Victoria.

El agua de la presa El Tunal II, no se almacenará en la presa Guadalupe Victoria sino que sólo pasará por este almacenamiento.

La Obra de Toma se encuentra alojada en el cuerpo de la cortina y en la margen derecha del río El Tunal, el vaso de la presa cuenta con un canal de acceso con el fin de encauzar el gasto hacia **la estructura de rejillas, donde inicia una tubería de acero de 2.43 m (96") de diámetro**, continuando hacia aguas abajo del cuerpo de la cortina. A continuación, se diseñó una bifurcación provista cada una de las tuberías con válvulas de regulación de gasto.

Con el fin de proporcionar un gasto constante se eligió este tipo de toma con bifurcación, con una capacidad de 15.00 m³/s cada una.

•Vertedor de excedencias

El vertedor de excedencias se encuentra alojado en el cuerpo de la cortina, este vertedor es de tipo cresta libre de eje recto con las siguientes características:

Gasto de descarga	2,200.00 m ³ /s
Longitud de la cresta vertedora	52.00 m.
Elevación de la cresta vertedora	2021.00 msnm
Carga sobre el vertedor	7.27 m.

La sección vertedora, cuenta con un canal de descarga está formado por un cimacio con un perfil tipo Creager, el ancho de la sección es variable ya que va de 52.00 m en la cresta del vertedor y reduce a 34.00 m al pie del canal de descarga. El perfil tipo Creager está ligado a un talud de 0.8:1 aguas debajo de la sección.

Este canal de descarga cuenta con dos aireadores en forma natural. Como estructura terminal se proyectó un salto de esquí, que servirá para depositar el flujo del agua del vertedor hacia aguas abajo de la presa, ya que, por sus condiciones geológicas, es suficiente para disipar la energía provocada por la velocidad del agua hasta su punto de impacto en el lecho del río.

La Presa Tunal II, fue concebida originalmente para el control de los escurrimientos en el río Tunal, en forma conjunta con la presa Guadalupe Victoria. Ofrece una regulación de las avenidas que se presentan en este cauce y para un periodo de retorno de 10,000 años disminuye los derrames vertidos por la presa Guadalupe Victoria, desde 2746 m³/s hasta 1676 m³/s, lo que reduce riesgos de daños potenciales en el cauce aguas abajo de la presa Guadalupe Victoria.

El gasto máximo de descarga con el que fueron diseñadas las obras de excedencias de la presa Guadalupe Victoria, fue de 1,820 m³/s, es decir, actualmente incumple con el criterio de seguridad de eventos con un periodo de retorno de 10,000 años, criterio que será solventado por medio de la construcción de la presa Tunal II, que además de disminuir el riesgo por inundaciones, protegerá a la presa Guadalupe Victoria.

El adecuado manejo de los volúmenes almacenados en las dos presas permite un mayor aprovechamiento del caudal escurrido, incrementando el volumen anual aprovechado desde 64 hm³ con la presa Guadalupe Victoria hasta 94 hm³ al añadir a la presa Tunal II.

El sitio de la boquilla es un estrechamiento topográficamente simétrico hasta la elevación 2,030 msnm donde las pendientes de ambas laderas son similares; por encima de esta cota difieren.

Los estudios geológicos realizados determinaron que las formaciones existentes son dos unidades litológicas: la riolita vesicular superior (Rvs) situadas en la parte superior de la ladera, mientras que en la parte media y baja esta la riolita vesicular inferior (Rvi); ambas rocas se encuentran compactas, duras, con grandes vesículas no interconectadas, y con un fracturamiento bajo a moderado. Por debajo de los 10 m se considera que el macizo rocoso es impermeable; ya que la roca está muy compacta, poco fracturada y los planos cerrados, sin evidencias de circulación de agua.

Se tienen condiciones hidrogeológicas favorables del vaso asegurando el cierre hidráulico por debajo de los 15 m en la zona del cauce. Para mayor seguridad de la presa, se programarán tratamientos de impermeabilización en los primeros 30 m de esta zona, bajo el desplante de la cortina.

Los estudios realizados confirman que a selección de una cortina de concreto compactado con rodillo representa una solución segura para la construcción de la Presa.

Los resultados obtenidos de los estudios son los siguientes.

Tabla - A2.4 Datos generales de la Presa Tunal II

Descripción	Dato de diseño
Corona	
Elevación a la corona	2030.00 m.s.n.m.
Altura a la corona	85.00 m
Altura adicional con parapeto	1.00 m
Bordo libre (Con parapeto)	1.93 m
Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias (NAME)	
Elevación al NAME	2029.07 m.s.n.m.
Altura al NAME	84.07 m
Capacidad al NAME	164.24 hm ³
Capacidad de Superalmacenamiento	37.96 hm ³
Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO)	
Elevación al NAMO	2021.80 m.s.n.m.
Altura al NAMO	76.80 m
Capacidad al NAMO	126.28 hm ³
Capacidad Útil de la Presa	111.28 hm ³
Nivel de agua Mínimas (NAMIN)	
Elevación al NAMIN	1981.30 m.s.n.m.
Elevación de la Obra de Toma	1981.30 m.s.n.m.
Altura al NAMIN	36.30 m
Capacidad para azolves o capacidad muerta (NAMIN)	15.00 hm ³
Vertedor de Excedencias	
Avenida Máxima de Diseño	2,746.40 m ³ /s
Capacidad máxima total de descarga	2,197.19 m ³ /s
Longitud de la cresta libre	52.00 m
Elevación de la cresta del vertedor	2021.80 m.s.n.m.
Datos Generales	
Elevación Aproximada de desplante	1945.00 m.s.n.m.
Volumen Óptimo Inicial de Operación	57.00 hm ³
Periodo de retorno para obra de desvío	50 años
Gasto de diseño de la obra de desvío	642.80 m ³ /s
Gasto de diseño de la obra de toma	15.00 m ³ /s

Fuente: CAED.

Desde el punto de vista técnico el proyecto de la Presa Tunal II es factible. Esto, ya que:

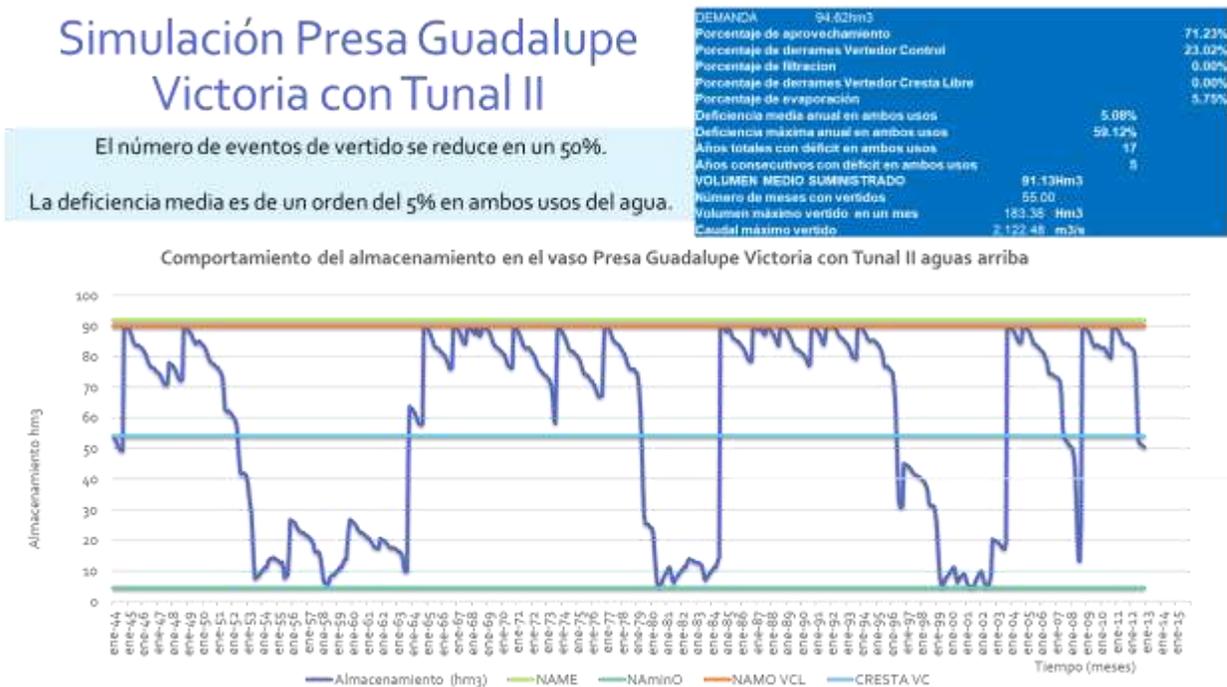
- ✓ Tiene una boquilla geológicamente apta para su construcción.
- ✓ Se encuentra en un sitio hidrológicamente apto para almacenar 126 hm³
- ✓ Incrementará la oferta firme de agua potable en más de 30 hm³ anuales.
- ✓ Es una fuente sostenible en volumen y calidad para uso público.
- ✓ Permitirá que en el río Tunal, se cumpla con la capacidad de regulación de avenidas de 10,000 años de período de retorno.
- ✓ Será determinante para la estabilización del acuífero Valle del Guadiana.

Durante la actualización del análisis costo – beneficio de la Presa Tunal II, se llevaron a cabo los siguientes análisis de verificación.

I.1 Estudio de funcionamiento de vasos

Se confirmó que la viabilidad de un aprovechamiento de 94.62 hm³ del río Tunal, por medio de las presas Guadalupe Victoria y Tunal II.

Figura 2. Resumen de análisis de funcionamiento de vasos, supuesta la existencia de la presa Tunal II



A través de un modelo de funcionamiento de vasos, se identificó una futura disminución de derrames, de 42% en la Presa Guadalupe Victoria, cuando se construya la Presa Tunal II, con respecto a las condiciones actuales, sin dicha presa.

Figura 3. Comparativo de frecuencia de eventos de distinta magnitud de volumen vertido, con y sin presa Tunal II.

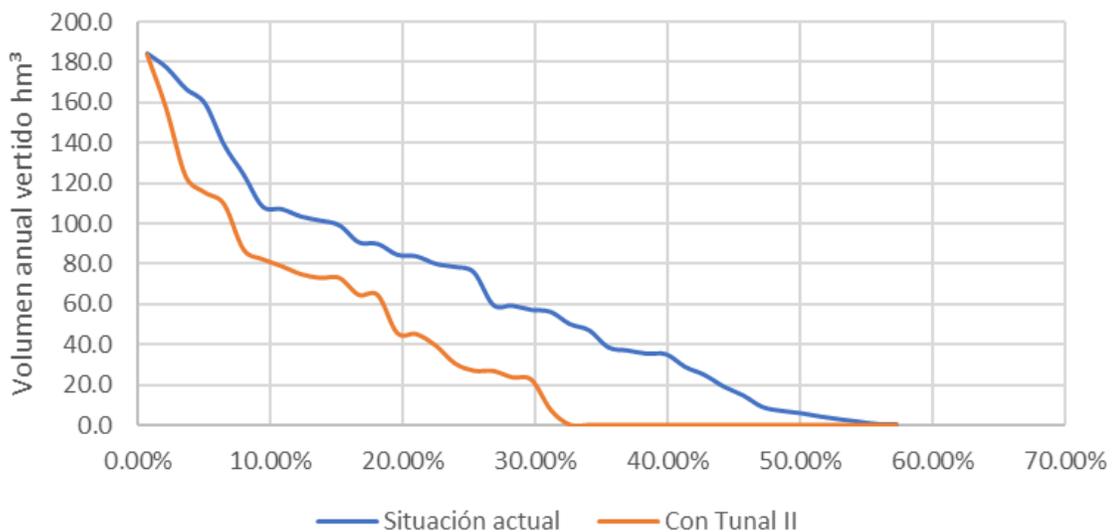


En el gráfico anterior se observa, para una serie de tiempo de 70 años de escurrimientos del río Tunal, la redistribución de frecuencia de eventos para diferentes rangos de escurrimiento; situación que en general, reducirá la frecuencia con la que ocurran inundaciones.

En el siguiente gráfico, se confirma, que la probabilidad de que se originen anualmente vertidos, en general, disminuirá desde 57% hasta 33%.

Figura 4. Probabilidad de que se supere cierto volumen anual de vertido.

Probabilidad de que se supere cierto volumen anual de vertido



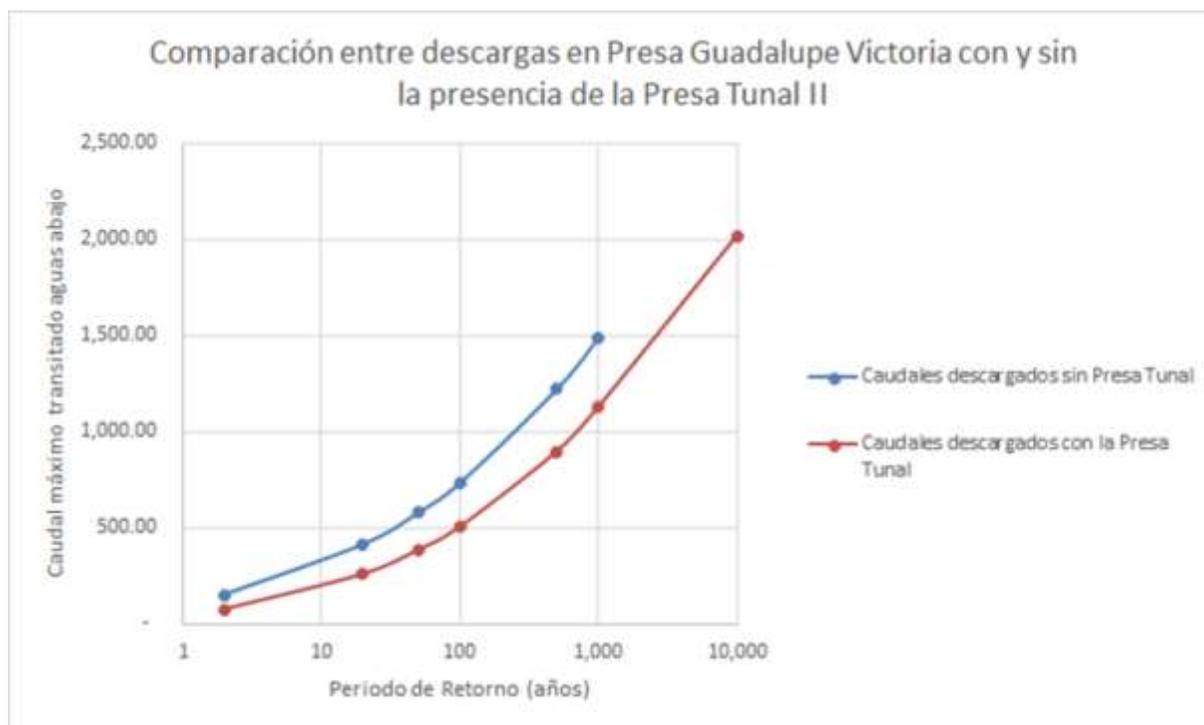
La posibilidad de transitar la avenida de 10,000 años de período de retorno, sin ver superada la capacidad del vertedor de la presa Guadalupe Victoria, lo que significa, que la Presa Tunal II, protegerá a la presa Guadalupe Victoria, contra eventos extraordinarios, correspondientes a la magnitud que normativamente se utiliza para diseñar los vertedores. Esto significa, que la presa

Guadalupe Victoria, actualmente incumple con los estándares de seguridad contra avenidas extraordinarias, y a través de la construcción de la presa Tunal II, los cumplirá.

La presa Tunal II, además de permitir un mayor aprovechamiento del río Tunal, en 31.36 hm³ que beneficiará principalmente al uso público, también disminuye el riesgo de inundaciones. En lo que se refiere al incremento del abastecimiento de agua potable, al volumen que ofrecerá la presa Tunal II, se sumará un volumen transferido desde el sector agrícola, de 25.64 hm³, para contar con 57 hm³ que se entregarán con una deficiencia anual promedio de 4.77%, que conjugados con el suministro de agua mediante pozos, mejorarán el suministro de agua para la Ciudad de Durango.

Actualmente la presa Guadalupe Victoria, carece de la capacidad para transitar el gasto máximo probable para un período de 10,000 años, por sus dos vertedores. La presencia de la presa Tunal II, junto con la Presa Guadalupe Victoria, permitirá que entre ambas presas se regule el gasto de esta avenida, sin que la seguridad de las presas se vea comprometida.

Figura 5. Comparación entre descargas en presa Guadalupe Victoria con y sin la presencia de la Presa Tunal II



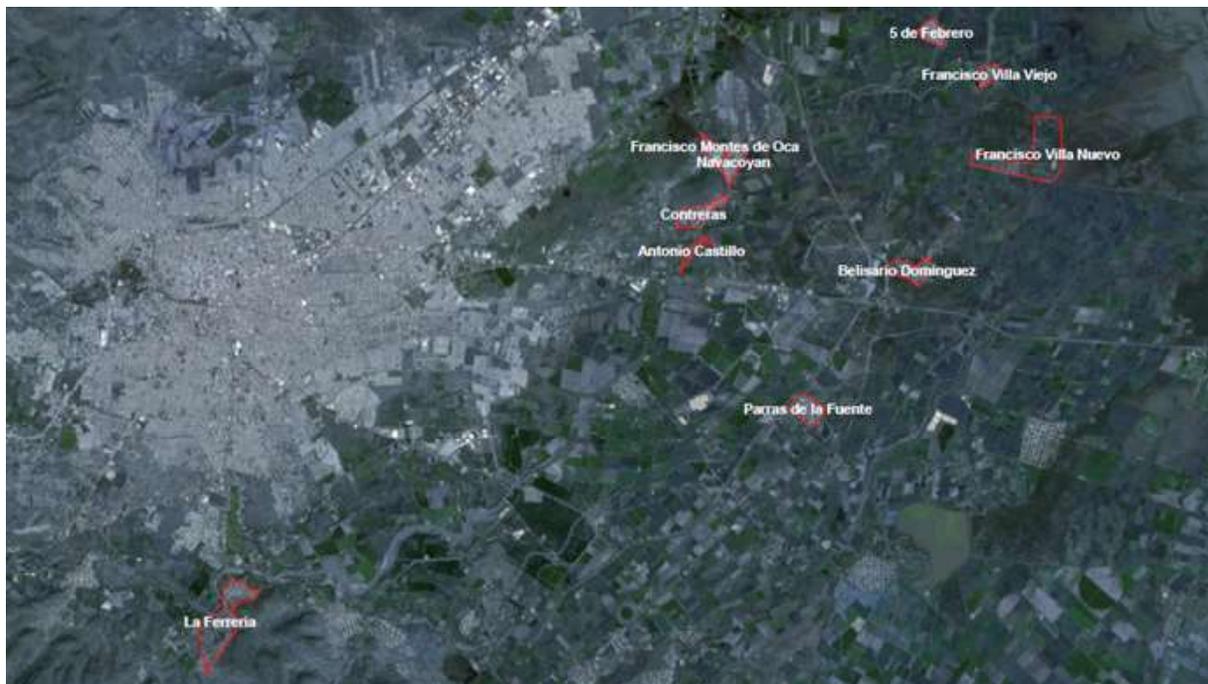
Además de que la presa Tunal II, permitirá que el río Tunal cumpla a través de sus presas, con la exigencia de diseño que se pretende cumplir cuando se construyen presas para control de inundaciones, también disminuirá los gastos máximos durante todas las avenidas que ocurran, con un beneficio al disminuir el riesgo y el daño por inundación.

SADER y Protección Civil, han identificado las zonas afectadas por las inundaciones, mismas que se verán beneficiadas a través de la presencia de la presa Tunal II.

En el siguiente gráfico, por ejemplo, se muestran las 1,612 ha afectadas por el evento ocurrido durante el mes de agosto de 2018. Los apoyos provistos para el gobierno para dichos

productores fueron de \$2,500 por hectárea, lo que asciende a 4.03 MDP, sin que ello represente la totalidad del impacto económico del evento sobre la actividad agrícola.

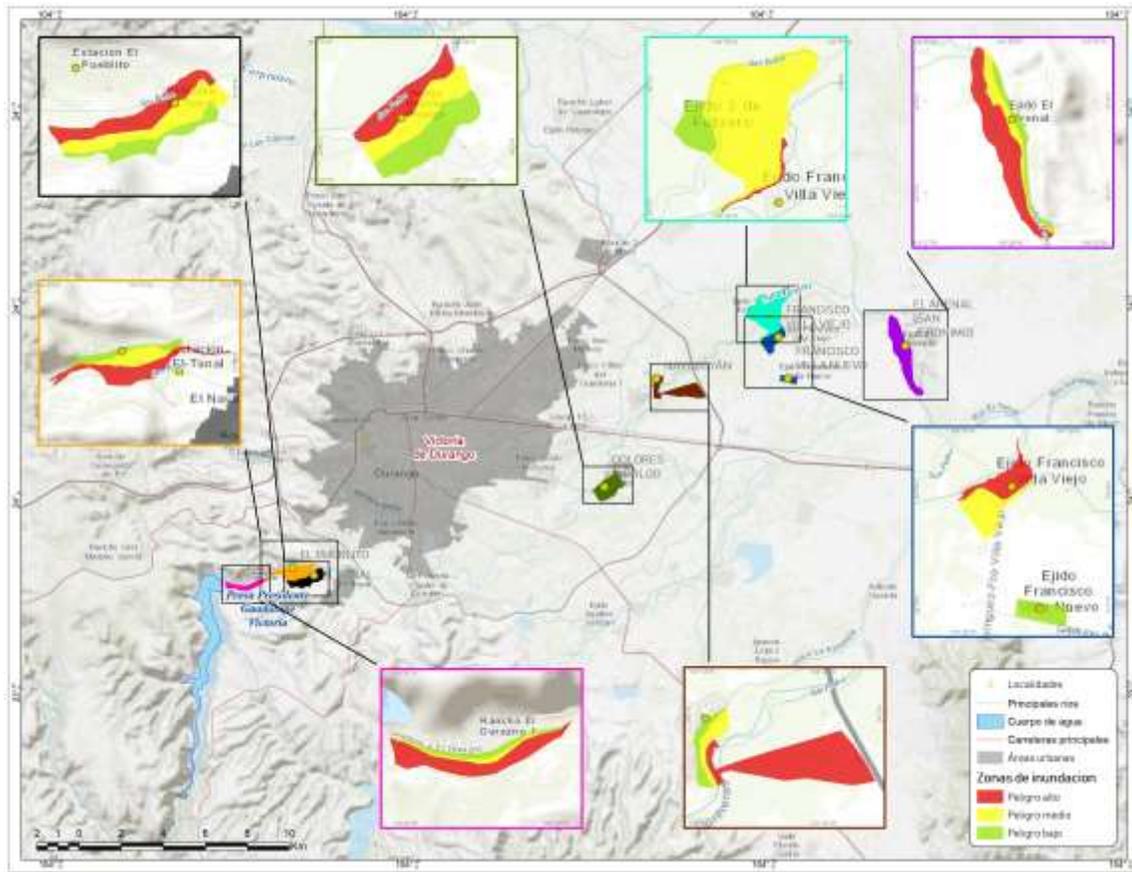
Figura 6. Superficies expuestas a riesgo por inundación, de acuerdo con SADER, año 2019.



Cabe mencionar, que el río Tunal es muy vulnerable a las inundaciones en su zona de planicie debido a las bajas pendientes topográficas, razón por la cual, actualmente, incluso las avenidas con período de retorno de 5 años originan inundaciones; lo que hace del Valle del Guadiana una planicie extremadamente vulnerable a las inundaciones, misma que se verá beneficiada por la presa Tunal II.

Los resultados previamente descritos, se obtuvieron a través del análisis de funcionamiento de vasos, tanto mensual, como instantáneo; en el primer caso, para analizar el efecto sobre la oferta de agua potable y en el segundo, para analizar el efecto sobre el control de gastos máximos durante las avenidas extraordinarias.

Figura 7. Zonas expuestas a riesgo por inundación: alto, medio y bajo; según Protección Civil.

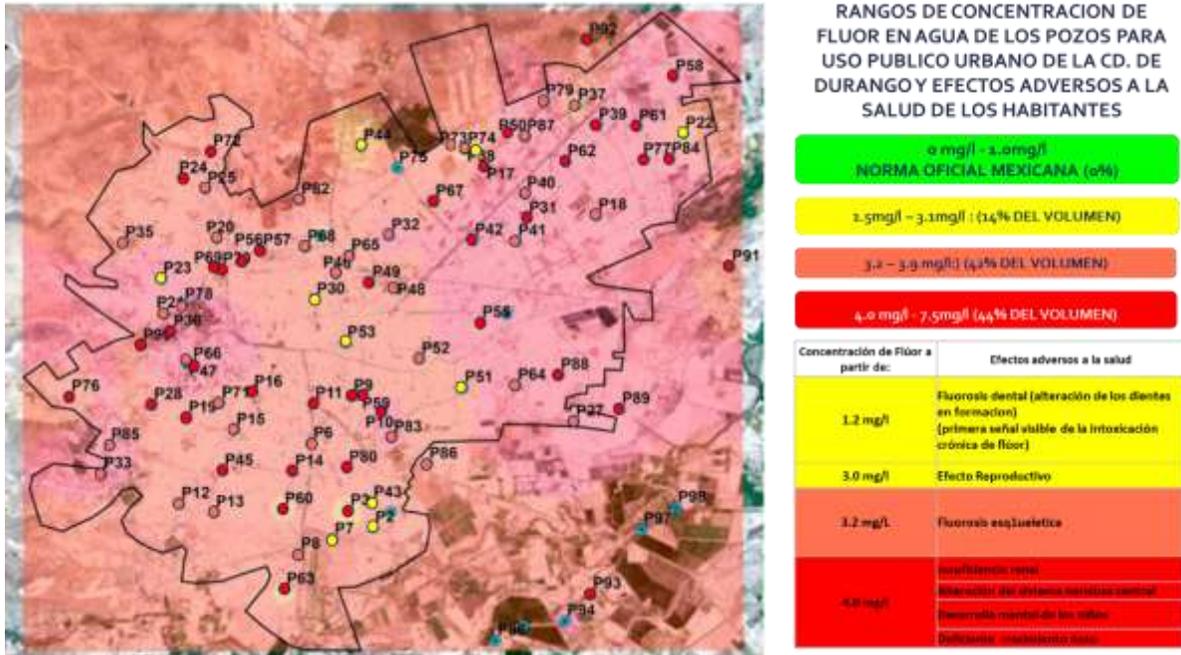


I.2 Análisis de la concentración de flúor en pozos de agua potable

Se confirma que la concentración excesiva de flúor en la totalidad de los pozos del acuífero constituye un elemento crítico y dañino para la salud, que, ante su grado natural de contaminación, excluye a las aguas subterráneas como un volumen sustentable para el abastecimiento público.

Con la asistencia de expertos del IMTA, se analizaron las opciones para remover el flúor, concluyendo que consisten en procesos complejos, de muy alto costo, con riesgos operativos y que, en el mejor de los casos, dan origen a un volumen de aguas de rechazo superior al 30% del agua proveniente de los pozos, que además de que disminuirían la oferta en volumen, darían lugar a un problema de manejo de residuos.

Figura 8. Pozos de agua potable y su concentración de flúor, que en su totalidad, superan la concentración en más de 4 mg/l



Cabe mencionar, que durante la última actualización del ACB, se conformaron dos apéndices descriptivos de la situación del flúor y arsénico en los aprovechamientos subterráneos, mismos que se encuentran igualmente disponibles como parte del expediente.