



PARTIDA 1. "ESTUDIO HIDRICO". ESTUDIOS DEL PLAN MAESTRO "PROYECTO COMPLEJO CULTURAL BOSQUE DE CHAPULTEPEC"

ENTREGABLE 3. DOCUMENTO FINAL QUE CONTENGA LAS
RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE
INSTRUMENTADA PARA LA REHABILITACIÓN
HIDROECOLÓGICA Y CONSERVACIÓN DE LOS RELICTOS
AMBIENTALES DE VEGETACIÓN EXISTENTE EN LA BARRANCA
DE DOLORES.



Contrato No. DGSUS-LPN-F-1-069-20

Marzo 2021



Ciudad de México, CDMX a 10 de Marzo de 2021

MTRO. RAFAEL OBREGÓN VILORIA ENCARGADO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE SISTEMAS DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y ÁREAS DE VALOR AMBIENTAL PRESENTE:

Quien suscribe Grupo de Arquitectos, Construcción y Supervisión S.A de C.V.a través del NANCY MIREYA QUINTANA SALGADO en su carácter de ADMINISTRADOR ÚNICO en relación con Servicios relacionados con Estudios del Plan Maestro "Proyecto Complejo Cultural Bosque de Chapultepec", derivados del Convenio de Coordinación en Materia de Reasignación de recursos celebrado con la Secretaría de Cultura Federal y el Gobierno de la Ciudad de México, y otorgados a la Secretaría del Medio Ambiente. ANEXO UNO "Anexo Técnico" Partida 1: Servicio para la realización del "Estudio Hídrico". Se hace el envió del Entregable 3 conforme al cronograma y el plan de trabajo.

ATENTAMENTE

NANCY MIREYA QUINTANA SALGADO



Índice	
1. MANTENIMIENTO F	PARA PRESA DE MURO DE MAMPOSTERÍA
2. MANTENIMIENTO F	PARA REPRESA MURO ZAMPEADO DE PIEDRA BRAZA6
3. MANTENIMIENTO F	PARA PRESA DE MORILLOS10
4. MANTENIMIENTO F	PARA BORDOS EN CURVA DE NIVEL (KEY LINE)10
	PARA TALUD LATERAL DE GAVIÓN DE PIEDRA BRAZA Y
6. MANTENIMIENTO F	PARA TERRACERO EN ALTA PENDIENTE (MURO KRAIMER)13
7. MANTENIMIENTO F	PARA ZONA DE VERTEDORES/CONEXIÓN ALBAÑAL SISTEMA
8. MANTENIMIENTO F	PARA HUMEDAL RIPARIO15
9. MANTENIMIENTO F	PARA HUMEDAL DE RETENCIÓN LATERAL17
	PARA SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES RES Y BIOFILTROS ANAEROBIOS18
	PARA SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
	PARA LA RESTAURACIÓN HÍDRICA DE LA TERCERA
13. ELABORACIÓN DE	L MODELO HIDRODINÁMICO DE LA CUENCA DOLORES50
	ODELO HIDRODINÁMICO DE LA CUENCA DOLORES PARA AS61
15. RESULTADOS DEL A	MODELO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA DE REPRESAS70
16. MEMORIA DESCRI	PTIVA DE LAS PRESAS DE MAMPOSTERÍA73
17. MEMORIA DESCRI	PTIVA DE REPRESA MURO ZAMPEADO DE PIEDRA BRAZA 76
18. MEMORIA DESCRI	PTIVA DE PRESA DE MORILLOS80
19. MEMORIA DESCRI	PTIVA DE BORDOS EN CURVA NIVEL (KEY LINE)81
82	
	PTIVA DE TALUD LATERAL DE GAVIÓN DE PIEDRA BRAZA Y
21. MEMORIA DESCRIF	PTIVA DE TERRECEO DE ALTA PENDIENTE85



	MEMORIA DESCRIPTIVA DE ZONA DE VERTEDORES/CONEXIÓN ALBAÑAL	87
	MEMORIA DESCRIPTIVA DE HUMEDAL RIPARIO.	
	MEMORIA DESCRIPTIVA DE HUMEDAL LATERAL.	
	MEMORIA DESCRIPTIVA DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS	50
	IDUALES CON BASE EN REACTORES Y BIOFILTROS ANAEROBIOS	91
	MEMORIA DESCRIPTIVA DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS	
	IDUALES CON BASE EN HUMEDALES	
	CONSIDERACIONES PARA FACILITAR LA INFILTRACIÓN DEL AGUA PLUVIA	
COI	NVERTIR EL VASO DE LA PRESA DE DOLORES EN UN ÁREA RECREATIVA	.114
28.	CONCLUSIONES	. 115



1. MANTENIMIENTO PARA PRESA DE MURO DE MAMPOSTERÍA.

La prevención debe ser la base de todas las acciones de conservación para mantener en óptimas condiciones la infraestructura. Esto exige una vigilancia continua para distinguir los problemas potenciales y actuar en consecuencia. El mantenimiento preventivo para las estructuras que integran a una presa de mampostería, consiste en aplicar las medidas necesarias para protegerlas contra el deterioro, debido al envejecimiento, agentes agresivos o acciones que causen detrimento y cuya ocurrencia pueda predecirse por medio de una inspección periódica.

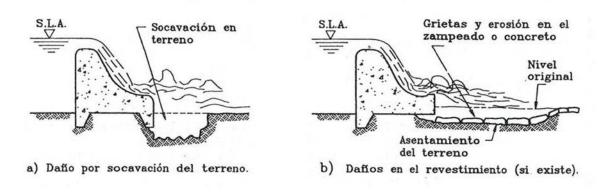
PROTECCIÓN DEL TERRENO AL PIE DEL PARAMENTO AGUAS DEBAJO DE LA ESTRUCTURA VERTEDORA.

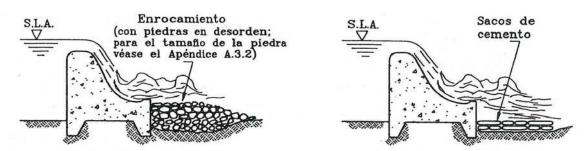
La siguiente medida se recomienda implementarse en la superficie del colchón de amortiguamiento que recibe la descarga de agua desde el vertedor.

- Remover y limpiar todo el material vegetal, tierra y piedras sueltas del área afectada.
- Excavar el fondo hasta obtener una superficie ligeramente plana y con la profundidad necesaria, hasta suelo firme y sano; dejar las paredes de la excavación sensiblemente verticales y rectas para colocar un relleno firme.
- > Retirar el material producto de la excavación.
- Si al excavar aparecen filtraciones de agua en el terreno de cimentación, desecar el área para evitar problemas a los trabajos de relleno. Antes de iniciar el relleno compactar el fondo de la excavación.
- Colocar el relleno con material seleccionado (de la excavación o de banco) y disponerlo en capas de 20 cm hasta el nivel requerido. Compactar cada capa con elementos mecánicos o manuales. Una vez concluido el relleno éste se protege con una capa de 30 ó 40 cm de espesor de piedra vaciada, en toda la longitud de la descarga y con un ancho de acuerdo a las observaciones del ingeniero supervisor.
- Otra protección se logra colocando dos o más estibas cruzadas de sacos de cemento. Ya colocados los sacos de cemento, estos se mojan para que endurezcan.



Excavar el fondo hasta obtener una superficie ligeramente plana y con la profundidad necesaria, hasta suelo firme y sano; dejar las paredes de la excavación.





c) Tipos de prevención contra la erosión del terreno.

Figura. 1.1 Protección del terreno al pie de descarga.

MEDIDAS PREVENTIVAS.

- > Desazolvar el fondo de la presa en temporada de estiaje.
- Quitar todos los arbustos cercanos a los taludes del canal para que el crecimiento de sus raíces no pueda dañarlos. Mantener corta toda la vegetación de las laderas superiores para evitar la caída constante de ramaje, troncos u hojarasca dentro del canal.
- Limpiar todo indicio de crecimiento de vegetación en juntas y quitar el musgo o la lama pegada al revestimiento.
- Resanar y aplicar recubrimientos impermeabilizantes en grietas que provoquen humedad o pequeñas filtraciones.



- Inspeccionar las juntas constructivas con el fin de detectar deslizamientos entre los tramos del conducto y filtraciones que se puedan convertir en fugas de consideración.
- ➤ Detectar grietas y fallas que puedan provocar fracturas y desprendimientos en los revestimientos de los taludes (muros de mampostería). Lo anterior se puede producir por posibles movimientos de terreno, o excesiva filtración de agua en el mismo.

MEDIDAS CONTRA EROSIÓN.

Las siguientes medidas son recomendadas para el control de erosión de los taludes del cauce, adyacentes a las márgenes de la presa., debido a que la erosión provoca la pérdida de estabilidad del terreno de los taludes.

En este caso se deberá comparar la velocidad en el cauce contra la máxima permisible También vigilar en forma constante la erosión y la estabilidad del terreno de los taludes.

2. MANTENIMIENTO PARA REPRESA MURO ZAMPEADO DE PIEDRA BRAZA.

La prevención debe ser la base de todas las acciones de conservación para mantener en óptimas condiciones la infraestructura. Esto exige una vigilancia continua para distinguir los problemas potenciales y actuar en consecuencia. El mantenimiento preventivo para las estructuras que integran a una represa de muro zampeado de piedra braza, consiste en aplicar las medidas necesarias para protegerlas contra el deterioro, debido al envejecimiento, agentes agresivos o acciones que causen detrimento y cuya ocurrencia pueda predecirse por medio de una inspección periódica.

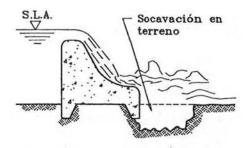
PROTECCIÓN DEL TERRENO AL PIE DEL PARAMENTO AGUAS DEBAJO DE LA ESTRUCTURA VERTEDORA.

La siguiente medida se recomienda implementarse en la superficie del colchón de amortiguamiento que recibe la descarga de agua desde el vertedor.

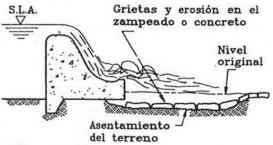
Remover y limpiar todo el material vegetal, tierra y piedras sueltas del área afectada.



- Excavar el fondo hasta obtener una superficie ligeramente plana y con la profundidad necesaria, hasta suelo firme y sano; dejar las paredes de la excavación sensiblemente verticales y rectas para colocar un relleno firme.
- > Retirar el material producto de la excavación.
- > Si al excavar aparecen filtraciones de agua en el terreno de cimentación, desecar el área para evitar problemas a los trabajos de relleno. Antes de iniciar el relleno compactar el fondo de la excavación.
- ➤ Colocar el relleno con material seleccionado (de la excavación o de banco) y disponerlo en capas de 20 cm hasta el nivel requerido.
- Compactar cada capa con elementos mecánicos o manuales. Una vez concluido el relleno éste se protege con una capa de 30 ó 40 cm de espesor de piedra vaciada, en toda la longitud de la descarga y con un ancho de acuerdo a las observaciones del ingeniero supervisor.
- Otra protección se logra colocando dos o más estibas cruzadas de sacos de cemento. Ya colocados los sacos de cemento, estos se mojan para que endurezcan.
- Excavar el fondo hasta obtener una superficie ligeramente plana y con la profundidad necesaria, hasta suelo firme y sano; dejar las paredes de la excavación.

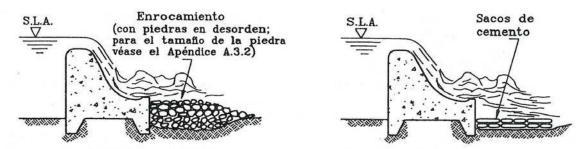


a) Daño por socavación del terreno.



b) Dafios en el revestimiento (si existe).





c) Tipos de prevención contra la erosión del terreno.

Figura. 1.2 Protección del terreno al pie de descarga (2).

• PROTECCIÓN DE DESCARGAS CON REVESTIMIENTO DE ZAMPEADO.

La siguiente medida se recomienda implementarse en revestimientos de zampeados de piedra que presenten grietas o desprendimientos, para lo cual se recomienda lo siguiente:

- Para pequeñas grietas, sin desfasamiento aparente entre sus caras y sin asentamiento o abombamiento del zampeado:
- a. Limpiar perfectamente ambos lados de la grieta (quitar la lama o musga).
- b. En función del ancho de su abertura pueden sellarse con compuestos epóxicos o mezclas de cemento Pórtland. Las limitaciones principales para la utilización de estos materiales son el costo y la posición del zampeado.
- Para desprendimientos con grietas amplias o pequeñas con deformación del zampeado por asentamientos, movimiento en laderas y/o por presión del agua infiltrada):
- a. Quitar todo el zampeado afectado, hasta los límites del zampeado firme. Se requiere que las caras finales sean de forma irregular para lograr una junta adecuada.
- b. Preparar la superficie del terreno, de acuerdo a lo siguiente:
 - Si la causa del deterioro fue asentamiento del terreno, plano o de pendiente, se debe quitar la tierra floja y rellenar con tierra compactada.
 - Si el problema fue por deslizamiento o desprendimiento de terreno en laderas quitar toda la parte fallada o suelta del terreno. Afinar uniformemente para dar nueva superficie de desplante.



Retirar todo el material removido y quitar todo el mortero viejo para que las caras sean sólo de piedra.

c. Preparar la superficie del terreno, de acuerdo a lo siguiente:

En terreno plano o de poca pendiente pegar con mortero piedra a piedra o bien, rellenar toda el área con concreto ciclópeo utilizando y vaciando la misma piedra y el mortero.

En terreno de laderas (pendientes fuertes) debe colocarse la piedra una a una, de abajo hacia arriba.

• PROTECCIÓN EN REVESTIMIENTOS DEBIDO AL ASENTAMIENTO DEL TERRENO DE DESPLANTE.

Otro problema en estos revestimientos se debe al asentamiento del terreno de desplante, en casos de poca magnitud, con lo cual se propone lo siguiente:

Levantar y retirar el material del revestimiento dañado a una distancia mayor de 40 o 50 cm fuera del área afectada.

Retirar el material de suelo suelto o saturado de agua.

Excavar un cajón en el terreno de 30 a 60 cm de profundidad bajo el nivel de desplante y retirar el material de excavación.

Colocar un relleno por cepas de 20 cm hasta el nivel de desplante (compactarlas en forma mecánica o manual).

Revestir nuevamente, de acuerdo al material requerido. Prever una buena adherencia entre el revestimiento nuevo y el original.

RECOMENDACIONES GENERALES

Humedecer todas las caras y las piedras antes de ser colocada.

Utilizar piedra braza o cantera de tamaño mayor a 15 cm.

Utilizar mortero de cemento-arena (1:5).

Rellenar con mortero todos los huecos, entre piedra y piedra o entre piedra y terreno,

Evitar juntas de mortero mayores a 3 o 4 cm de ancho,



3. MANTENIMIENTO PARA PRESA DE MORILLOS.

Las presas de morillos son obras cuyos materiales son reemplazables al 100%, sin embargo se deben revisar periódicamente para su correcto funcionamiento, entre las acciones preventivas y correctivas. El periodo de reemplazo de elementos varía de 2 a 5 años, dependiendo de las condiciones del sitio donde se encuentren desplantadas.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Cambiar los troncos que funcionan como estructuras de contención y retención (Postes de hincado y largueros), cuando estos presenten hinchamiento por exceso de humedad o deterioro considerable.

Estabilizar talud colindante a la presa si este ha sufrido erosión.

Estabilización del fondo de cárcavas.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Aplicar medidas de mitigación como cabeceo de cárcavas, reforestación, zanjas derivadoras de escorrentía y terrazas.

Recubrir los troncos de las presas de morillos con algún tipo de impermeabilizante, que evite la filtración continua de la humedad en la madera y mitigar el desgaste debido al intermperismo.

4. MANTENIMIENTO PARA BORDOS EN CURVA DE NIVEL (KEY LINE).

Mantener el correcto acomodo de piedras sobre las curvas de nivel es de suma importancia, ya que con ello se logra retener suelo y disminuir la velocidad de escurrimientos en suelos con presencia de erosión laminar, entre las acciones más importantes de mantenimiento se encuentran las siguientes:

Aplicar rellenos de material de terreno natural en las oquedades o hendiduras que se generan en el acomodo de piedras.

Mantener los volúmenes de zanjas adecuados, mediante rellenos de terreno natural o excavaciones.



Reposición de tramos de piedra erosionada en los bordos en curva de nivel.

Reposición de piedra faltante en tramos de los bordos en curva de nivel que se requiera, debido a un agente externo.

5. MANTENIMIENTO PARA TALUD LATERAL DE GAVIÓN DE PIEDRA BRAZA Y GAVIÓN LATERAL

Los materiales con lo que están elaborados los gaviones, son muy sensibles a la acción de los rayos UV del sol, por lo que siempre necesitarán un aditivo de recubrimiento.

• RECUBRIMIENTO DE GALVANIZADO CONTRA LA CORROSIÓN Y ABRASIÓN

Esta recomendación se hace para el empleo de gaviones que estarán sujetos bajo agentes agresivos de intemperismo, como exposición alta a rayos UV y aguas con alto contenido de pH.

La efectividad del galvanizado depende de la proporción de peso de Zinc por área de alambre expuesto. Se recomienda que cuando se compren los gaviones, se revise en las especificaciones técnicas que la malla tenga recubrimiento de zinc, para garantizar mayor durabilidad.

RECUBRIMIENTO CON ASFALTO

Esta medida de acción, es complementaria de la mencionada anteriormente, por inmersión en caliente en asfalto, agregando una película de 5 cm de espesor. El recubrimiento en asfalto aísla parcialmente de la humedad y previene la corrosión pero aporta muy poca resistencia a la abrasión. Esta medida se aplica cuando los gaviones son expuestos bajo condiciones de abrasión debido al intemperismo como exposición alta a rayos UV y presencia de sales alcalinas. Lo más práctico de emplear para el recubrimiento por asfalto es usar un riego de impregnación por manguera.

RECUBRIMIENTO CON PVC

Esta medida se recomienda para gaviones que estarán expuestos en descargas de aguas negras, de carácter corrosivo. El PVC (Cloruro de polivinilo) adherido a fusión aísla totalmente de la humedad y resiste en forma apreciable la corrosión. Su principal ventaja es la protección contra las aguas servidas, siendo el ideal para uso en cañadas de aguas negras. Se arma una canastilla



que recubra los gaviones por medio de largueros y travesaños, de tal manera que queden aislados.

RECUBRIMIENTO CON CONCRETO

Cuando el estado de deterioro por corrosión en la malla de los gaviones es muy severo, se opta por un recubrimiento de concreto, como medida de protección a la abrasión. El procedimiento consiste en revestir completamente el gavión de concreto, con un espesor de capa de recubrimiento de 5 a 10 cm según lo requiera, de esta manera el gavión quedará como una estructura monolítica completamente aislado. Como procedimiento constructivo lo más práctico de emplear es concreto lanzado con manguera.



Figura. 1.3 La corrosión es el principal problema de las mallas.





Figura. 1.4 Para proteger el gavión contra la abrasión se puede revestir en concreto.

6. MANTENIMIENTO PARA TERRACERO EN ALTA PENDIENTE (MURO KRAIMER).

Los muros tipo Kraimer se proponen como estructuras para terraceo de alta pendiente, son reemplazables al 100%, sin embargo se deben revisar periódicamente para su correcto funcionamiento, entre las acciones preventivas y correctivas. El periodo de reemplazo de elementos varía de 2 a 5 años, dependiendo de las condiciones del sitio donde se encuentren desplantadas.

MANTENIMIENTO GENERAL PARA MURO KRAIMER

Como se mencionó anteriormente su mantenimiento radica en el reemplazo total de sus piezas, por medio del cambio de troncos que funcionan como estructuras de contención y retención (largueros), cuando estos presenten hinchamiento por exceso de humedad o deterioro considerable.

Se debe estabilizar el talud colindante a las márgenes de la presa si este ha sufrido erosión, reponiendo el tramo faltante.



Se debe estabilización del fondo de cárcavas por medio de rellenos de terreno natural con piedras y ramas.

Se debe hacer un cambio de clavos y anclas cuando estos hayan sufrido corrosión.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MURO KRAIMER

Aplicar medidas de mitigación como cabeceo de cárcavas, reforestación, zanjas derivadoras de escorrentía y terrazas.

Recubrir los troncos de las presas de morillos con algún tipo de impermeabilizante, que evite la filtración continua de la humedad en la madera y mitigar el desgaste debido al intermperismo.

7. MANTENIMIENTO PARA ZONA DE VERTEDORES/CONEXIÓN ALBAÑAL SISTEMA

La limpieza periódica en la conexión del albañal al registro de descarga es de suma importancia para garantizar un adecuado funcionando, para lo cual es necesario la remoción de sólidos que obstruyan la salida, entre las medidas de mantenimiento destacan las siguientes.

LIMPIEZA DE REGISTRO CON EQUIPO HIDRONEUMÁTICO

Esta metodología resulta ser la más costosa pero eficiente. La combinación de presión-succión en el desazolve con equipo eléctrico da grandes resultados, pero sobre todo eficiencia en la limpieza que ofrecen estos equipos de agua a alta presión y succión de sedimentos con sistema de alto vacío ofrece excelentes resultados en la limpieza de tuberías de drenaje pluvial, sanitario. Su maniobra consiste en colocar el equipo hidroneumático sobre el registro.

LIMPIEZA DE REGISTRO CON EQUIPO ELÉCTRICO

Esta metodología resulta ser al igual que la anterior de costo considerable, permite remover y eliminar sedimentos o residuos que estén obstruyendo el paso del flujo dentro de la tubería por medio de una sonda del equipo seleccionada en función del diámetro y con ello evitar fracturarla.



LIMPIEZA DE REGISTRO CON MALACATES

Esta resulta la opción más económica y viable también, el empleo de malacate de desazolve es un equipo muy práctico, económico y eficiente para la limpieza de las líneas de drenaje. El juego de malacates consta de 2 remolques, cada uno con motor propio, y con 140 mts de cable propio.. mediante el uso de dragas de arrastre de distintos diámetros.

LIMPIEZA DE REGISTRO CON MALACATES

La limpieza periódica en la zona de vertedores permite el adecuado funcionamiento hidráulico en la estructura de descarga de una alcantarilla, evitando obstrucciones por sólidos, así como el mantenimiento sobre la superficie de descarga para evitar futuras erosiones que traigan como consecuencia socavación sobre la plantilla del vertedor, entre las medidas de mantenimiento se encuentran las siguientes:

• REPOSICIÓN DE JUNTEO EROSIONADO EN EL VERTEDOR.

La pérdida de finos sobre el firme de la plantilla del vertedor, ocasiona exposición del material, que paulatinamente irá avanzando con el paso del agua, para lo cual es necesario reponer el junteo faltante y evitar la segregación de materiales que llevaría a una socavación en el sitio, por el intermitente flujo del agua.

• LIMPIEZA EN EL VERTEDOR

Será necesario una limpieza periódica para la remoción de sólidos, que obstruyan el paso del flujo de agua en la descarga.

8. MANTENIMIENTO PARA HUMEDAL RIPARIO

El humedal ripario es clasificado como un humedal subsuperfical de flujo horizontal, son sistemas de fácil operación, requiere de un mantenimiento adecuado, como se describe a continuación:



Controlar regularmente el color y olor del efluente del humedal que da información importante acerca de la calidad y el funcionamiento del lecho.

La detección de turbiedad y/o color grisáceo, indica un insuficiente suministro de oxígeno. La reacción debe ser: El drenaje del efluente debe reducirse con la finalidad de permitir una mayor entrada de oxígeno.

El mal olor del agua tratadas (como "huevos en descomposición") indica procesos anaeróbicos y por lo tanto una situación muy crítica. El lecho debe estar en reposo y la recarga debe disminuir o el suministro de oxígeno en el humedal debe ser mejorado (como fue indicado en el punto anterior).

Efluentes claros pero con color, ligeramente amarillo o marrón, es una situación normal en los tratamientos biológicos, especialmente en humedales (por los ácidos húmicos).

Inspeccionar en la vegetación de los humedales que no haya "enfermedades", insectos, etc.

Se debe prestar atención a las malezas o plantas depredadoras hasta que la vegetación del humedal esté plenamente establecida.

Requiere un mínimo de mantenimiento empezando por la recolección periódica de los restos vegetales como varas y hojas muertas, operación que debe practicarse cada quince días en el verano, cada semana en el otoño y una vez al mes en el invierno. De no hacerse lo anterior los sólidos en pudrición podrían contribuir al azolvamiento del mismo. Con lo que respecta a la densidad de las plantas esta será según la especie; para el caso de carrizos (Phragmites spp.), se deberán mantener de 8 a 10 plantas/m2, para las espadañas o tule (Typha spp.), de 10 a 12 plantas, y para los juncos de 8 a 10 plantas/m2. La sobrepoblación de plantas puede llevar a que las raíces aprieten el medio y tapen los poros de las piedras.

Por lo que concierne a las tuberías de desfogue para evitar inundaciones deben limpiarse en verano cada semana y en invierno cada quince días de hojas y varas, para evitar que el humedal pudiera inundarse y derramarse.

Con el tiempo se taponará la grava con los sólidos y la capa bacterial. El material del filtro requiere reemplazo entre los 8 y 15 años, o más. Las actividades de mantenimiento se deben enfocar en asegurar que el tratamiento primario es efectivo al reducir la concentración de sólidos en las aguas residuales antes de entrar en el humedal. También debe asegurar que no crezcan árboles en el área, ya que las raíces pueden dañar el recubrimiento.



9. MANTENIMIENTO PARA HUMEDAL DE RETENCIÓN LATERAL

El humedal de retención lateral también es clasificado como un humedal subsuperfical de flujo horizontal que se desplanta sobre zona de terrazas, son sistemas de fácil operación, requiere de un mantenimiento adecuado, como se describe a continuación:

Controlar regularmente el color y olor del efluente del humedal que da información importante acerca de la calidad y el funcionamiento del lecho.

La detección de turbiedad y/o color grisáceo, indica un insuficiente suministro de oxígeno. La reacción debe ser: El drenaje del efluente debe reducirse con la finalidad de permitir una mayor entrada de oxígeno.

El mal olor del agua tratadas (como "huevos en descomposición") indica procesos anaeróbicos y por lo tanto una situación muy crítica. El lecho debe estar en reposo y la recarga debe disminuir o el suministro de oxígeno en el humedal debe ser mejorado (como fue indicado en el punto anterior).

Efluentes claros pero con color, ligeramente amarillo o marrón, es una situación normal en los tratamientos biológicos, especialmente en humedales (por los ácidos húmicos).

Inspeccionar en la vegetación de los humedales que no haya "enfermedades", insectos, etc.

Se debe prestar atención a las malezas o plantas depredadoras hasta que la vegetación del humedal esté plenamente establecida.

Requiere un mínimo de mantenimiento empezando por la recolección periódica de los restos vegetales como varas y hojas muertas, operación que debe practicarse cada quince días en el verano, cada semana en el otoño y una vez al mes en el invierno. De no hacerse lo anterior los sólidos en pudrición podrían contribuir al azolvamiento del mismo. Con lo que respecta a la densidad de las plantas esta será según la especie; para el caso de carrizos

(Phragmites spp.), se deberán mantener de 8 a 10 plantas/m2, para las espadañas o tule (Typha spp.), de 10 a 12 plantas, y para los juncos de 8 a 10 plantas/m2. La sobrepoblación de plantas puede llevar a que las raíces aprieten el medio y tapen los poros de las piedras.



Por lo que concierne a las tuberías de desfogue para evitar inundaciones deben limpiarse en verano cada semana y en invierno cada quince días de hojas y varas, para evitar que el humedal pudiera inundarse y derramarse.

Con el tiempo se taponará la grava con los sólidos y la capa bacterial. El material del filtro requiere reemplazo entre los 8 y 15 años, o más. Las actividades de mantenimiento se deben enfocar en asegurar que el tratamiento primario es efectivo al reducir la concentración de sólidos en las aguas residuales antes de entrar en el humedal. También debe asegurar que no crezcan árboles en el área, ya que las raíces pueden dañar el recubrimiento.

10. MANTENIMIENTO PARA SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON BASE EN REACTORES Y BIOFILTROS ANAEROBIOS

A continuación, se describe el proceso de mantenimiento para reactores anaerobios

MANTENIMIENTO DIARIO DE REACTORES ANAEROBIOS

Los canales del efluente están provistos con vertedores dentados, los cuales deben ser limpiados diariamente para evitar el crecimiento de algas y su obstrucción. Ocasionalmente la capa flotante, normalmente presente en la superficie del agua de los reactores, presenta un crecimiento excesivo. Cuando esta capa excede un grosor de 5 cm, debe ser removida. El material retirado no puede ser introducido nuevamente en el reactor para su tratamiento, puesto que tiende a flotar nuevamente (Wageningen Agricultural University, 1994).

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN PARA REACTORES ANAEROBIOS

El sistema de alimentación es propenso a la obstrucción, lo cual puede verificarse fácilmente mediante una revisión visual del flujo en las cajas de distribución. Si existe una obstrucción del flujo, se observará en la parte superior del reactor un flujo no homogéneo. La obstrucción del sistema de alimentación disminuirá la eficiencia del reactor ya que parte del lodo no recibirá agua residual. Por lo tanto la verificación del sistema de alimentación se debe realizar

diariamente (Wageningen Agricultural University, 1994). Los bloqueos de los tubos de entrada pueden ocurrir como resultado de la no eliminación de los residuos, tales como plástico, aguas arriba del RAFA, o debido a los lodos y/o arenas que obstruyen el punto de salida de las tuberías de entrada. En la



mayoría de las plantas de tratamiento a escala completa el problema de los desechos de obstrucción del sistema de distribución del afluente se evita mediante la instalación de rejillas de paso con una distancia entre barras de 6 mm, antes de que el agua residual ingrese al reactor anaerobio de flujo ascendente.

		Tamaño de planta	
	Pequeña <10 000 habitantes	Mediana 10 000-50 000 habitantes	Grande >50 000 habitantes
Biogás			
Producción de gas	Diariamente	Diariamente	Diariamente
Composición del gas	Esporádicamente	Esporádicamente	Mensualmente
Afluente/Efluente			
рН	Diariamente	Diariamente	Diariamente
Temperatura	Diariamente	Diariamente	Diariamente
DQOtotal	Semanalmente	Diariamente	Diariamente
DQOsoluble	Mensualmente	Semanalmente	Diariamente
DBOtotal	Mensualmente	Mensualmente	Semanalmente
DBOsoluble	Esporádicamente	Esporádicamente	Esporádicamente
SST	Semanalmente	Semanalmente	Diariamente
SSV	Mensualmente	Semanalmente	Diariamente
NTK	Bimestralmente	Mensualmente	Semanalmente
N-NH ₃	Bimestralmente	Bimestralmente	Semanalmente
P total	Bimestralmente	Mensualmente	Semanalmente
Alcalinidad	Bimestralmente	Mensualmente	Semanalmente
Lodo			
Actividad metanogénica	Esporádicamente	Bimensualmente	Bimestralmente
Estabilidad	Esporádicamente	Esporádicamente	Esporádicamente
Perfil de lodos	Esporádicamente	Bimestralmente	Mensualmente
Sedimentabilidad	Esporádicamente	Mensualmente	Mensualmente

Figura. 1.5 Frecuencia de análisis para diferentes tamaños de plantas. Wageningen Agricultural University, (1994)



Mes:				Año:		Operador Operador					
Día			Aflu	ente					Efluente		
	Gasto (m³ d-1)	DQOt (mg L ¹)	DQOs (mg L¹)	DBO (mg L-1)	AGV (mg L-1)	SST (mg L-1)	DQOt (mg L ¹)	DQOs (mg L-1)	DBO (mg L-1)	AGV (mg L-1)	SST (mg L-1)
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
100											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											

Figura. 1.6 Formato mensual de datos de laboratorio: Afluente y efluente. Wageningen Agricultural University, (1994).



MANTENIMIENTO PARA FILTROS ANAEROBIOS

A continuación se describe el proceso de mantenimiento de los filtros anaerobios.

LIMPIEZA DE NATAS Y SOBRENADANTES

La limpieza de natas y sobrenadantes y la purga de lodos se realizan con el objetivo de evitar posibles taponamientos. Revisar que no exista la presencia de materia flotante o natas. Es importante revisar que el flujo sea uniforme en todo el compartimiento de distribución de caudal, así como que no existan materiales que obstaculicen la canaleta de salida (Lobo, 2005).

PURGA DE LOS FILTROS

En los reactores anaerobios, los sólidos biológicos se acumulan después de varios meses de operación. En el filtro anaerobio la acumulación se lleva a cabo en la parte inferior del reactor. La acumulación de estos puede variar según el tipo de residuo a tratar. Esto se debe a que las aguas residuales pueden presentar un alto contenido de sólidos suspendidos, principalmente sólidos no biodegradables (carbonato de calcio o precipitados de otros minerales) además del crecimiento microbiano. Este incremento se puede controlar mediante una purga periódica de éstos, la cual se realiza en los puntos de muestreo que generalmente se encuentran localizados en la parte inferior del reactor (Álvarez, 2006). Un retrolavado puede ser necesario en caso de taponamientos frecuentes, sobre todo cuando se utiliza piedra como material de soporte. Sin embargo, los medios para realizarlo son de difícil adecuación si no se cuenta con ellos desde el diseño.

RETROLAVADO DE LOS FILTROS

La reducción paulatina de la cantidad y calidad del efluente, debido a la colmatación del lecho ya sea por acumulación de sólidos atrapados en el lecho y al aumento del espesor de la biopelícula, por lo cual se requiere la aplicación de retrolavados periódicos como parte de la operación del filtro. La acumulación de la biopelícula reduce el área efectiva de poro y, como resultado, existe un mayor desprendimiento de biopelícula que se refleja en una menor calidad en el efluente, así como una mayor pérdida de carga hidráulica (Lobo, 2005). El retrolavado consiste en hacer pasar agua en dirección descendente por el filtro anaerobio, se puede llevar a cabo colocando agua



limpia por la parte superior del filtro. Dicha actividad debe llevarse a cabo en un momento en donde el caudal de entrada al sistema de tratamiento sea mínimo. Junto con esta acción se puede purgar el filtro. Un parámetro que se utiliza para determinar si es necesario realizar el retrolavado es mediante la medición de los sólidos sedimentables a la salida del filtro anaerobio de flujo ascendente. Nuevamente, se debe establecer una relación entre los sólidos y la cantidad de lodo en el fondo falso y la carga de agua a la entrada del filtro anaerobio de flujo ascendente. Con base en esta relación, basta con medir los sólidos sedimentables para saber cuándo se debe realizar el retrolavado.

11. MANTENIMIENTO PARA SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON BASE EN HUMEDALES

El humedal de retención lateral también es clasificado como un humedal subsuperfical de flujo horizontal que se desplanta sobre zona de terrazas, son sistemas de fácil operación, requiere de un mantenimiento adecuado, como se describe a continuación:

Controlar regularmente el color y olor del efluente del humedal que da información importante acerca de la calidad y el funcionamiento del lecho.

La detección de turbiedad y/o color grisáceo, indica un insuficiente suministro de oxígeno. La reacción debe ser: El drenaje del efluente debe reducirse con la finalidad de permitir una mayor entrada de oxígeno.

El mal olor del agua tratadas (como "huevos en descomposición") indica procesos anaeróbicos y por lo tanto una situación muy crítica. El lecho debe estar en reposo y la recarga debe disminuir o el suministro de oxígeno en el humedal debe ser mejorado (como fue indicado en el punto anterior).

Efluentes claros pero con color, ligeramente amarillo o marrón, es una situación normal en los tratamientos biológicos, especialmente en humedales (por los ácidos húmicos).

Inspeccionar en la vegetación de los humedales que no haya "enfermedades", insectos, etc.

Requiere un mínimo de mantenimiento empezando por la recolección periódica de los restos vegetales como varas y hojas muertas, operación que debe practicarse cada quince días en el verano, cada semana en el otoño y una vez al mes en el invierno. De no hacerse lo anterior los sólidos en pudrición



podrían contribuir al azolvamiento del mismo. Con lo que respecta a la densidad de las plantas esta será según la especie; para el caso de carrizos

(Phragmites spp.), se deberán mantener de 8 a 10 plantas/m2, para las espadañas o tule (Typha spp.), de 10 a 12 plantas, y para los juncos de 8 a 10 plantas/m2. La sobrepoblación de plantas puede llevar a que las raíces aprieten el medio y tapen los poros de las piedras.

Por lo que concierne a las tuberías de desfogue para evitar inundaciones deben limpiarse en verano cada semana y en invierno cada quince días de hojas y varas, para evitar que el humedal pudiera inundarse y derramarse.

Con el tiempo se taponará la grava con los sólidos y la capa bacterial. El material del filtro requiere reemplazo entre los 8 y 15 años, o más. Las actividades de mantenimiento se deben enfocar en asegurar que el tratamiento primario es efectivo al reducir la concentración de sólidos en las aguas residuales antes de entrar en el humedal. También debe asegurar que no crezcan árboles en el área, ya que las raíces pueden dañar el recubrimiento.

12. SERIE DE MEDIDAS PARA LA RESTAURACIÓN HÍDRICA DE LA TERCERA SECCIÓN.

REMOCIÓN DE BASURA Y RETIRO DE SÓLIDOS EN CÁRCAVAS Y EMBALSES

Se llevará a cabo la remoción de basura y solidos dentro de la superficie del embalse y cárcavas que conecten con la red hidrográfica del sistema de presas propuesto, que afecte la calidad del agua que se infiltrará y del ecosistema que se formará, así como la limpieza de las márgenes, sin intervención de maquinaría, puesto que al ser una zona de valor ambiental, se deterioraría su estado al estar operando maquinaria, por lo que dichas acciones, se realizan con herramientas manuales (pala y carretilla), como también su acarreo al sitio de carga, planeando estratégicamente que no afecte áreas de valor ecológico.



MEJORAMIENTO EN LA CONDICIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DE DOLORES.

Como condición hidrológica se refiere al porcentaje de cobertura que tiene el terreno, para una condición buena en un suelo forestal se considera a aquel que tiene por lo menos un 70% de cobertura, mientras que para una condición mala se considera una cobertura hasta el 30% del terreno; el restante sería una condición regular. La cobertura del terreno interfiere directamente en el escurrimiento superficial, si no hay cobertura el agua avanza con mayor rapidez ya que no hay obstáculos en su camino; de aquí la importancia de la reforestación, a mayor presencia de árboles y/o arbustos se retiene el agua por tiempos mayores lo que propicia la infiltración y disminuyen los escurrimientos, así como también las velocidades y arrastre de sedimentos.

Actualmente la condición hidrológica en la cuenca es regular con tendencia a mala, debido al aumento de la urbanización dentro de la cuenca y la disminución de su cobertura vegetal, por lo que se recomienda mejorar la condición hidrológica en la cuenca aumentado la cobertura forestal.

Se obtuvieron los escurrimientos mediante un software de simulación de comportamiento hidrológico llamado Modelo para pronóstico de escurrimiento (MPE), desarrollado por el Dr. Ramón Domínguez Mora en la coordinación de hidráulica del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Las condiciones de escenarios en la modelación fueron las siguientes:

Escenario 1: considerando una condición hidrológica buena y los escurrimientos.

Escenario 2: considerando una condición hidrológica mala de la cuenca.

Obteniendo así dos escenarios futuros, si se interviene en la cuenca para mejorar su condición hidrológica o por el contrario si no se hace nada para mejorar su condición actual.

En las siguientes tablas y figuras se muestran los hidrogramas para estos dos posibles escenarios.



Tabla 1.1 Escenario futuro para una Buena Condición Hidrológica de la cuenca Dolores

Cuenca Dolores	TR2	TR5	TR10	TR20	TR50	TR100	TR200	TR500	TR1000
Área (km²)	4.294	4.294	4.294	4.294	4.294	4.294	4.294	4.294	4.294
Lluvia(mm)	41.05	52.291	59.64	66.98	76.06	82.98	89.88	98.96	105.87
Lluvia en exceso (mm)	7.508	11.368	13.939	16.618	20.23	22.876	25.562	29.437	33.222
VII(Miles m³)	176.28	224.54	256.08	287.62	326.60	356.29	385.96	424.91	454.62
Vexceso(Miles m³)	32.24	48.81	59.85	71.36	86.87	98.23	109.76	126.40	142.66
Qmáx (m³/s)	5.40	8.20	10.08	12.06	14.74	16.71	18.71	21.61	24.46
Се	0.18	0.22	0.23	0.25	0.27	0.28	0.28	0.30	0.31

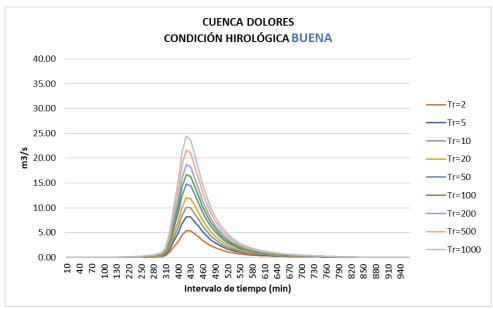


Figura 5.1

Figura. 1.7 Hidrogramas futuros considerando condición hidrológica buena en la cuenca.

Tabla 1.2 Escenario futuro para una Mala Condición Hidrológica de la cuenca.

Cuenca Dolores	TR2	TR5	TR10	TR20	TR50	TR100	TR200	TR500	TR1000
Área (km²)	4.294	4.294	4.294	4.294	4.294	4.294	4.294	4.294	4.294
Lluvia(mm)	41.05	52.291	59.64	66.98	76.06	82.98	89.88	98.96	105.87
Lluvia en exceso (mm)	11.124	16.799	20.471	24.239	29.223	32.862	36.532	41.737	46.629
VII(Miles m³)	176.28	224.54	256.08	287.62	326.60	356.29	385.96	424.91	454.62
Vexceso(Miles m³)	47.77	72.13	87.90	104.08	125.48	141.11	156.87	179.22	200.22
Qmáx (m³/s)	8.10	12.40	15.18	18.04	21.83	24.59	27.38	31.33	35.07
Се	0.27	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.41	0.42	0.44



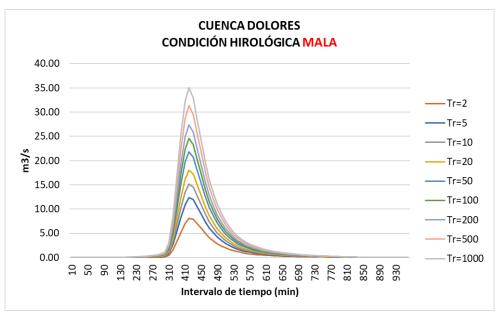


Figura 1.8. Hidrogramas Futuros considerando condición hidrológica mala en la cuenca.

De los resultados anteriores se observa que mejorando la condición hidrológica en la cuenca los coeficientes de escurrimiento disminuyen un 15%, lo cual también se verá reflejado en un menor arrastre de sedimentos, por el contario si continúa disminuyendo la cobertura vegetal de la cuenca los escurrimientos podrían aumentar un 24%.

Las zonas con posibilidad de mejorar su condición hidrológica se muestran en la figura 1.9.



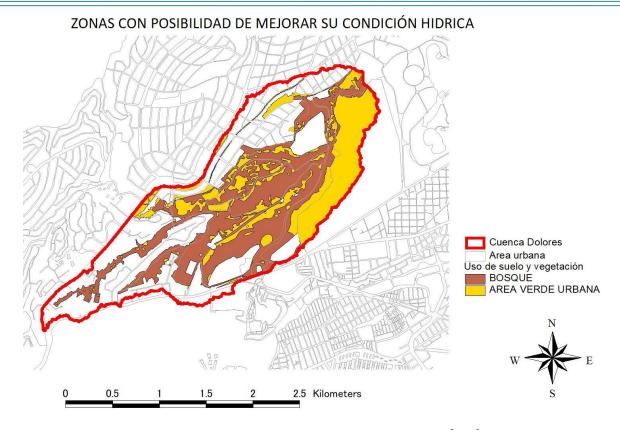


Figura 1.9 Zonas con posibilidad de mejorar su condición hídrica.

En la siguiente tabla se presenta una comparativa de los coeficientes de escurrimiento (Ce), los gastos y los volúmenes de escurrimiento cambiando la condición hidrológica en la cuenca.

Tabla 1.3 Comparativo de Coeficiente de escurrimiento de la cuenca, Gasto máximo y volúmenes hasta la presa Dolores modificando la condición hidrológica en la cuenca.

Ce		Tr								
Condición hidrológica	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	
Actual	0.21	0.26	0.27	0.29	0.31	0.32	0.33	0.35	0.37	
Mejorada	0.18	0.22	0.23	0.25	0.27	0.28	0.28	0.30	0.31	
Mala	0.27	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.41	0.42	0.44	

Qmáx (m³/s)		Tr								
Condición hidrológica	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	
Actual	6.27	9.71	11.98	14.33	17.49	19.80	22.14	25.50	28.77	
Mejorada	5.40	8.20	10.08	12.06	14.74	16.71	18.71	21.61	24.46	
Mala	8.10	12.40	15.18	18.04	21.83	24.59	27.38	31.33	35.07	



Vexceso(Miles m³)		Tr, años								
Condición hidrológica	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	
Actual	37.52	57.38	70.40	83.88	101.91	115.09	128.42	147.54	165.96	
Mejorada	32.24	48.81	59.85	71.36	86.87	98.23	109.76	126.40	142.66	
Mala	47.77	72.13	87.90	104.08	125.48	141.11	156.87	179.22	200.22	

SISTEMA DE PRESAS PARA EL CONTROL DE LOS ESCURRIMIENTOS.

Para el control de la velocidad de los escurrimientos y disminución del arrastre de sedimentos, se recomienda la construcción de represas de gaviones sobre los cauces principales de la cuenca que se dirigen hacia la presa Dolores. Las represas tienen varios beneficios como lo son la disminución de la velocidad del escurrimiento, la disminución de la erosión hídrica en la cuenca, la retención de azolves y conservación de suelos, evitan el azolvamiento de los cuerpos de agua y favorecen la infiltración del agua y la recarga del acuífero.

Tomando en cuenta la topografía, la hidrología y la mancha urbana de la cuenca Dolores, se ubicaron 13 sitios sobre los escurrimientos de la cuenca, donde se podría considerar la construcción de las represas, en la figura 2.0 se muestra su ubicación. En el modelo hidrodinámico se verificarán estas zonas y se determinarán los niveles y velocidades alcanzadas en los sitios, posteriormente con la visita a campo se corroborará su factibilidad de construcción.

Cuenca Dolores Presa de regulación Represa Rio principal Rios Curvas_5m Calles Modelo Lidar, m 2256 - 2283 2283 - 2311 2311 - 2338 2338 - 2365 2365 - 2393 2393 - 2420 2420 - 2447 2447 - 2475 2475 - 2502 2.5 Kilometers

UBICACIÓN DE REPRESAS DE GAVIONES

Figura 2.0. Ubicación de represas de gaviones para control de escurrimientos.



Se trazaron las microcuencas de aportación a cada una de las represas propuestas y se obtuvieron los gastos asociados a cada una de ellas, de manera análoga a lo descrito en el capítulo 3 con el modelo de parámetros distribuido MPE, para los periodos de retorno, 5, 10 y 100 años, Figura 2.1 y 2.2.

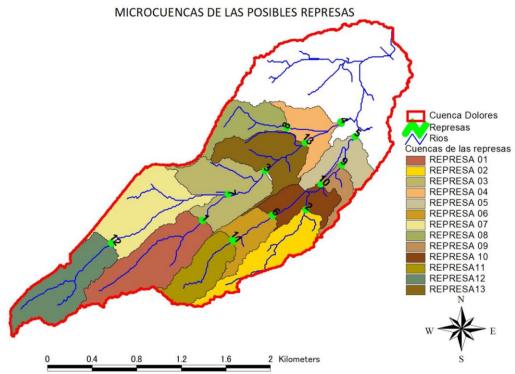


Figura 2.1 Microcuencas de represas de regulación propuestas.

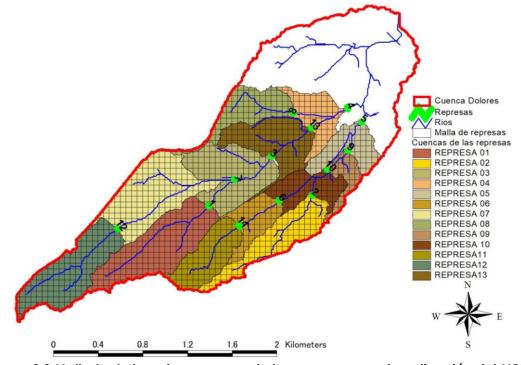


Figura 2.2 Mallado de las microcuencas de las represas para la aplicación del MPE.



Las características fisiográficas de las microcuencas asociadas a cada represa de regulación, figura 2.1, se muestran en la tabla 1.4, los gastos de entrada por cuenca propia a cada represa se muestran en la tabla 1.5.

Tabla 1.4 Características fisiográficas de las microcuencas asociadas a las represas de reaulación.

Microcuenca	Coorde	enadas	Área	Cauce	principal		npo de ntración
(Represa)	x	Y	m²	Longitud m	Pendiente	hrs	min
1	99°13'26.4"	19°24'03.8"	416,800	1,509.59	8%	0.24	14.67
2	99°12'52.0"	19°24'09.5"	256,325	1,654.39	7%	0.28	16.71
3	99°13'04.6"	19°24'20.8"	343,250	1,192.82	6%	0.22	13.22
4	99°12'41.3"	19°24'34.9"	165,500	1,010.48	6%	0.19	11.64
5	99°12'36.9"	19°24'30.8"	162,675	876.19	8%	0.16	9.56
6	99°13'02.3"	19°24'07.9"	147,225	942.76	11%	0.15	9.00
7	99°13'16.0"	19°24'14.0"	413,275	1,670.10	7%	0.28	16.54
8	99°12'57.8"	19°24'33.5"	196,375	1,520.96	7%	0.26	15.75
9	99°12'41.1"	19°24'22.5"	80,350	890.69	8%	0.16	9.87
10	99°12'47.5"	19°24'16.9"	166,250	764.98	11%	0.12	7.50
11	99°13'14.4"	19°24'00.6"	215,975	1,118.82	9%	0.19	11.21
12	99°13'51.8"	19°23'59.7"	360,500	1,518.88	6%	0.27	16.23
13	99°12'52.4"	19°24'29.0"	272,650	1,094.12	7%	0.20	12.08

Tabla 1.5 Gastos para los Tr 5, 10 y 100 años por cuenca propia de cada microcuenca de las represas propuestas.

Tr, años		5		10		100
REPRESA	Q (m ³ /s)	V (miles m³)	Q (m³/s)	V (miles m³)	Q (m ³ /s)	V (miles m³)
1	2.52	7.26	3.22	9.11	5.00	13.91
2	1.26	3.83	1.63	4.87	2.58	7.54
3	0.66	2.08	0.96	2.97	1.72	5.11
4	0.63	1.64	0.84	2.15	1.37	3.45
5	0.20	0.66	0.33	1.03	0.69	1.88
6	0.56	1.34	0.75	1.78	1.24	2.88
7	2.38	6.97	3.02	8.83	4.65	13.58
8	1.37	3.61	1.73	4.52	2.66	6.90
9	0.13	0.43	0.23	0.64	0.44	1.13
10	0.21	0.66	0.37	1.04	0.76	1.90
11	1.57	3.63	1.98	4.56	3.04	6.98
12	2.88	8.13	3.59	9.84	5.44	15.02
13	0.49	1.43	0.72	2.08	1.26	3.64



• ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL VASO DE LA PRESA DOLORES.

El Sistema de Drenaje de la Zona Metropolitana del Valle de México tiene como objetivo principal evitar las inundaciones que afecten las actividades humanas, es por ello que en el año de 1954 la entonces Dirección General de Obras Hidráulicas del Departamento del Distrito Federal, elaboró un plan general del mismo.

Dicho sistema a lo largo del tiempo ha tenido diversas modificaciones, lo que lo ha hecho muy extenso y complejo.

El sistema de presas está integrado por 30 presas, de las cuales 22 se encuentran en la Ciudad de México y el resto en el Estado de México. Su construcción tuvo inicio en el año de 1901 con la presa Tarango y el resto entre los años de 1928 y 1959.

La característica principal de este sistema de presas, es su interconexión, la cual tiene como finalidad disminuir las grandes avenidas provenientes principalmente de los ríos del poniente (figura 2.3.).

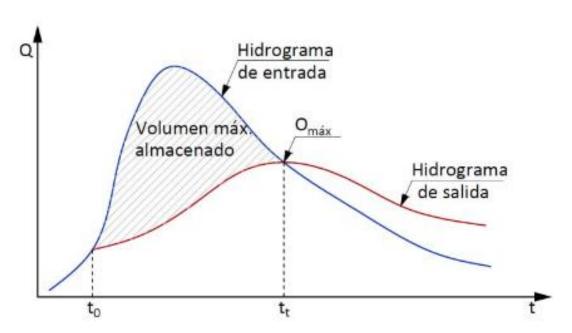


Figura 2.3 Hidrogramas de entrada y salida de un vaso de regulación.

Uno de los principales problemas en las cuencas de las presas del poniente es el crecimiento acelerado de la mancha urbana, este cambio en el uso de suelo modifica los coeficientes de escurrimiento obteniendo avenidas mayores con el paso del tiempo. Otro de los problemas es la invasión de los vasos de regulación pues al quitarle capacidad de regulación a la presa, su operación no es la óptima afectando así el resto del sistema de drenaje.



ESQUEMA DE LAS PRESAS DEL PONIENTE.

La característica principal del sistema de presas del poniente es su interconexión, en el cual el funcionamiento de una presa depende directamente de otra, siempre y cuando haya una conexión. Existen dos tipos de conexión: en paralelo y en serie:

Conexión en paralelo: en este tipo de conexión, la presa además de recibir una avenida por cuenca propia recibe una avenida diferente mediante una interconexión, la cual es un túnel que hace que el vaso reciba una transferencia de otra presa, es decir se hace un funcionamiento de "vasos comunicantes".

Conexión en serie: en este tipo de conexión las presas reciben una avenida por cuenca propia, y otra avenida proveniente de la obra de excedencias de una presa situada aguas arriba. La presa aguas arriba regula la avenida y pasa al siguiente vaso, donde finalmente también hay regulación.

Algunas de estas están interconectadas debido a la capacidad de sus vasos en comparación con el tamaño de sus cuencas; tal es el caso de la presa Tequilasco que tiene una gran cuenca de aportación, pero un vaso con capacidad menor que el de Tarango, que a su vez tiene una cuenca de aportación menor que Tequilasco.

Para un análisis más detallado, se recomienda clasificar las presas en distintos grupos. Estos grupos fueron formados en función de su interconexión (figura 2.4)

En la figura 2.5 se observa que a diferencia de la presa Dolores, la presa dolores no tiene alguna interconexión ya sea en serie o en paralelo con otra presa. Por lo anterior se puede considerar el análisis de la presa por separado sin tomar en cuenta los escurrimientos de cuencas vecinas.

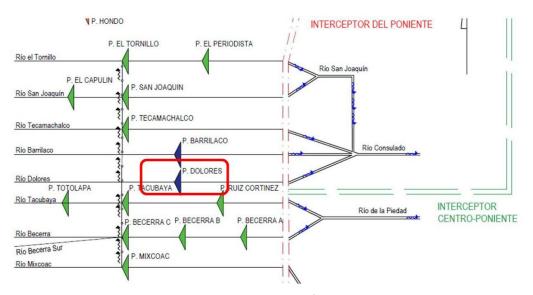


Figura 2.4 Esquema de interconexión de las presas.



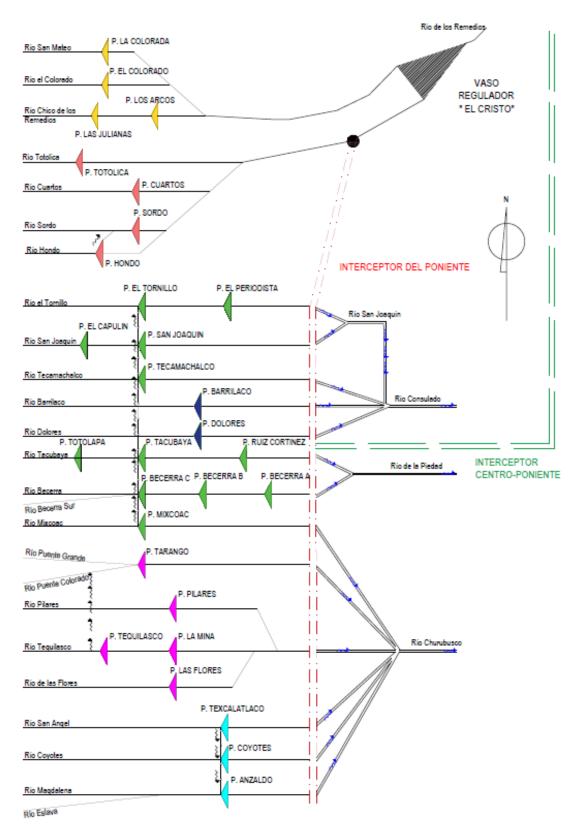


Figura 2.5 Esquema de interconexión de las presas del poniente.



CARACTERÍSTICAS DE LA PRESA DOLORES

Las características del vaso y de la cortina de la presa Dolores se muestran en la tabla 1.6 y 1.7.

Tabla 1.6 Características de la obra de toma de la presa Dolores.

	OBRA DE TOMA									
PRESA	No. de obras de toma	Tipo	Elevación umbral	Ancho [m]	Altura [m]					
Dolores	1	Rectangular	2274.94	0.8	1.2					

Tabla 1.7 Características de niveles de las estructuras del vaso de Dolores.

PRESA	NAMO [msnm]	NAME [msnm]	Corona [msnm]	VERTEDOR		
				Longitud de la cresta [m]	Elevación de cresta [msnm]	Coeficiente de descarga
Dolores	2274.94	2288.23	2289.23	10	2286.01	2

OBTENCIÓN DE LA CURVA CAPACIDAD-ELEVACIÓN DE LA PRESA DOLORES.

Para el cálculo de la curva capacidad-elevación se utilizó el levantamientos topográficos realizado por GRACONS a partir del vuelo LIDAR con resolución de 50 cm obtenida en enero de 2021. Se calculó la curva capacidad-elevación mostrada en la figura 2.6.

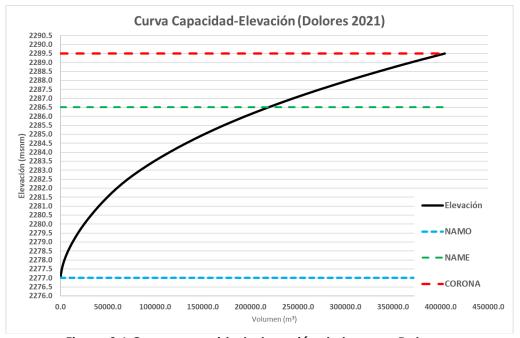


Figura 2.6 Curva capacidad-elevación de la presa Dolores.



TRÁNSITO DE LAS AVENIDAS DE DISEÑO PARA DIFERENTES TR EN LA PRESA DOLORES.

Con los niveles, estructuras (obra de toma y vertedor) y la curva capacidadelevación calculada, se realizó el tránsito de las avenidas de diseño calculadas hasta un periodo de retorno de 1,000 años con el fin de observar el efecto de la regulación de la presa.

Los resultados del tránsito mostrados en la Figura 2.7, son con la condición de operación de tener la obra de toma totalmente abierta, de cerrar la OT los gastos de salida serían menores pero la cota máxima alcanzada para cada Tr sería mayor.

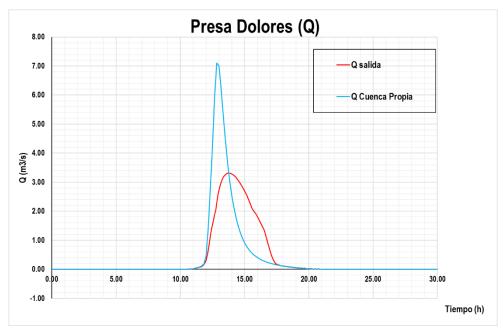


Figura 2.7 Gastos de entrada y salida a la presa dolores bajo las condiciones actuales para Tr=2 años.



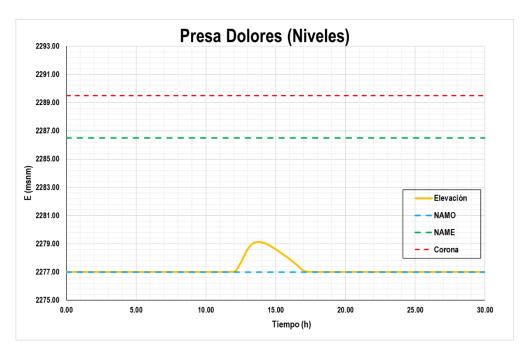


Figura 2.8 Niveles alcanzados en el vaso de la presa Dolores para un Tr=2 años.

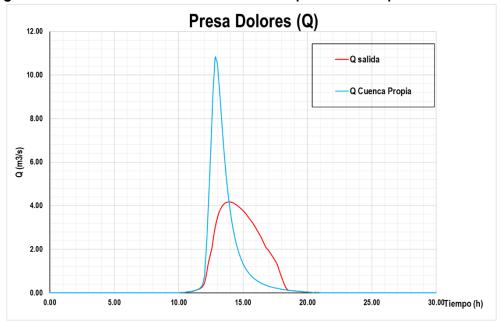


Figura 2.9 Gastos de entrada y salida a la presa dolores bajo las condiciones actuales para Tr=5 años.



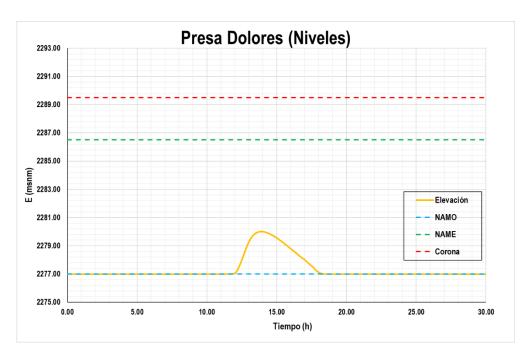


Figura 3.0 Niveles alcanzados en el vaso de la presa Dolores para un Tr=5 años.

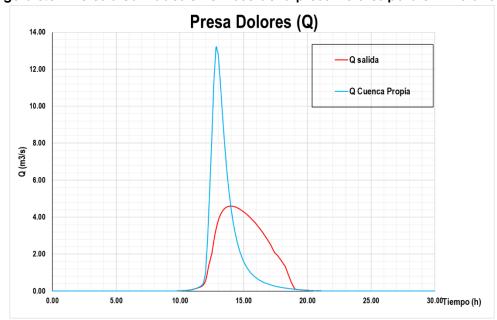


Figura 3.1 Gastos de entrada y salida a la presa dolores bajo las condiciones actuales para Tr=10 años.



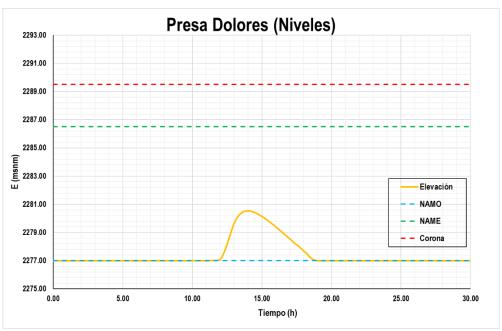


Figura 3.2. Niveles alcanzados en el vaso de la presa Dolores para un Tr=10 años.

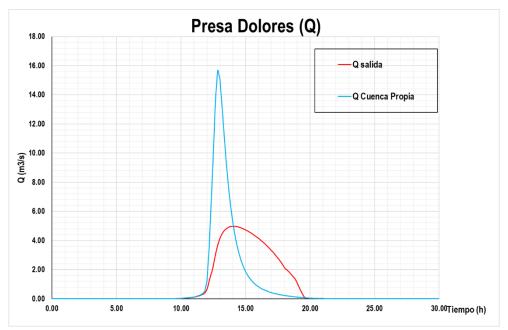


Figura 3.3 Gastos de entrada y salida a la presa dolores bajo las condiciones actuales para Tr=20 años.



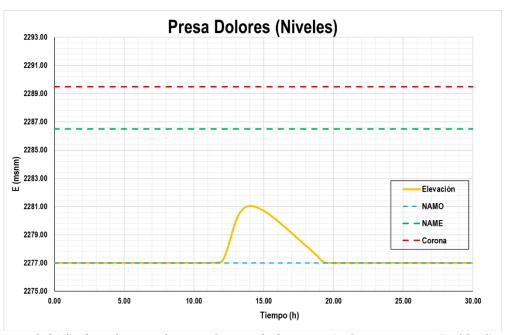


Figura 3.4 Niveles alcanzados en el vaso de la presa Dolores para un Tr=20 años.

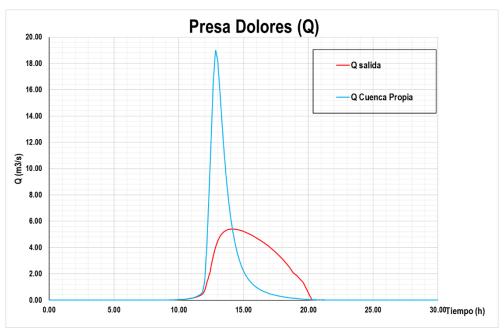


Figura 3.5. Gastos de entrada y salida a la presa dolores bajo las condiciones actuales para Tr=50 años.



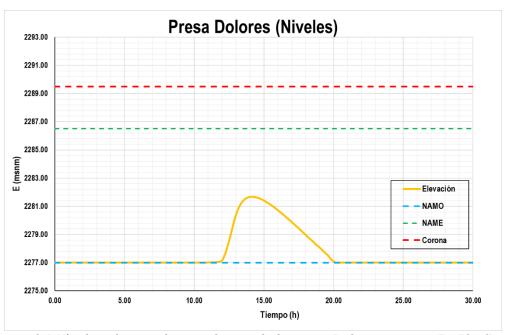


Figura 3.6 Niveles alcanzados en el vaso de la presa Dolores para un Tr=50 años.

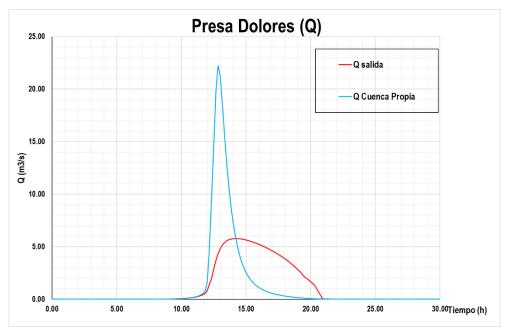


Figura 3.7 Gastos de entrada y salida a la presa dolores bajo las condiciones actuales para Tr=100 años.



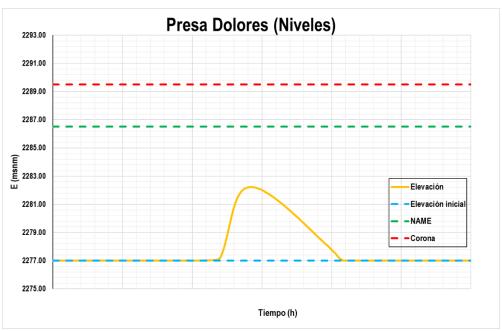


Figura .3.8. Niveles alcanzados en el vaso de la presa Dolores para un Tr=100 años.

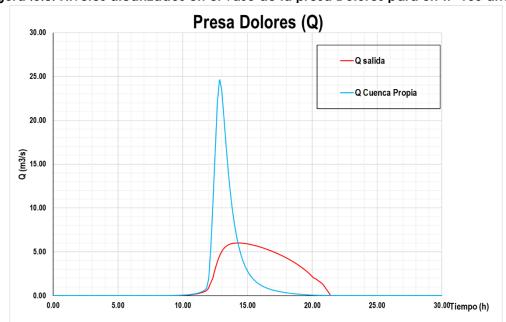


Figura 3.9 Gastos de entrada y salida a la presa dolores bajo las condiciones actuales para Tr=200 años.



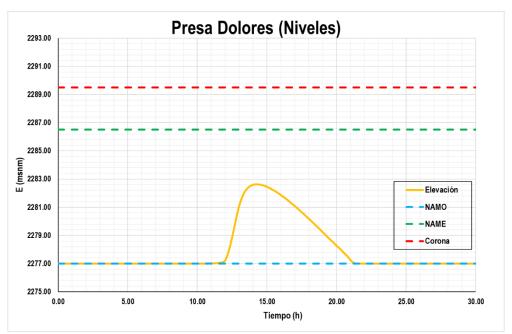


Figura 4.0 Niveles alcanzados en el vaso de la presa Dolores para un Tr=200 años.

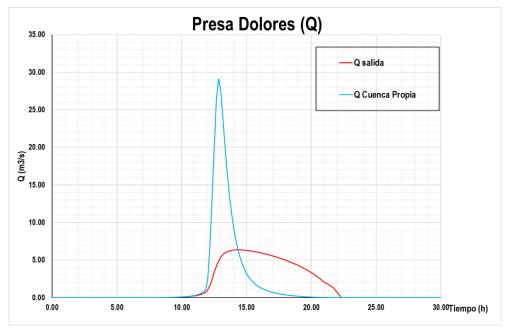


Figura 4.10 Gastos de entrada y salida a la presa dolores bajo las condiciones actuales para Tr=500 años.



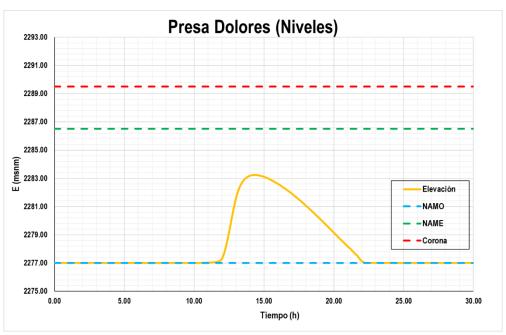


Figura 4.1. Niveles alcanzados en el vaso de la presa Dolores para un Tr=500 años.

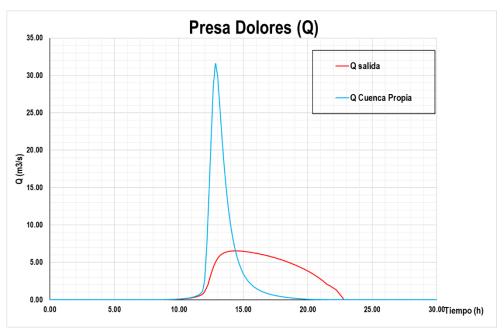


Figura 4.2. Gastos de entrada y salida a la presa dolores bajo las condiciones actuales para Tr=1000 años.



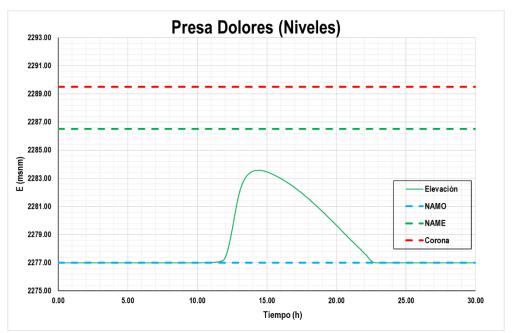


Figura 4.3. Niveles alcanzados en el vaso de la presa Dolores para un Tr=1000 años.

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y COTAS DE INUNDACIÓN ASOCIADAS A DIFERENTES TR EN EL VASO DE LA PRESA DOLORES.

De toda el agua que llueve, una parte se infiltra y otra escurre hacia la presa Dolores, aquí la presa regula la avenida, bajando el gasto pico, pero ingresando el mismo volumen (ver figura 2.3) al sistema aguas abajo, en el caso de Dolores, el agua se vierte al Interceptor del Poniente como se aprecia en el esquema de la figura 2.4.

Si no se contara con la capacidad de regulación de la presa el gasto de diseño del colector que va de la presa al Interceptor del Poniente seria el gasto máximo de entrada a la presa, pero gracias a la regulación de la presa, el gasto de diseño del colector baja al gasto máximo de salida mostrada en el tránsito para cada periodo de retorno.

La tabla 1.8 ilustra ambos gastos para los diferentes periodos de retorno junto con el volumen de la avenida.

Con los niveles, estructuras (obra de toma y vertedor) y la curva capacidadelevación calculada, se realizó el tránsito de las avenidas de diseño calculadas hasta un periodo de retorno de 1,000 años con el fin de observar el efecto de la regulación de la presa.



Tabla 1.8 Gastos máximos de entrada y salida a la presa Dolores.

o danos maximos de emidada y sanda a la presa .								
Tr (años)	Qe (máx) (m³/s)	Qs (máx) (m³/s)	Volumen miles (m³)					
Tr=2	7.10	3.31	42.15					
Tr=5	10.82	4.17	63.44					
Tr=10	Tr=10 13.20		77.13					
Tr=20	Tr=20 15.66		91.20					
Tr=50	Tr=50 18.96		109.97					
Tr=100	22.17	5.77	128.12					
Tr=200	24.61	6	141.99					
Tr=500	Tr=500 29.09		167.19					
Tr=1000	31.58	6.55	181.43					

Se observa que el vaso tiene la capacidad de regular avenidas hasta de 1000 años, bajando el gasto pico de 31.58 a 6.55 m3/s. Esta reducción implica que el diseño de la infraestructura aguas abajo sea menor y por tanto menos costosa además de que la operación del sistema aguas abajo sea más eficiente al recibir menos agua en un mismo instante durante una tormenta.

La tabla 1.9 y la figura 4.4 muestran la comparación de los niveles máximos alcanzados dentro del vaso para los diferentes periodos de retorno.

Tabla 1.9 Comparación de ni<u>veles máximos alcanzados</u> en el vaso para diferentes Tr.

Tr/Estructura	Nivel máx. (msnm)
Tr=2	2279.13
Tr=5	2280.02
Tr=10	2280.54
Tr=20	2281.05
Tr=50	2281.68
Tr=100	2282.23
Tr=200	2282.62
Tr=500	2283.25
Tr=1000	2283.58
E. INICIAL	2277
NAME	2286.5
CORONA	2289.5



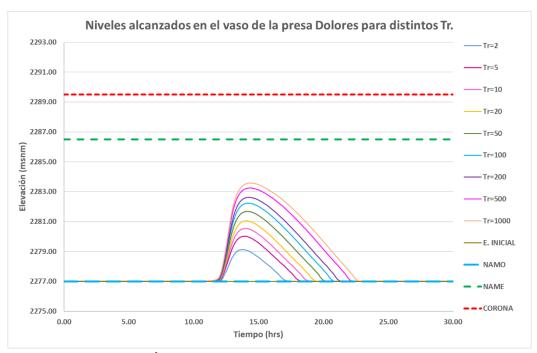


Figura 4.4 Niveles máximos alcanzados dentro del vaso de la presa Dolores.

Se observa que aun para un Tr de 1000 años el nivel no supera la obra de excedencias (vertedor) y por tanto se infiere que la presa podría soportar avenidas mayores. En la figura 4.5 se muestran las cotas máximas alcanzadas en el vaso de la presa Dolores para los diferentes periodos de retorno en planta, estas cotas ayudaran a una mejor toma de decisiones al planear infraestructura que se encuentre dentro del vaso (por debajo de la cota de la corona).

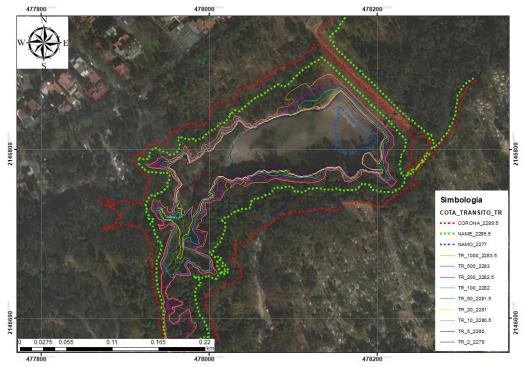


Figura 4.5. Cotas máximas alcanzadas en el vaso de Dolores para diferentes periodos de retorno.



ANALISIS HIDRÁULICO DE LAS AVENIDAS CON DIFERENTES CONDICIONES HIDROLÓGICAS

Para observar el beneficio o la afectación en el vaso de la presa debido a un buen o mal manejo integral de la cuenca mejorando o empeorando la condición hidrológica, se realizó el tránsito de avenidas para la presa Dolores considerando una condición hidrológica buena (mejorando la cobertura vegetal), una regular (situación actual) y una mala (tendencia a deforestar en la CDMX).

Como ejemplo se muestra en las siguientes figuras el resultado del tránsito para los periodos de retorno de 10 y 100 años y el resumen para los demás periodos de retorno en las tablas 2.0, 2.1 y 2.2.

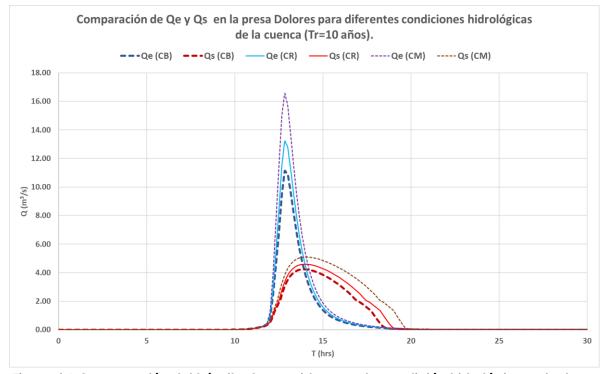


Figura 4.6 Comparación del tránsito de avenidas para la condición hidrológica actual (regular), buena y mala de la cuenca Dolores para un Tr= 10 años.



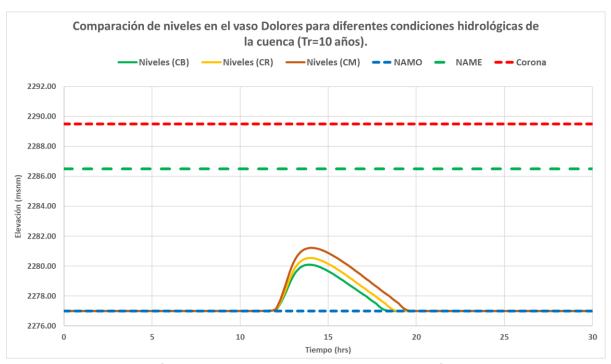


Figura 4.7 Comparación del nivel en el vaso Dolores durante el tránsito de avenidas para la condición hidrológica actual (regular), buena y mala de la cuenca Dolores para un Tr= 10 años.

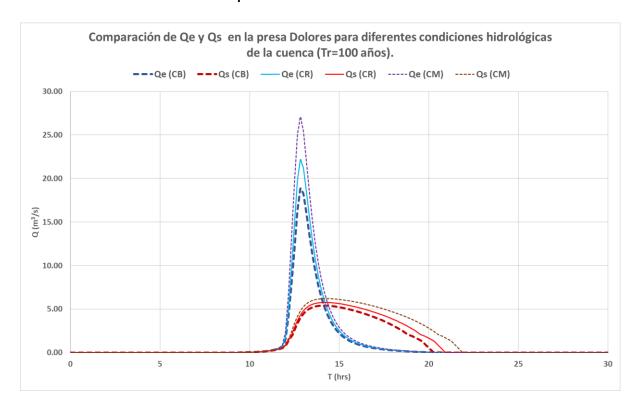


Figura 4.8 Comparación del tránsito de avenidas para la condición hidrológica actual (regular), buena y mala de la cuenca Dolores para un Tr= 100 años.



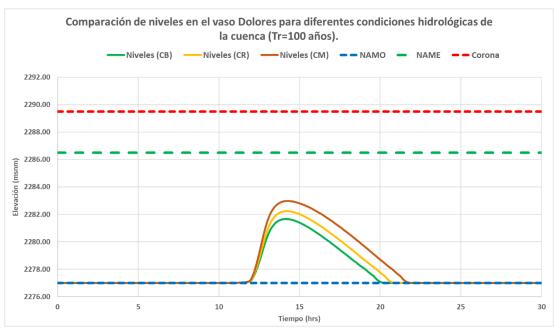


Figura 4.9 Comparación del nivel en el vaso Dolores durante el tránsito de avenidas para la condición hidrológica actual (regular), buena y mala de la cuenca Dolores para un Tr= 100 años

Tabla 2.0 Comparación de gastos máximos de entrada al vaso asociados a diferentes Tr en función de la condición hidrológica de la cuenca.

Qe Máx (m³/s)						
Tr (años)	C. Buena	C. Mala				
2	6.03	7.10	9.12			
5	9.10	10.82	13.65			
10	11.12	13.20	16.55			
20	13.21	15.66	19.49			
50	16.03	18.96	23.40			
100	18.84	22.17	27.08			
200	20.94	24.61	29.95			
500	24.89	29.09	34.99			
1000	27.06	31.58	37.90			

Tabla 2.1 Comparación de gastos máximos de salida del vaso asociados a diferentes

Tr en función de la condición hidrológica de la cuenca.

Qe Máx (m³/s)							
Tr (años)	C. Mala						
2	3.00	3.31	3.81				
5	3.81	4.17	4.66				
10	4.23	4.59	5.10				
20	4.60	4.98	5.47				
50	5.04	5.41	5.89				
100	5.40	5.77	6.21				



Qe Máx (m³/s)							
Tr (años) C. Buena C. Reg. (Actual) C. Mala							
200	5.65	6.00	6.44				
500	6.03	6.37	6.78				
1000	6.22	6.55	6.96				

Tabla 2.2 Comparación de los niveles máximos en el vaso asociados a diferentes Tr en función de la condición hidrológica de la cuenca.

Nivel Máx (msnm)						
Tr (años)	C. Buena	C. Reg (Actual)	C. Mala			
2	2278.85	2279.13	2279.62			
5	2279.63	2280.02	2280.63			
10	2280.10	2280.54	2281.22			
20	2280.55	2281.05	2281.77			
50	2281.13	2281.68	2282.43			
100	2281.67	2282.23	2282.98			
200	2282.04	2282.62	2283.37			
500	2282.67	2283.25	2284.01			
1000	2282.99	2283.58	2284.36			

13. ELABORACIÓN DEL MODELO HIDRODINÁMICO DE LA CUENCA DOLORES.

Entendido el comportamiento y funcionamiento hidráulico de la cuenca, se realizó el modelo bidimensional a través del sistema computacional IBER, el cual es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no-permanente, y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial. Mediante este modelo se transitaron los escurrimientos y se calculó el área inundable, su profundidad y la velocidad alcanzada.

Para el funcionamiento de este modelo se necesitaron los siguientes insumos:

- Modelo digital de elevaciones del terreno
- El uso de suelo para la asignación de la rugosidad de fondo (se utilizó la "n de Manning" como coeficiente de rugosidad para este estudio).
- Condiciones de contorno del modelo:
 - Entrada. Las condiciones de precipitación calculadas para los distintos periodos de retorno, los hietogramas de lluvia efectiva, ambos calculados en el estudio hidrológico.
 - Salida. Se propone una salida de vertedor en la frontera de la parte más baja del modelo de elevaciones.

Se realizó un vuelo en helicóptero sobre la cuenca, obteniendo una ortofoto de gran calidad, de resolución de 10 cm por pixel en la horizontal, la cual se utilizó como imagen de fondo en las simulaciones, Figura 8.1.



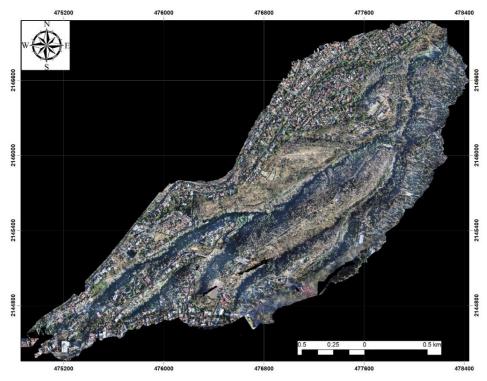


Figura 5.0 Ortofoto de resolución de 10x10 cm en el plano horizontal de la cuenca de Dolores.

Con la ortofoto se realizó un análisis de las construcciones que hay dentro de la cuenca y de la vegetación. A través del vuelo se obtuvieron las elevaciones referenciadas al nivel del mar del área de estudio, calculando las curvas de nivel a cada 50 cm de elevación para toda la cuenca como se muestra en la Figura 5.1.



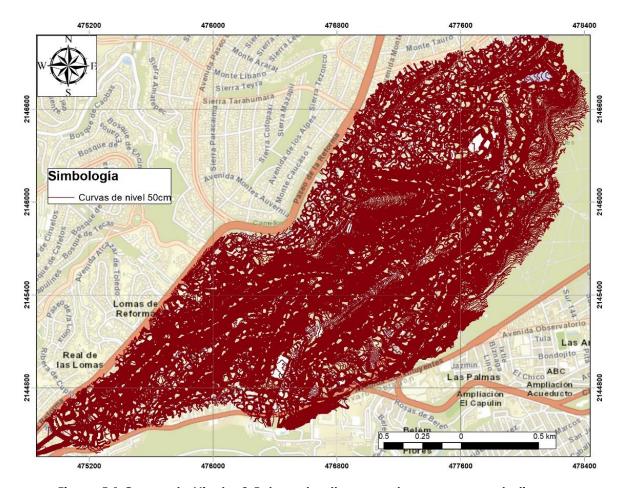


Figura 5.1 Curvas de Nivel a 0.5 de m de altura para la cuenca en estudio.

Haciendo un tratamiento de estas curvas a través de un sistema de información geográfica (SIG), se realizó la triangulación generando una superficie TIN (Figura 5.2), la cual es una representación morfológica de la superficie mediante una red de triángulos irregulares, estos realizan interpolaciones de las elevaciones entre las curvas de nivel obteniendo valores intermedios.



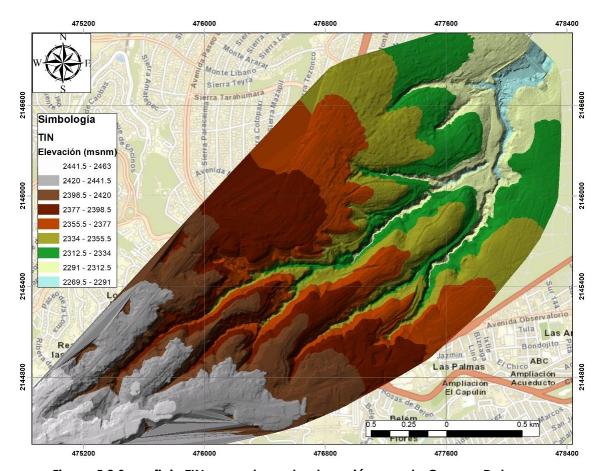


Figura 5.2 Superficie TIN con valores de elevación para la Cuenca Dolores.

Con la superficie TIN generada, se obtuvo el archivo de elevaciones con resolución a cada 10 cm, generando un archivo tipo ráster o un archivo de texto plano del tipo ASCII o del tipo XYX, que contiene la elevación para cada punto dentro de la cuenca con distancia en el plano horizontal de 10 cm. La topografía mediante un vuelo aéreo o a través de imágenes de vista aérea toma la elevación de lo que se encuentra en primer plano, por lo que hay inconvenientes si se presenta un obstáculo que impida observar el fondo de terreno y en nuestro caso el fondo del cauce. El principal inconveniente que se presenta en la información es la presencia de árboles, ya que se toma como elevación las copas, para el caso particular de la zona de estudio son los puentes que atraviesan el cauce, generando inconsistencias y falta de continuidad para el flujo del agua, ya que los programas no distinguen que hay huecos debajo de ellos que permiten pasar al líquido y lo toman como presas naturales donde se almacena el agua y no conecta con aguas abajo hasta que llegue a un tirante superior a la elevación del puente.

Por tal motivo se necesitó realizar una visita a campo a estos sitios, para conocer como son estos pasos de agua y reproducirlos en el modelo, de lo contrario se tendría retención de agua que no representarían correctamente el flujo.

Para la simulación, se utilizó el coeficiente de rugosidad "n de Manning" para canales naturales; propuestos y recomendados en el IBER dependiendo del uso



de suelo. En el uso de suelo, se hizo una nueva consideración solo para la zona donde transita el agua, es decir, en la red de drenaje de la cuenca, para lo cual se consideró un uso de suelo del tipo río con un coeficiente "n" de 0.035 que es un valor conservador; para el caso del bosque se ocupa 0.12, para la zona urbana un valor de 0.15 y para el pastizal inducido de 0.05 (Figura 5.3).

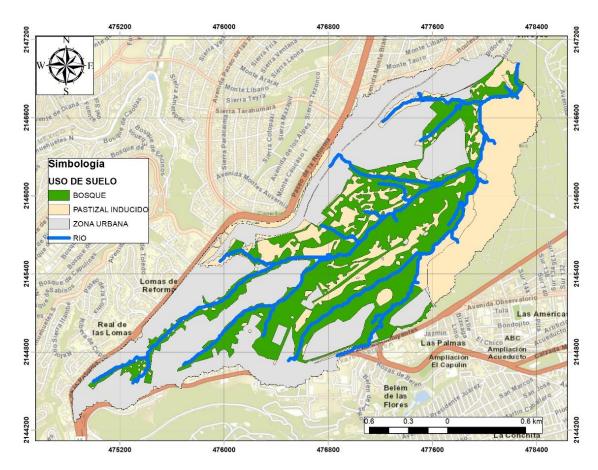


Figura 5.3 Uso de suelo para asignación de coeficiente de rugosidad.

El software IBER resuelve las ecuaciones hidrodinámicas bidimensionales derivadas por Saint Venant, a través de volúmenes finitos representados por elementos triangulares o cuadriláteros que forman una malla de cálculo, realizando la simulación del escurrimiento superficial calculando los cambios en su profundidad, velocidad y gasto principalmente a lo largo de un tiempo de simulación dado.

A la malla se le asignan los parámetros de elevación, coeficiente de rugosidad ("n de Manning") y así también las condiciones a simular, en caso de simular precipitaciones se introduce el hietograma de diseño de intensidades para cada lapso de tiempo en segundos. Para el caso particular de este modelo, se realizó un mallado de tamaño máximo por pixel de 5 metros, Figura 5.4. El área total de la cuenca es de 4.3 km2, por lo que nos da un número general de elementos de más de 196 mil con un poco más de 391 mil nodos de cálculo.



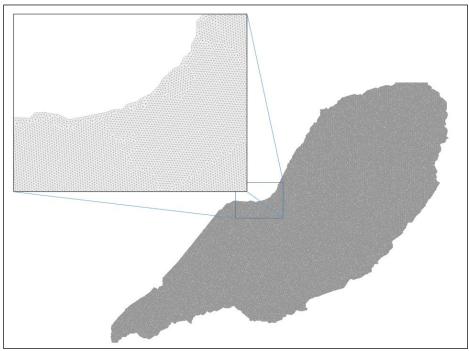


Figura 5.4 Mallado computacional de cálculo.

Asignado las elevaciones, se obtiene una vista de la superficie en perspectiva 3D como se muestra en la Figura 5.5.

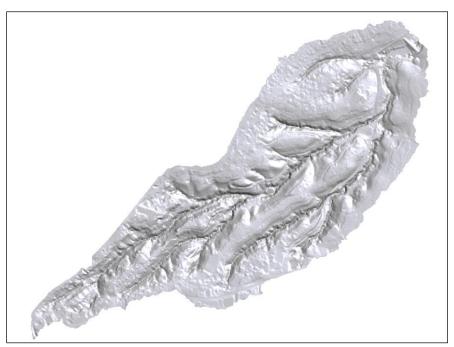


Figura 5.5 Perspectiva 3D de la superficie del modelo en IBER.

En las imágenes 3D se aprecian claramente los barrancos y los cauces donde se conducirá el agua hasta la presa (ver Figura 5.6). También se muestra una representación de la cortina de la presa de Dolores, Figura 5.7.



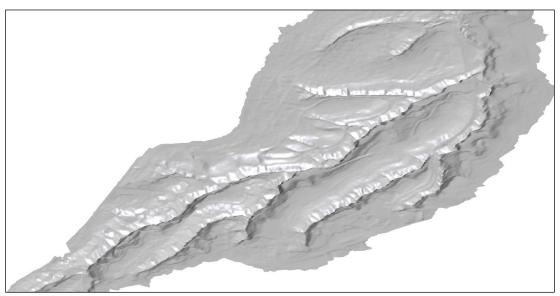


Figura 5.6 Vista de los barrancos y cauces dentro de la cuenca.

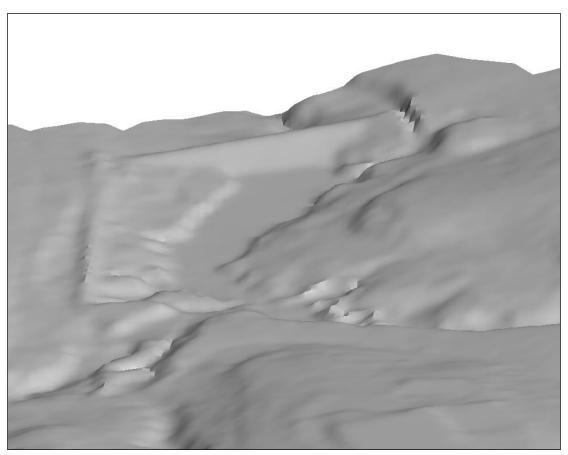


Figura 5.7 Presa de Dolores, vista desde el modelo en IBER.

Como se mencionó anteriormente, la simulación lluvia-escurrimiento en el modelo hidrodinámico necesita el hietograma de intensidades de lluvia, por lo que los hietogramas de precipitación de diseño, se convirtieron en intensidades para ser modelados. El IBER cuenta con un módulo para el cálculo de pérdidas,



es decir, para estimar la lluvia que se pierde como infiltración como propiedad intrínseca del suelo calculando a la vez su contraparte, la cantidad de agua que se convierte en escurrimiento directo.

Se simuló el escurrimiento que produce una tormenta de 10 años de periodo de retorno, cuyo hietograma de altura de precipitación se muestra en la Figura 5.8; a través de la precipitación efectiva obtenida en el modelo MPE, figura 5.9, se alimentará el modelo en IBER.



Figura 5.8 Hietograma de precipitación efectiva Tr de 10 años.

Convirtiendo estos valores en intensidades, entendido que es la cantidad de lámina de lluvia entre un lapso de tiempo (por lo general medido en horas), queda representada en la Figura 5.9 de la siguiente forma.





Figura 5.9 Hietograma de intensidades efectivas Tr 10 años.

Simulando la tormenta de 9 horas, se corrió en IBER con los parámetros antes mencionados, teniendo las siguientes áreas inundables en un primer instante, Figura 5.10 y 5.11.

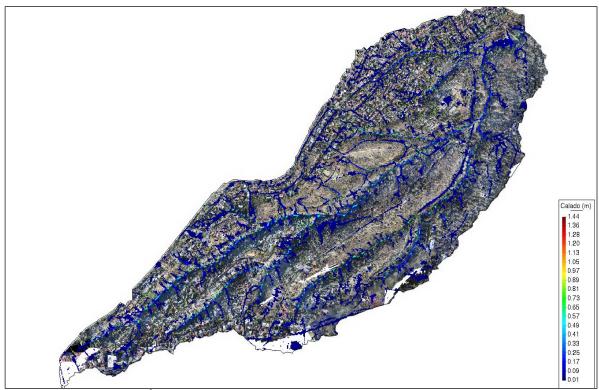


Figura 5.10 Áreas coloreadas de profundidad de agua, Tr 10 años.



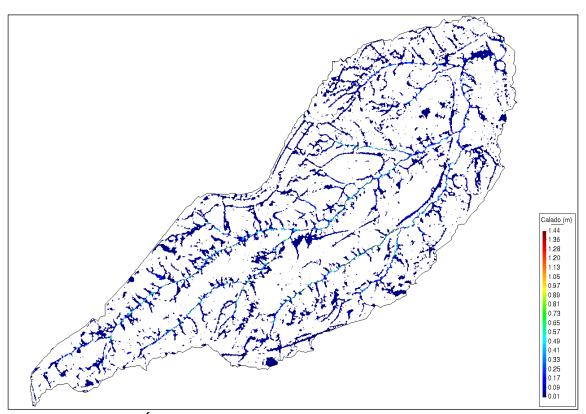


Figura 5.11 Áreas coloreadas de profundidad, sin ortofoto de fondo.

En las figuras 5.10 y 5.11 anteriores, muestran ambas el instante que empieza la lluvia a llenar las depresiones que tiene el terreno, son láminas de agua en su mayoría menores a los 5 cm de profundidad, se nota la ubicación de algunas calles y circuitos en el área ya que son las zonas donde se concentran estos "charcos" de agua, y donde se presentan las mayores profundidades son principalmente dentro del cauce.

Posteriormente, en el proceso de escurrimiento y debido a que la lluvia empieza a disminuir, el agua se concentra en el cauce del río, obteniendo los siguientes resultados de profundidades máximas, así también se nota el almacenamiento de agua en el vaso de la presa.



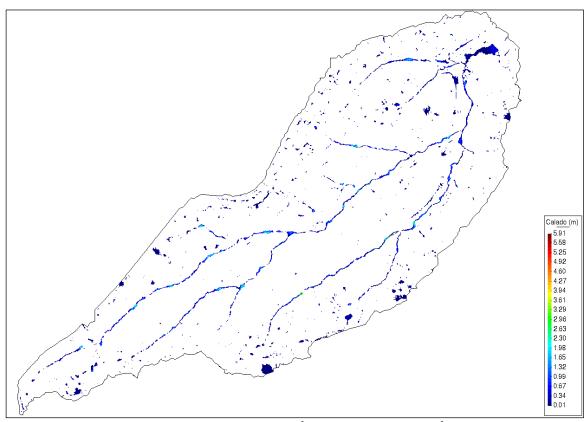


Figura 5.12 Profundidades máximas en la simulación.

Las zonas con profundidades mayores a los 2 metros son las zonas de mayor potencial de retención y se encuentran en los cauces, por lo que la construcción de presas de gaviones en estos sitios permitirá reducir las velocidades y retener sedimentos en el trayecto al vaso de la presa Dolores. Estas zonas corresponden a las 13 propuestas de ubicación de represas que se mencionan anteriormente.



14. PROPUESTA DEL MODELO HIDRODINÁMICO DE LA CUENCA DOLORES PARA EL SISTEMA DE REPRESAS.

La ubicación de las 13 represas como medidas de mitigación, se muestra en la Figura 5.13 y en la Tabla 2.3 se indican sus coordenadas para su localización, proyectado en el Sistema UTM Zona 14 Norte, Dátum WGS 1984; del eje indicando las coordenadas para la margen izquierda y para la margen derecha, además de la altura a la que llegaría la corona de las mismas represas.

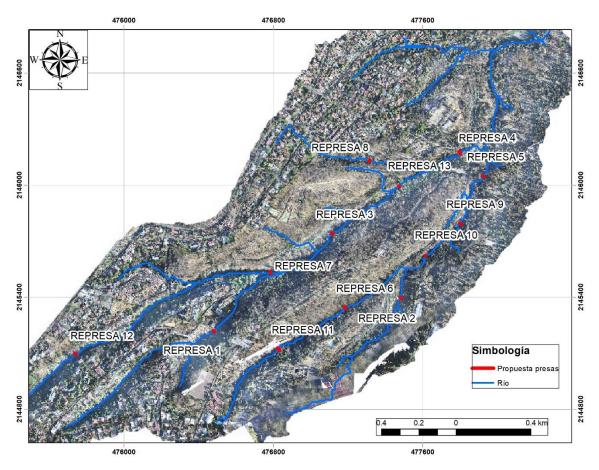


Figura 5.13 Localización de las 13 presas de gaviones propuestas.



Tabla 2.3 Coordenadas de ubicación de las represas propuestas.

Nombre	X izquierda	Y Izquierda	X derecha	Y derecha	Elevación (msnm)
Represa 1	476481.349	2145223.56	476489.154	2145215.86	2351
Represa 2	477479.986	2145390	477486.614	2145384.88	2317
Represa 3	477111.605	2145739.13	477117.783	2145736.58	2307
Represa 4	477799.316	2146186.12	477811.01	2146181.94	2290
Represa 5	477925.369	2146050.88	477930.092	2146048.32	2296
Represa 6	477181.855	2145343	477186.92	2145339.96	2326
Represa 7	476827.993	2145539.93	476828.489	2145535.33	2328
Represa 8	477314.682	2146136.38	477307.869	2146123.58	2311
Represa 9	477794.375	2145789.32	477804.892	2145781.65	2230
Represa 10	477613.174	2145619.87	477616.826	2145616.98	2305
Represa 11	476825.889	2145124.2	476836.373	2145112.92	2358
Represa 12	475736.247	2145096.32	475742.531	2145088.58	2385
Represa 13	477480.802	2146005.12	477484.252	2146003.16	2296

Estas represas se proponen de 3 a 5 metros de altura, medido desde el lecho del río a la corona, construidas por gaviones. Con base a las curvas de nivel se dibujaron, tomando como referencia las elevaciones, para su posterior tratamiento de obtención de archivo de elevaciones que pueda ser introducido a IBER. En la Figura 5.14 se muestra dibujado en el archivo CAD, mientras que ya en La Figura 5.15 se muestra la misma zona en visualización 3D en IBER.



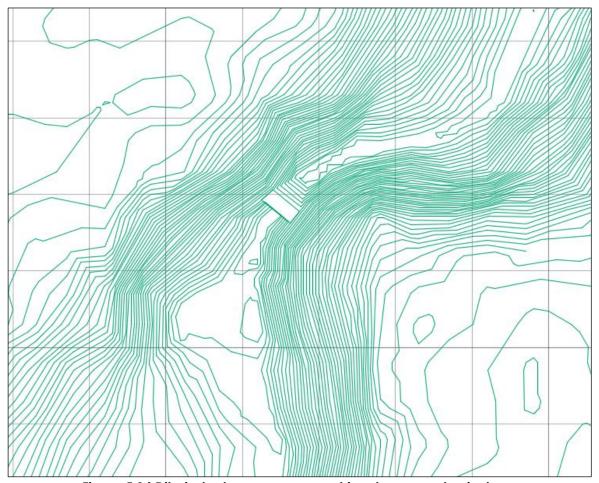


Figura 5.14 Dibujado de represas en archivo de curvas de nivel.

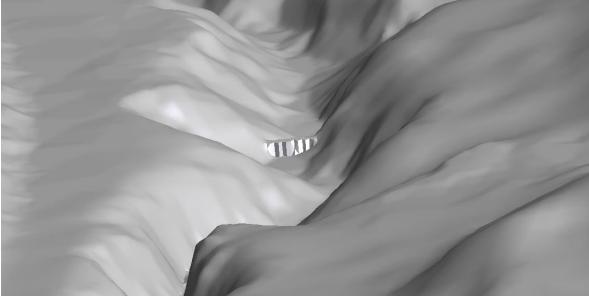


Figura 5.15. Vista 3D de la represa representada en el modelo de IBER.

A continuación, se presentan los mapas de tirantes y velocidades alcanzadas con la condición actual contra la simulación del sistema de represas propuestas, para las precipitaciones efectivas de periodo de retorno de 5, 10 y 100 años.



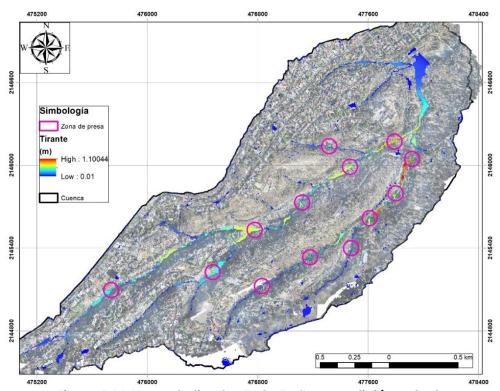


Figura 5.16 Mapa de tirantes Tr de 5 años, condición actual.

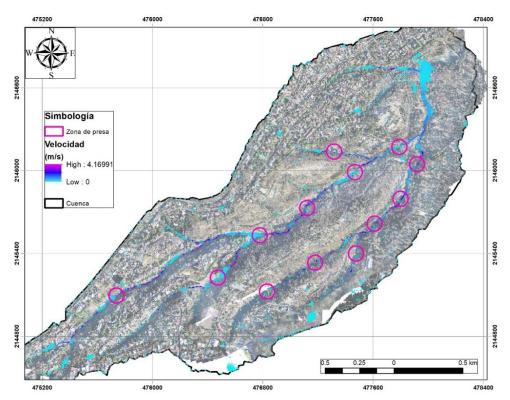


Figura 5.17. Mapa de velocidades Tr de 5 años, condición actual.



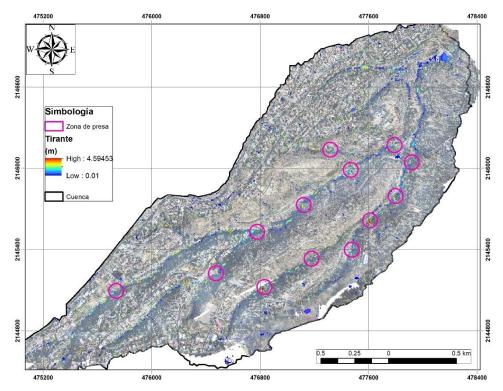


Figura 5.18 Mapa de tirantes Tr 5 años, con sistema de represas.

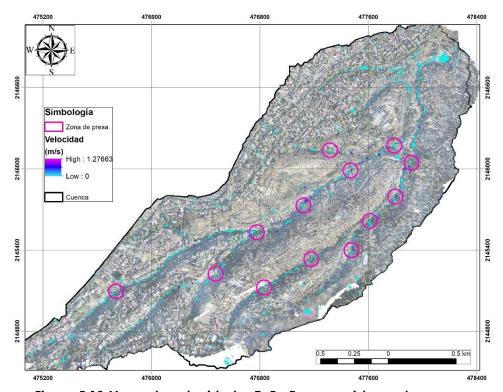


Figura 5.19 Mapa de velocidades Tr 5 años, con sistema de presas.



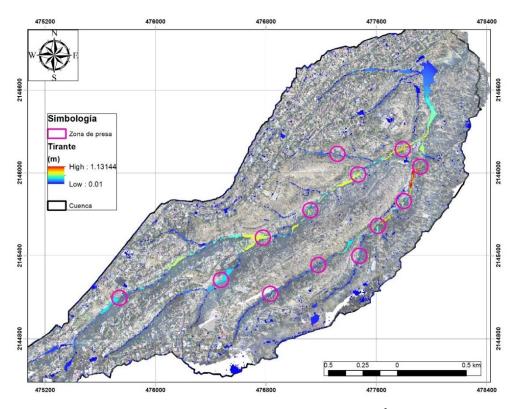


Figura 5.20 Mapa de tirantes Tr 10 años, condición actual.

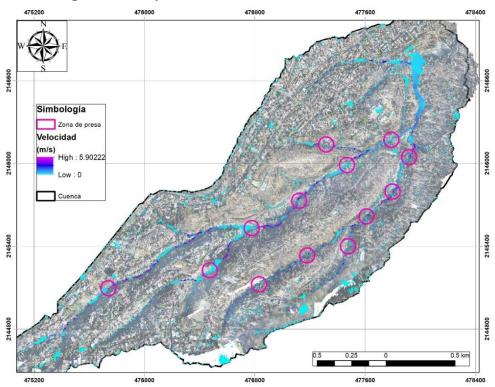


Figura 5.21 Mapa de velocidades Tr 10 años, condición actual.



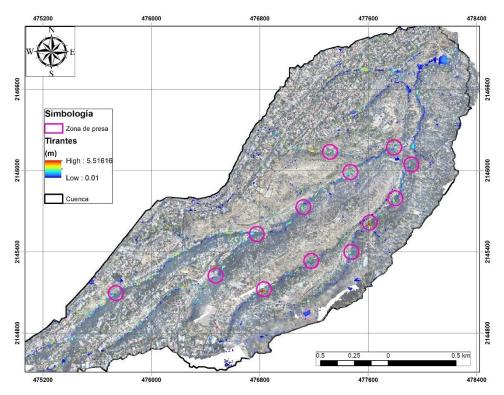


Figura 5.22 Mapa de tirantes Tr 10 años, con sistema de presas.

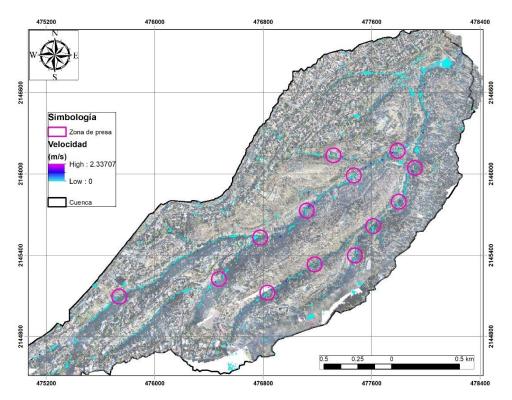


Figura 5.23 Mapa de velocidades Tr 10 años, con sistema de presas.



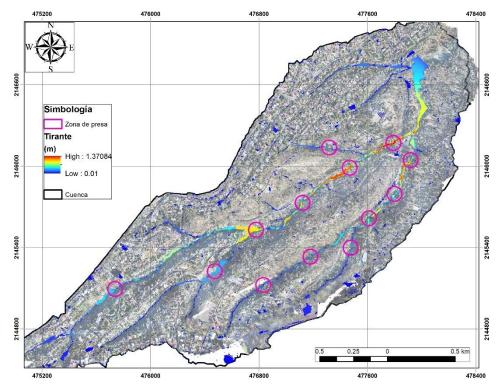


Figura 5.24 Mapa de tirantes Tr 100 años, condición actual.

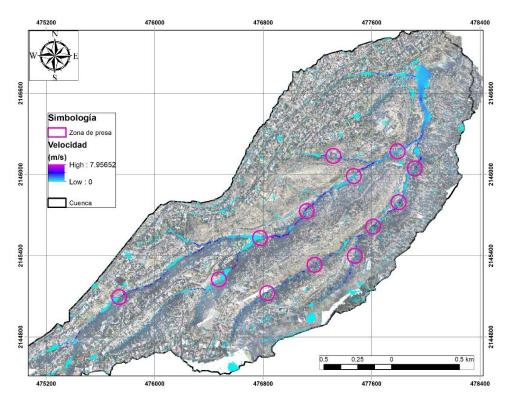


Figura 5.25 Mapa de velocidades Tr 100 años, condición actual.



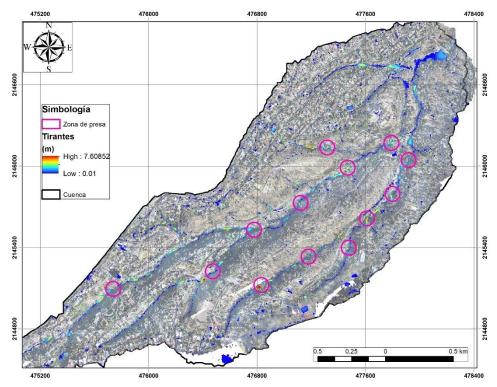


Figura 5.26 Mapa de tirantes Tr 100 años, con sistema de presas.

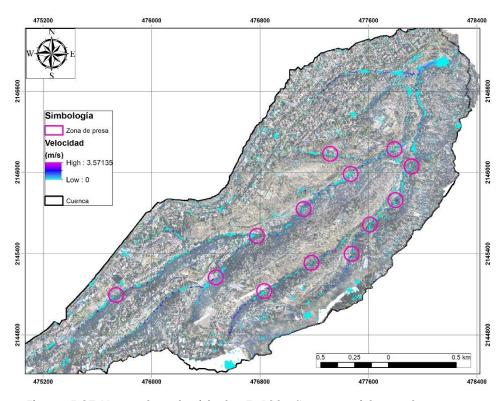


Figura 5.27 Mapa de velocidades Tr 100 años, con sistema de presas.



Con el sistema de presas se aprecia notablemente la disminución de la velocidad y el aumento del tirante debido a la retención del agua por las presas, pero a su vez disminución del mismo para la parte aguas debajo de la zona de la presa, se concentra en la Tabla 2.4 la información de los valores máximos de los mapas tanto de tirante como de velocidad para los dos escenarios y los respectivos periodos de retorno.

Tabla 2.4 Valores de profundidades y velocidades para cada escenario.

Cuenca Dolores	Tr 5 años Actual	Tr 5 años Con presas	Tr 10 años Actual	Tr 10 años Con presas	Tr 100 años Actual	Tr 100 años Con presas
Tirante (m)	1.1	4.59	1.13	5.51	1.37	7.60
Velocidad (m/s)	4.16	1.21	5.90	2.33	7.8	3.57

Las represas están realizando su función, la cual es retener agua, pero a su vez como serán de gaviones estas no serán impermeables y permitirán el paso de agua con la retención de sedimentos gruesos; y a su vez la de disminución de las velocidades de la corriente.

15. RESULTADOS DEL MODELO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA DE REPRESAS.

Dado que los suelos que se encuentran en la cuenca son suelos de poco desarrollo, altamente susceptibles a la erosión, en temporada de lluvias los escurrimientos arrastran gran cantidad de sedimentos hacia la parte baja de la cuenca, lo cual resta capacidad de almacenamiento a la presa Dolores, se recomienda mejorar la condición hidrológica en la cuenca aumentado la cobertura forestal.

Utilizando los mismos parámetros de calibración obtenidos en el MPE para la cuenca en su condición actual, se obtuvieron los hidrogramas para dos escenarios futuros, uno considerando una condición hidrológica Buena, lo cual supone una mayor cobertura vegetal en la cuenca, y para una condición hidrológica Mala donde se supone una disminución en la capacidad de retención de los escurrimientos debido a la pérdida de área con vegetación.

De los resultados del estudio hidrológico se observa que mejorando la condición hidrológica en la cuenca los escurrimientos disminuyen un 15%, por el contario si continúa disminuyendo la cobertura vegetal de la cuenca los escurrimientos podrían aumentar un 25%. En el estudio se presentan las zonas donde es posible mejorar la cobertura vegetal en la cuenca.

En las siguientes tablas se muestran los gastos y volúmenes máximos asociados a tormentas con distintos periodos de retorno para estos dos escenarios futuros.



Tabla 2.5 Escenario futuro para una buena condición hidrológica de la cuenca.

CUENCA		Tr							
DOLORES	2	2 5 10 20 50 100 200 500							1000
Lluvia	41.01	52.27	59.62	66.96	76.06	82.98	89.89	99.00	105.83
Ce	0.18	0.22	0.23	0.25	0.27	0.28	0.28	0.30	0.31
Qmáx (m³/s)	5.40	8.20	10.08	12.06	14.74	16.71	18.71	21.61	24.46
Vexceso(Miles m³)	32.24	48.81	59.85	71.36	86.87	98.23	109.76	126.40	142.66

Tabla 2.6 Escenario futuro para una mala condición hidrológica de la cuenca.

CUENCA		Tr							
DOLORES	2	2 5 10 20 50 100 200 500 100							1000
Lluvia	41.01	52.27	59.62	66.96	76.06	82.98	89.89	99.00	105.83
Ce	0.27	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.41	0.42	0.44
Qmáx (m³/s)	8.10	12.40	15.18	18.04	21.83	24.59	27.38	31.33	35.07
Vexceso(Miles m³)	47.77	72.13	87.90	104.08	125.48	141.11	156.87	179.22	200.22

Para el control de la velocidad de los escurrimientos y disminución del arrastre de sedimentos, se recomienda la construcción de represas de gaviones sobre los cauces principales de la cuenca.

Se realizó una propuesta para la ubicación de las represas; tomando en cuenta la topografía, la hidrología y la mancha urbana se ubicaron 13 sitios sobre los escurrimientos de la cuenca y se obtuvieron sus cuencas de aportación, así como las características fisiográficas de estas microcuencas, sus gastos y volúmenes máximos. En la visita a campo se corroborará su factibilidad de construcción.

Tabla 2.7 Escenario futuro para una mala condición hidrológica de la cuenca.

Microcuenca	uenca Coordenadas		Área	Cauce	principal	Tiempo de concentración		
(Represa)	x	Y	m²	Longitud m	Pendiente %	hrs	min	
1	99°13'26.4"	19°24'03.8"	416,800	1,509.59	8%	0.24	14.67	
2	99°12'52.0"	19°24'09.5"	256,325	1,654.39	7%	0.28	16.71	
3	99°13'04.6"	19°24'20.8"	343,250	1,192.82	6%	0.22	13.22	
4	99°12'41.3"	19°24'34.9"	165,500	1,010.48	6%	0.19	11.64	
5	99°12'36.9"	19°24'30.8"	162,675	876.19	8%	0.16	9.56	
6	99°13'02.3"	19°24'07.9"	147,225	942.76	11%	0.15	9.00	
7	99°13'16.0"	19°24'14.0"	413,275	1,670.10	7%	0.28	16.54	
8	99°12'57.8"	19°24'33.5"	196,375	1,520.96	7%	0.26	15.75	
9	99°12'41.1"	19°24'22.5"	80,350	890.69	8%	0.16	9.87	
10	99°12'47.5"	19°24'16.9"	166,250	764.98	11%	0.12	7.50	
11	99°13'14.4"	19°24'00.6"	215,975	1,118.82	9%	0.19	11.21	



12	99°13'51.8"	19°23'59.7"	360,500	1,518.88	6%	0.27	16.23
13	99°12'52.4"	19°24'29.0"	272,650	1,094.12	7%	0.20	12.08

Se obtuvieron los gastos y volúmenes máximos para cada una de las represas par los Tr de 5, 10 y 100 años, los cuales se utilizaron en el modelo de inundación.

Tabla 2.8 Escenario futuro para una mala condición hidrológica de la cuenca.

Tublu 2	tabla 2.6 Escendio tuturo para una maia condición hidrológica de la cuenca.							
Tr, años	5			10	100			
REPRESA	Q (m ³ /s)	V (miles m³)	Q (m³/s)	V (miles m³)	Q (m³/s)	V (miles m³)		
1	2.52	7.26	3.22	9.11	5.00	13.91		
2	1.26	3.83	1.63	4.87	2.58	7.54		
3	0.66	2.08	0.96	2.97	1.72	5.11		
4	0.63	1.64	0.84	2.15	1.37	3.45		
5	0.20	0.66	0.33	1.03	0.69	1.88		
6	0.56	1.34	0.75	1.78	1.24	2.88		
7	2.38	6.97	3.02	8.83	4.65	13.58		
8	1.37	3.61	1.73	4.52	2.66	6.90		
9	0.13	0.43	0.23	0.64	0.44	1.13		
10	0.21	0.66	0.37	1.04	0.76	1.90		
11	1.57	3.63	1.98	4.56	3.04	6.98		
12	2.88	8.13	3.59	9.84	5.44	15.02		
13	0.49	1.43	0.72	2.08	1.26	3.64		

De la visita de campo se ubicaron 152 descargas de agua residual que se encuentra dentro de la cuenca Dolores. Con la información de los microconsumos de agua potable del año 2020 en las manzanas ubicadas dentro de la cuenca y del censo de población de INEGI del año 2020, se determinaron los consumos de las manzanas. Para estimar el gasto de aguas negras (QAN) en cada punto de descarga localizado, se asociaron geográficamente diferentes grupos de puntos de descargas a las manzanas que vierten a la barranca, se dividió el gasto total diario entre el número de descargas asociadas a cada manzana y se aplicó el factor de 0.85 para conocer el caudal de aguas residuales, resultando un total de 13.06 lps. Los gastos en las descargas se utilizarán para diseñar las obras de captura y tratamiento de las mismas.

Se realizó el tránsito de las avenidas de diseño para todos los periodos de retorno del estudio hidrológico, con el fin de observar el efecto de la regulación de la presa. Se observa que con la regulación el pico máximo de la avenida baja un 40% para un Tr 5 de años y un 28% para Tr de 100 años.

El vaso tiene la capacidad de regular avenidas hasta de 1000 años, bajando el gasto pico de 31.58 a 6.55 m3/s. En la siguiente tabla se muestran los gastos regulados en la presa Dolores.



Tabla 2.9. Gastos máxim	os de entrada	v salida a la	presa Dolores
Tubiu 2.7. Gusius Iliuxiil	ios de ellitada	y saliaa a la	presu polores

Tr (años)	Qe (máx) (m³/s)	Qs (máx) (m³/s)	Volumen miles (m³)	
Tr=2	7.10	3.31	42.15	
Tr=5	10.82	4.17	63.44	
Tr=10	13.20	4.59	77.13	
Tr=20	15.66	4.98	91.20	
Tr=50	18.96	5.41	109.97	
Tr=100	22.17	5.77	128.12	
Tr=200	24.61	6	141.99	
Tr=500	29.09	6.37	167.19	
Tr=1000	31.58	6.55	181.43	

16. MEMORIA DESCRIPTIVA DE LAS PRESAS DE MAMPOSTERÍA



Figura. 6.0 Presa de mampostería.

Es una estructura de piedra, arena y cemento, que se construye perpendicular a las cárcavas, controla la velocidad de escurrimiento al formar un escalón que reduce la erosión hídrica y almacena agua

• ¿PARA QUE SIRVE?

- > Reducir la velocidad de los escurrimientos en las cárcavas.
- > Retener azolves.
- > Almacenar agua para formación de humedales riparios.



BENEFICIOS

- > Retiene azolves.
- Reduce la pendiente media de la cárcava.
- El agua que se almacena puede tener diversos aprovechamientos para poblaciones rurales.

• ELEMENTOS DE DISEÑO.

- Para realizar el diseño de una presa de mampostería es necesario ubicar previamente el lugar donde se va a construir, determinar el área de la cuenca que lo alimenta, estimar o cuantificar el escurrimiento máximo, así como caracterizar la cárcava en cuestión tomando en cuenta su ancho, profundidad y tipo de suelo.
- La profundidad de la cárcava es una característica importante, porque a partir de ella se determina la altura de la presa. Por lo general, las presas de mampostería se construyen con la finalidad de cubrir la totalidad de la profundidad de la cárcava.
 - Existen dos factores fundamentales para asegurar el éxito de la presa: el empotramiento y el tamaño de la base.

• EMPOTRAMIENTO.

➤ El empotramiento consiste en excavar una zanja perpendicular al flujo de la cárcava y extenderla hasta las taludes de la misma, con la finalidad de asentar la obra más allá del nivel original de la cárcava y con esto evitar posibles franqueamientos (Figuras 6.1 y 6.2).

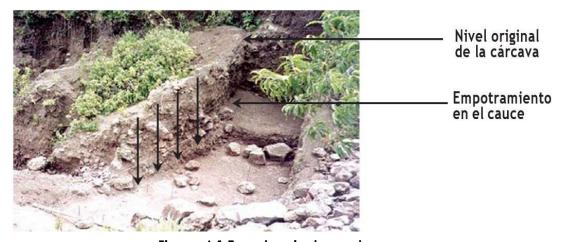


Figura. 6.1 Empotramiento en el cauce.



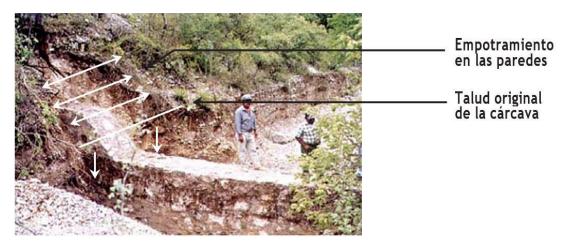


Figura. 6.2. Empotramiento en las paredes del cauce.

La profundidad del empotramiento recomendable es de 0.6 metros en terrenos sueltos y de 0.2 metros a 0.6 metros en terrenos consolidados.

Durante la construcción del empotramiento, se recomienta plantar dos bases de anclaje a los extremos de la base (dentellones o zapatas), colocadas al inicio y al final de la misma (Figura 6.3). La profundidad del primero puede variar desde 0.6 metros hasta un metro, dependiendo del tamaño de la presa; la del segundo se establece dividiendo la anterior entre dos.

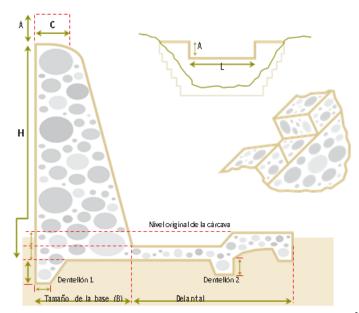


Figura. 6.3 Distintos perfiles de una presa de mampostería.



17. MEMORIA DESCRIPTIVA DE REPRESA MURO ZAMPEADO DE PIEDRA BRAZA.



Figura. 6.4 Represa de muro zampeado de piedra braza.

• ¿PARA QUE SIRVE?

- Controlar la erosión en cárcavas.
- > Retener azolves.
- Almacenar agua para formación de humedales riparios.

BENEFICIOS

- > Retiene suelo.
- Estabiliza lechos de cárcavas.

• ELEMENTOS DE DISEÑO.

- Para construir se deben identificar previamente los sitios donde se ubicarán, así como considerar la disponibilidad de piedra en dicha zona.
- La obra se recomienda para cárcavas con pendientes moderadas donde la superficie del área de escurrimiento genere flujos de bajo volumen, ya que son estructuras pequeñas. En promedio miden entre 1.2 metros y 2.5 metros de altura, por lo que, en caso de presentarse cárcavas de mayor dimensión, sólo se construirán hasta este límite.



- En cuanto a su ancho, de preferencia se deben ubicar en sitios no mayores de 7 metros.
- ➤ En la planeación de su construcción es importante considerar las partes de la presa (Figura 6.5).
- > Es conveniente asegurar que la estructura sea lo más resistente a volcaduras provocadas por las corrientes de agua que impactan las paredes, por lo que se recomienda fijar adecuadamente.
- ➤ En la planeación de su construcción es importante considerar las partes de la presa (Figura 6.6).

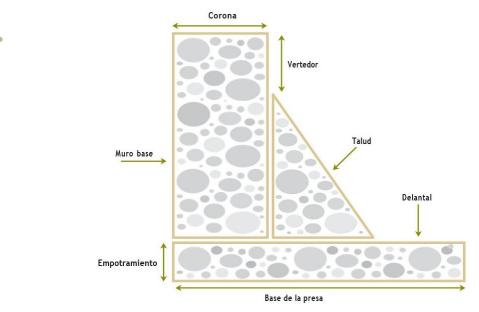


Figura. 6.6. Partes que constituyen a una Represa de muro zampeado de piedra braza.

CIMENTACIÓN Y EMPOTRAMIENTO

Una actividad inicial en la construcción de presas de represa de muro zampeado de piedra braza es la excavación de una zanja en el fondo y partes laterales de la cárcava para obtener el empotramiento o cimentación. Dependiendo de las dimensiones de la presa se establece la profundidad de la zanja, la que se recomienda sea de un cuarto de la presa y con un ancho ligeramente mayor que el grosor de esta misma.





Figura. 6.7. Secciones de excavación para el empotramiento de la presa en una cárcava.

Se recomienda extremar medidas de seguridad en la construcción de estas presas cuando se trata de suelos de textura gruesa o arenosos o en aquellos donde se presenten grietas en sus taludes. Es conveniente que el fondo de la zanja esté bien nivelado para evitar deslizamientos del material y, durante el acomodo de piedras para la cimentación, se debe procurar que el material quede colocado lo más estable posible. Cuando se trata de "piedra bola", se debe buscar el ángulo de reposo, es decir, la parte de mayor peso debe quedar hacia abajo.

FORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA

La construcción de la cortina consiste en el acomodo de piedras para formar una barrera o trinchera que servirá para controlar la erosión en cárcavas, así como para filtrar el agua de escurrimiento y retener azolves (Figura 6.8).

Los métodos de construcción dependen del tipo de piedra que se disponga. Si las piedras son tipo "laja" o planas sólo se acomodan unas sobre otras siguiendo las dimensiones iniciales para formar una barrera de la misma anchura y con paredes rectas y estables. En cambio, si se cuenta con piedra "bola" o redondeada se recomienda manejarla de acuerdo con su forma, es decir, colocar la parte de mayor peso hacia abajo (como se encuentran de manera natural en el suelo).

Se debe preferir roca o piedra que tenga mayor peso y dureza, pero también es posible aprovechar otros materiales disponibles (Figura 6.9).





Figura. 6.8. Colocación de piedras en la construcción de represa de zampeado.



Figura. 6.9. Piedra acomodada.

No es conveniente usar rocas que se desintegren o desmoronen fácilmente y sean de bajo peso, debido a que pueden ocasionar la destrucción de la presa, el arrastre de material y el mal funcionamiento de la obra

Con el fin de lograr que la barrera re- tenga la mayor cantidad de sedimentos y funcione como presa filtrante, se debe procurar que entre las piedras acomodadas no queden espacios grandes y que sean cubiertos con piedras pequeñas y un recubrimiento de zampeado.



18. MEMORIA DESCRIPTIVA DE PRESA DE MORILLOS.



Figura. 7.0. Presa de morillos.

Es una estructura conformada con postes o troncos de diámetros mayores a 10 centímetros. Esta estructura se usa temporalmente y se construye en sentido transversal a la dirección del flujo de corrientes superficiales, en cárcavas pequeñas y angostas, para el control de azolves, (Figura 7.0).

• ¿PARA QUE SIRVE?

- > Reducir la velocidad de escurrimiento. Retener azolves.
- Propiciar condiciones favorables para el establecimiento de cobertura vegetal que estabilice el lecho de la cárcava.
- Proteger obras de infraestructura rural, tales como presas hidráulicas, caminos y puentes.
- > Retener humedad.

BENEFICIOS

- > Retiene suelo.
- Estabiliza lechos de cárcavas.

•



• ELEMENTOS DE DISEÑO.

➤ Como primera actividad en la construcción de presas, se deben identificar las cárcavas pequeñas en las que aún sea posible detener su crecimiento con prácticas sencillas y de bajo costo (Figura 7.1).



Figura. 7.1. Presa de morillos.

Como práctica previa, es conveniente realizar cabeceo de cárcavas, para evitar su crecimiento aguas arriba y suavizar taludes. Los materiales de construcción pueden provenir de productos obtenidos en aprovechamientos forestales, incendios, podas o residuos de material muerto (Figura 7.1).

Hay que aclarar que, para que se considere como presa de morillos, los troncos deben tener un diámetro mayor de 10 centímetros.

19. MEMORIA DESCRIPTIVA DE BORDOS EN CURVA NIVEL (KEY LINE).

Es un sistema de bordos que se conforma con el producto de la excavación del suelo o subsuelo, de forma perpendicular a la pendiente del terreno, siguiendo curvas a nivel. Los bordos se pueden realizar con maquinaria o aperos de labranza, en combinación con instrumentos manuales. Sirve para propiciar la intercepción de azolves y escurrimientos, así como aumentar la infiltración y retención de humedad para el establecimiento reforestaciones y vegetación nativa.

Los bordos en curvas a nivel son una práctica utilizada principalmente en las zonas áridas y semiáridas, o con deficiencia de humedad estacional en el suelo.

Esta obra se debe implementar en suelos que tengan como mínimo 60 centímetro de profundidad, ya que en suelos con poca profundidad no se contaría con la suficiente cantidad de material para levantar el bordo.



• ¿PARA QUE SIRVE?

- Reducir la velocidad de escurrimiento.
- Propiciar condiciones favorables para el establecimiento de cobertura vegetal.
- > Retener humedad.

BENEFICIOS

- > Retiene suelo.
- Retención de humedad.

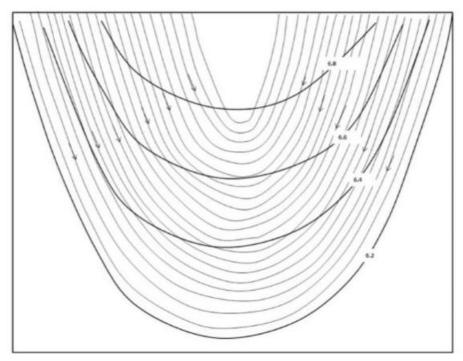


Figura. 7.2. Sistema Key Line.

20. MEMORIA DESCRIPTIVA DE TALUD LATERAL DE GAVIÓN DE PIEDRA BRAZA Y GAVIÓN LATERAL.

Es una estructura permanente, permeable y ligeramente flexible, formada a base de paralelepípedos de forma rectangular (cajones) denominados gaviones, construidos por una malla de alambre de triple torsión, llenos de piedra acomodada (Figura). Este tipo de presa representa un costo considerable por lo que requiere de un diseño de ingeniería.

Las presas de gaviones pueden sufrir deformaciones sin perder eficiencia; permiten el flujo normal del agua, reteniendo azolves, y debido a que los cajones de gaviones forman una sola estructura, tienen mayor resistencia al volteo y al deslizamiento.





Figura. 7.3. Talud lateral de gavión de piedra braza.

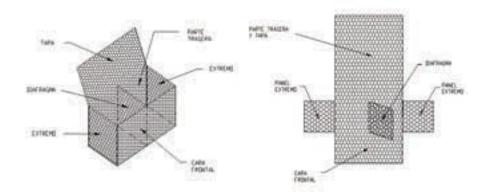


Figura 7.4. Módulos de una presa de gaviones.

El criterio de espaciamiento de las presas de gaviones es doble cabeza-pie, el empotramiento es hasta que se tenga un piso firme o enterrar al menos 50 centímetros (cm) a 1 metro de profundidad, de igual manera se debe empotrar hacia los lados a una longitud mayor de 50 cm, para evitar que el agua franquee la presa y se debilite, así mismo se construye un delantal que evita que se socave la estructura.



Tabla 3.0. Medidas de gaviones.

Longitud (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Número de celdas por pieza	Volumen (m³)
1.50	1.00	1.00		1.50
2.00	1.00	1.00	2	2.00
3.00	1.00	1.00	3	3.00
4.00	1.00	1.00	4	4.00
1.50	1.00	0.50		0.75
2.00	1.00	0.50	2	1.00
3.00	1.00	0.50	3	1.50
4.00	1.00	0.50	4	2.00
1.50	1.00	0.30		0.45
2.00	1.00	0.30	2	0.60
3.00	1.00	0.30	3	0.90

La malla de los gaviones debe ser de triple torsión y puede ser de distintos calibres, los estándares de calidad, ver Tabla 1.2.

Tabla 3.1. Dimensiones nominales.

Tipo de Malla	Dimensión Nominal para valores de "D"
5 por 7	53 mm (2,09 pulgadas)
6 por 8	64 mm (2,50 pulgadas)
8 por 10	83 mm (3,25 pulgadas)
10 por 12	114 mm (4,5 pulgadas)

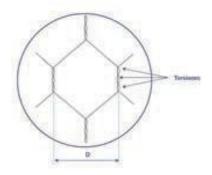


Figura 2.9. Malla triple torsión, para gaviones.



GAVIÓN LATERAL.

Su estructura está conformada por un armado de roca acomodada, confinada por una malla de acero galvanizado, con el objetivo de mitigar los procesos erosivos que ocurren en talud, por la bajada de torrentes laterales de agua.

Esta estructura permitirá el establecimiento de una cobertura vegetal, lo cual propiciará su rápida integración al contexto paisajístico de la barranca.



Figura 7.5. Estructura de gavión lateral.

• ¿PARA QUE SIRVE?

- Contención de terraplenes erosionados.
- Propiciar condiciones favorables para el establecimiento de cobertura vegetal.
- > Medio de transmisión de humedad.

BENEFICIOS

- > Retiene suelo.
- Retención de humedad.

21. MEMORIA DESCRIPTIVA DE TERRECEO DE ALTA PENDIENTE

El Muro de Kraimer, que incluyen los entramados de madera con vegetación o muros. Éstos combinan elementos constructivos inertes con elementos vegetales vivos, consiguiendo la protección y estabilización de taludes a corto, medio y largo plazo. El muro, construido a base de postes de madera ensamblados alternativamente entre sí, se levanta paralelo al talud y el trasdós se rellena con



tierra vegetal y gravas. En los huecos entre los troncos se introducen estaquillas, ramas vivas o plantas adaptadas a las condiciones locales, véase Figura 7.6

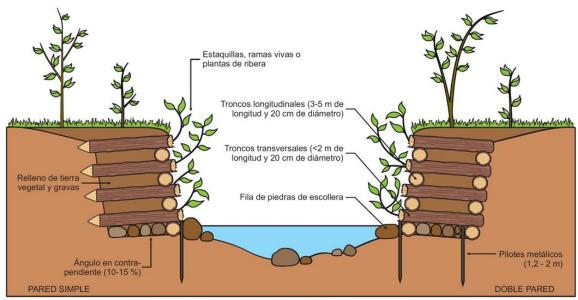


Figura 7.6 Entramado de troncos con vegetación o muro Krainer (izquierda, a una pared y derecha, a dos paredes).

Estas estructuras se utilizan en la consolidación de taludes de obras civiles como en carreteras y pistas, recuperación de minas, escombreras, vertederos, etc., prestando especial atención a las características del entorno y a la vegetación a emplear. El objetivo último de las técnicas de bioingeniería es el aumento de la complejidad y diversidad de un ecosistema degradado, hasta alcanzar un equilibrio dinámico que garantice la estabilidad y una mejora paisajística del medio.

No obstante, su uso más generalizado se ha centrado en la restauración de ríos, persiguiendo la mejora ecológica de los cursos fluviales (tanto del hábitat como de la fauna y flora asociadas). La consolidación del talud tiene como misión fundamental preservar el cauce y las orillas, protegiéndolos contra la erosión, generalmente provocada por desequilibrios en el funcionamiento del río (ausencia de vegetación riparia, presencia de obras hidráulicas, etc.).

¿PARA QUE SIRVE?

- Contención de terraplenes.
- Propiciar condiciones favorables para el establecimiento de cobertura vegetal.
- Medio de transmisión de humedad.



- BENEFICIOS
- Retiene suelo.
- Retención de humedad.

22. MEMORIA DESCRIPTIVA DE ZONA DE VERTEDORES/CONEXIÓN ALBAÑAL SISTEMA

Registro de albañal.

Se deberá considerar un registro de albañal a la salida de cada domicilio o descarga. Esta permite dar mantenimiento de la red, aislar descargas o dejar la instalación terminada en zonas donde aún no se cuenta con la descarga de la vivienda.

Considerar un registro, permite terminar completamente cada uno de los elementos que conformarán la red de atarjeas, en zonas de futuro crecimiento y con esto se evitan rupturas de pavimento o daño a cualquier otra instalación durante maniobras para la conexión de nuevas descargas. La Figura 7.7, presenta un registro construido a base de muros de mampostería y tapa de concreto, pero en el mercado existen algunos prefabricados de concreto o materiales plásticos.

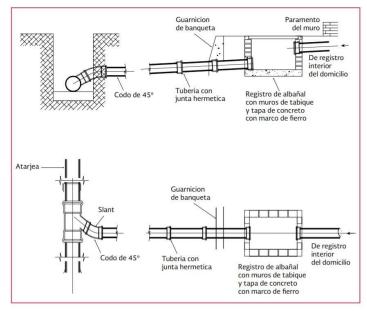


Figura 7.7. Registro de albañal.

- ¿PARA QUE SIRVE?
- Medio de conexión de la descarga domiciliaria con el colector.
- > Medio de maniobra de limpieza.



BENEFICIOS

Permite la salida de aguas negras hacia el colector por medio de una subestructura.

Cálculo del vertedor

Posterior a la determinación de la altura de la presa y el tamaño de la base, se calculan las dimensiones del vertedor en función del escurrimiento máximo por evento estimado, para un periodo de retorno de diez años y utilizando la siguiente fórmula:

$$Q = 1.45 L H^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

Q: gasto máximo de descarga del vertedor.

L: longitud efectiva del vertedor.

H: carga sobre la cresta del vertedor.

La longitud efectiva del vertedor se considera que es de un tercio del ancho de la cárcava y al conocer el gasto máximo del cauce para un periodo determinado, lo que se requiere es encontrar la altura del vertedor, misma que se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$H = \left(\frac{Q}{1.45 L}\right)^{\frac{2}{3}}$$

• ¿PARA QUE SIRVE?

- Medio de desfogue para las descargas en alcantarillas.
- > Funge como canaleta de descarga.

BENEFICIOS

Funciona como una estructura de amortiguamiento en las descargas sanitarias.

23. MEMORIA DESCRIPTIVA DE HUMEDAL RIPARIO.

Tienen como objetivo darle un tratamiento al agua residual y con ello disminuir la carga de nutrientes y contaminantes que ingresan al sistema de la barranca vía agua residual. Este tipo de humedales se ubican principalmente en las partes altas.





Figura 7.8. Humedal Ripario.

A continuación se mencionan las principales características de los humedales riparios.

• CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.

El medio granular es el principal elemento de un humedal de flujo subsuperficial que lo diferencia del humedal de flujo libre. En su seno se da la sedimentación de los materiales en suspensión, degradándose la materia orgánica. Los nutrientes se transforman y asimilan mientras que los agentes patógenos se neutralizan gracias a la biopelícula que se crea en la superficie del sustrato.

El lecho de grava ofrece al humedal una mayor tasa de reacción que permite conseguir los mismos rendimientos con un área menor. El nivel del agua debe permanecer siempre entre el material granular con lo que se evitan posibles problemas de olores y mosquitos. Además, esta capa presta mayor protección térmica evitando así problemas de congelación en climas fríos.

Es necesario cuidar especialmente la conductividad hidráulica. Gravas bien lavadas y de diámetros de entre 5 y 8 milímetros son las que mejores resultados proporcionan, al aumentar la superficie disponible para que se adhiera la biopelícula.

Aunque el área requerida sea menor que un sistema FWS, se han de contar los costos derivados por el material granular. Un sistema será más económico que el otro dependiendo del precio del suelo, del tipo de impermeabilización utilizado y la disponibilidad del material granular.



• ¿PARA QUE SIRVE?

- > Medios para absorción de contaminantes en descargas.
- > Funcionan como medios de retención de humedad.

BENEFICIOS

- > Protección térmica en climas fríos.
- Evitan malos olores.
 - Forman ecosistemas.

24. MEMORIA DESCRIPTIVA DE HUMEDAL LATERAL.

Serán diseñados como pequeños reservorios de agua, captando escurrimientos de primer orden en los pies de ladera y barrancas, con el objetivo de interceptar picos de escorrentías y favorecer la retención de agua y humedad en las laderas. Estos pequeños reservorios estarán dispuestos estratégicamente a lo largo de la barranca, con la finalidad de aumentar el valor paisajístico y funcionalidad ecológica de la cuenca, favoreciendo condiciones para la recuperación de la biodiversidad y reducir el estrés hídrico en temporada de estiaje.

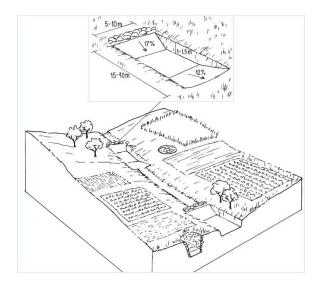


Figura 7.9. Esquema de componentes y funcionamiento de un humedal de retención lateral.

¿PARA QUE SIRVE?

- > Medios para absorción de contaminantes en descargas.
- > Funcionan como medios de retención de humedad.



- BENEFICIOS
- > Protección térmica en climas fríos.
- Evitan malos olores.
 - > Forman ecosistemas.

25. MEMORIA DESCRIPTIVA DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON BASE EN REACTORES Y BIOFILTROS ANAEROBIOS.

Problemática

Las descargas de aguas residuales domésticas crudas a la barranca sin duda es una de las principales causas del deterioro ambiental. Son descargas las cuales por la situación geográfica o por la orografía o por situarse en un área de valor ambiental, en la cual no debería existir asentamientos humanos, no cuentan con el servicio de drenaje.

La descarga directa de agua cruda a la barranca provoca el ingreso de altas cargas orgánicas lo que genera que decaiga el oxígeno disuelto en la misma, lo que provoca que carezca de vida acuática, generando además de olores desagradables, producto de la degradación en ausencia de oxígeno o anaerobia de las aguas residuales, lo que conduce a la atracción de vectores como moscas, mosquitos y roedores tales como ratas y ratones.

• Solución integral sustentable y sostenible

La aportación de agua a la cuenca, si bien actualmente representa un grave problema de contaminación, se le puede dar un modo sustentable al tratar dichas aguas con una calidad de agua que permita su descarga

Caracterización cualitativa y cuantitativa de las descargas

Se deberá partir de un estudio a fondo para establecer mediante un recorrido por ambos márgenes del cauce para localizar y registrar una a una de las descargas de aguas residuales, estableciendo su geoposición, midiendo su gasto y calidad de agua mediante análisis de la misma, mediante la aplicación de los parámetros de la NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de aguas residuales a bienes nacionales.

Para efecto de establecer un costo paramétrico del tratamiento de las aguas residuales, se utilizaron bases de datos con planos de la topografía LIDAR cada



5m del INEGI, red de drenaje instalado y catastro de predios con casas habitación ubicados dentro de toda el área de valor ambiental de la barranca, lo cual permitió establecer que casas habitación o predios no cuenta con drenaje y por ende descargan sus aguas residuales a la barranca así como la ubicación de las aportaciones artificiales por donde se descargan las aguas residuales.

Estableciendo el número de predios o casas habitación, se procedió a consultar el consumo medio de agua potable de la base de datos de SACMEX, lo cual arrojó el gasto aproximado de descargas y el gasto promedio.

Tabla 3.2. Centro de gravedad, área y centro de gravedad por el área.

Nanocuenca	Qprom, I/s	Qar, I/s	QarMin, I/s	М	QarMaxInst, I/s	QarMaxExt, I/s
1	21.23	15.92	7.962	1.335	21.25	31.882
2	12.65	9.49	4.744	3.8	36.05	54.080
3	0.23	0.17	0.086	3.8	0.65	0.977
4	0.14	0.11	0.054	3.8	0.41	0.611
5	0.00	0	0.000	0	0	0
6	0.00	0	0.000	0	0	0
7	2.14	1.61	0.804	3.8	6.11	9.167
8	0.10	0.08	0.039	3.8	0.29	0.440
9	0.00	0	0.000	0	0	0
16	8.38	6.29	3.144	1.383	8.698	13.047
19	0.92	0.69	0.345	3.8	2.620	3.930



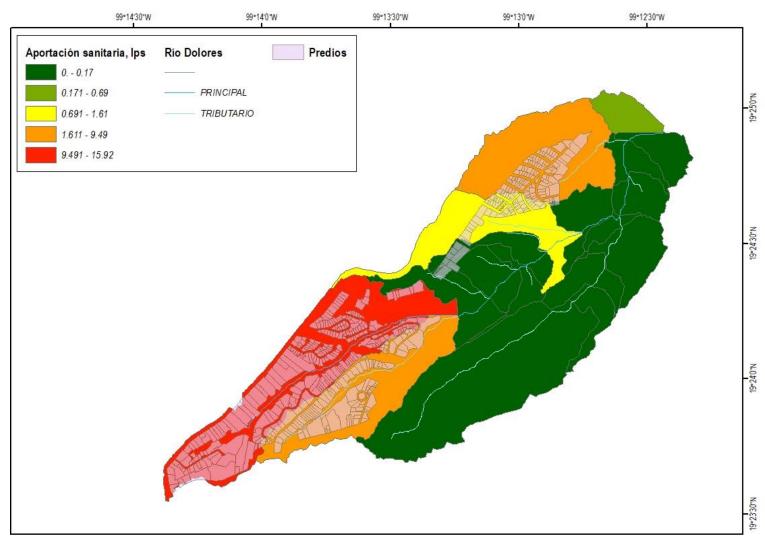


Figura 8.0. Plano de aportación de agua residual sanitaria en litros por segundo por microcuencas de Río Dolores.



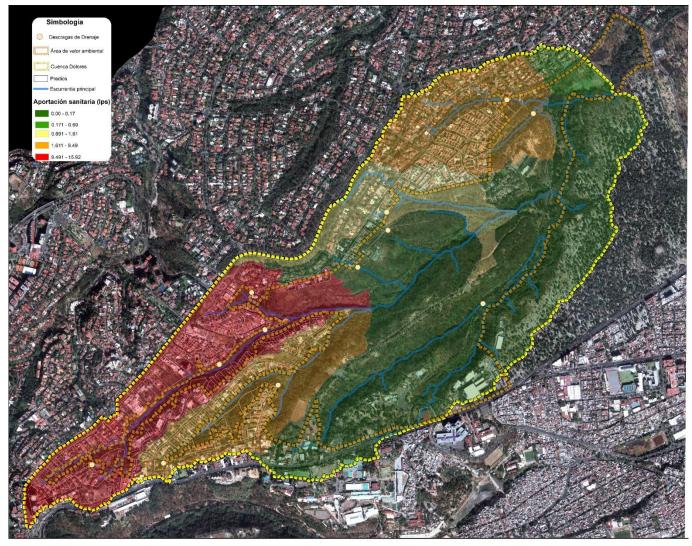


Figura 8.1. Plano de aportación de agua residual sanitaria en litros por segundo por microcuencas de Río Dolores.



Para la calidad de agua se tomaron parámetros promedio de aguas residuales de drenajes que se tomaron como base para la Planta de Tratamiento Chapultepec y que se muestran en la tabla 1.6.

Tabla 3.3. Centro de gravedad, área y centro de gravedad por el área.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Temperatura media del agua en verano (Tmax)	ō C	24
Temperatura promedio del agua (Tprom)	ō C	21
Temperatura media del agua en invierno		
(Tmin)	ō C	18
Potencial de hidrógeno (PH)	-	7
Alcalinidad (CaCO3)	(mg/L)	200
Grasas y aceites	(mg/L)	70
Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	(mg/L)	268
Demanda bioquímica de oxígeno soluble	(mg/L)	98
Demanda química de oxígeno DQO	(mg/L)	589
Demanda química de oxígeno soluble	(mg/L)	220
Sólidos sedimentables	(mg/L)	7.7
Sólidos suspendidos totales SST	(mg/L)	267
Sólidos suspendidos volátiles SSV	(mg/L)	213.6
Nitrógeno Kjelldal total (NKT-N)	(mg/L)	38.5
Nitrógeno amoniacal (NH4-N)	(mg/L)	23.4
Nitrógeno orgánico (Norg-N)	(mg/L)	15.1
Nitrógeno de nitratos (NO3-N)	(mg/L)	0
Nitrógeno total (NT)	(mg/L)	38.5
Fósforo total (P)	(mg/L)	10.1
Coliformes fecales	(NMP/100ml)	1.00E+07
Huevos de helminto	(h/L)	10

• Tratamiento desentralizado de las aguas residuales

Se reitera que tanto la localización precisa y cuantificación y cualificación de las descargas es un estudio que deberá hacerse para localizar y seleccionar el sistema de tratamiento. Al establecer la cantidad, calidad y localización de las aguas residuales que descargan a la cuenca de la barranca, se proponen dos sistemas de tratamiento para dichas aguas.



Plantas de tratamiento para descargas menores.

Las descargas de aguas residuales son variadas, existen descargas de las cuales son de 6 casas como máximo, y descargas de hasta de 6 L/s. En ambos casos las aguas residuales a tratar serán dispuestas como un sistema de irrigación y tratamiento en suelo (para las descargas menores) y sistemas de humedales estacionarios para las descargas mayores a 5 L/s.



Figura 8.3. Descarga de agua residual de 6 casas, la imagen principal corresponde a la descarga combinada de agua pluvial de la vialidad, arriba a a la izquierda la descarga de agua sanitaria.

En este caso la planta de tratamiento se puede instalar justo antes de su descarga al drenaje pluvial, todas las plantas tendrán un sistema de canal de demasías en caso de que ingrese agua pluvial que supere su capacidad de tratamiento se desviará y descargará al drenaje combinado evitando su ingreso al sistema de tratamiento.



Figura 8.4. Área disponible para instalación de planta de tratamiento, el diseño es para que se instale bajo el nivel de terreno natural.



El sistema propuesto estaría excavado bajo el suelo sobresaliendo únicamente los pasos hombre que sirven para darle un mantenimiento al sistema, se propone un sistema de rejillas para sólidos finos, sedimentador primario, filtro biológico anaerobio de material plástico, filtro profundo de arena antracita, no contará con sistema de desinfección debido a que el efluente tratado se dispondrá cono un sistema de descarga en suelo con tubería perforada en los márgenes de la barranca para su aprovechamiento para mantener hidratada el área forestal.

• Características y Funcionamiento

El sistema de tratamiento está conformado por un depósito compacto fabricado en vitroresina (Resinas reforzadas con fibra de vidrio), de dos compartimentos.

- 1) Compartimento de decantación primaria, digestión anaeróbica y clarificación
- 2) Compartimento de reacción biológica con filtro percolador anaeróbico
- Compartimento de decantación primaria, digestión anaeróbica y clarificación
- ➤ En el primer compartimento del filtro biológico compacto anaeróbico se realiza la homogenización del agua, la sedimentación primaria de los sólidos y una parcial digestión de la materia orgánica por parte de organismo y bacterias anaeróbicas. Con estos tratamientos se obtiene también una buena clarificación del agua, gracias a la eliminación de la mayoría de las sustancias sólidas.

A la salida de este primer tratamiento se puede establecer un rendimiento en torno a un máximo de aproximadamente un 80% de retención de sólidos en suspensión y un 30 % de reducción de DBO5.

 Compartimento de reacción biológica con filtro percolador anaeróbico.

El segundo compartimiento corresponde al filtro biológico anaeróbico y está formado por un relleno de material plástico esférico BIO LAM de elevado rendimiento, donde se realiza la degradación y digestión biológica de la



{materia orgánica, gracias a la acción de microorganismos anaeróbico. El agua procedente desde la parte superior del primer compartimento es distribuida hacia la parte inferior del segundo compartimento mediante una tubería sifónica y atraviesa de forma ascendente los cuerpos filtrantes, que sirven también de soporte a los microorganismos anaerobios que se adhieren a ellos y van degradando la materia orgánica disuelta en suspensión coloidal que el agua contiene.

Una tubería de salida instalada en la parte superior del compartimento recoge las aguas tratada para su posterior vertido. Esta tubería está instalada sobre toda su longitud del segundo compartimento y tiene forma de canaleta con perfil dentado tipo "Thompson", para evitar la salida de sólidos, flotantes y grasas.

- > Características generales de los filtros biológicos compactos
- Son sistemas de depuración apropiados para viviendas unifamiliares.
- > No necesita energía eléctrica para su funcionamiento.
- Tienen unos costos iniciales y de operatividad muy bajos, lo que le da una considerable ventaja sobre otros tratamientos aeróbicos
- Su mantenimiento es casi inexistente y se limita a la extracción de lodos del primer compartimento, aproximadamente cada 12 o 15 meses.
- No precisan de personal cualificado para su funcionamiento ya que son uno de los sistemas de depuración más simples entre todos los existentes.
- Consiguen reducir el índice de DBO5 aproximadamente entre un 60 y un 70 % (con aguas residuales de tipo doméstico o asimilable).



Figura 8.5. Esquema renderizado de un corte de sistema de tratamiento de agua residual mediante filtro biológico.



26. MEMORIA DESCRIPTIVA DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON BASE EN HUMEDALES.

El sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes de descarga, será tratado por medio de humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal

A continuación, se presenta el diseño que fue propuesto por la Environmental Protection Agency (EPA) y Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el cual se adaptará para el tratamiento de las aguas sanitarias provenientes de la zona circundante de la Cuenca de la Presa del Río Dolores.

Sistema de pretratamiento

La selección del tipo de humedal está basado en que el agua residual por tratar, la cual será trata previamente mediante un sistema de biodigestor con la finalidad de remover los sólidos en suspensión y la carga orgánica.

Vegetación

Se utilizarán carrizos, cuyas plantas tienen alta eficiencia para el uso de humedales. Este tipo de plantas se adecuan más al diseño del humedal, debido a que crecen y se esparcen rápidamente, tienen sistemas extensos de raíz.



Figura 8.6. Estructura de humedal.



Sustrato

Los materiales a utilizar son arenas y gravas, en los cuales se irá depositando sedimentos y residuos, a medida que el efluente circula lentamente por toda la superficie. La importancia del sustrato en un humedal radica en el hecho de que sirve de sustento a todos los seres vivos que habitan en él, incluyendo los microorganismos encargados del tratamiento de las aguas residuales. Asimismo, la impermeabilidad del humedal depende del sustrato que lo compone y del suelo que lo sustenta. Su colocación y suministro quedará de la siguiente manera:

- Se colocará una capa de arena de 10 cm compactada para tener una superficie firme.
- Se utilizará una capa de 15 cm de grava de ½" por especificación de diseño.
- Muros perimetrales

Se construirá muros de mampostería con roca volcánica de 0.6 m de altura, desplantados desde el nivel del humedal, para fines estáticos, mismos que serán aplanados por medio de mortero, cemento y arena fina.

Plantilla

Llevará una plantilla de concreto simple f'c=100 kg/cm² de 5 cm de espesor, con fin de estabilización uniforme de la estructura para evitar el hundimiento del mismo.

• Firme de concreto

Se le colocara un firme de concreto simple f'c=100 kg/ m² de 10 cm de espesor, para la base inferior de la estructura.

Entortado

Anticipando un buen funcionamiento se le dará la pendiente del 1%, con un entortado con mortero, cemento-arena, proporción 1:4 de 8 cmde espesor.



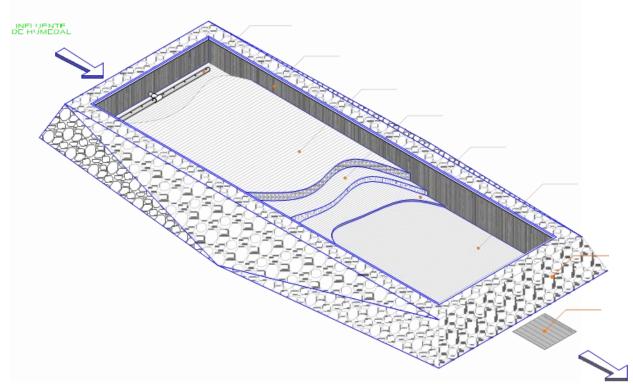


Figura 8.7. Propuesta de diseño para humedal artificial subsuperficial.

Microorganismos

La eficiencia del humedal como sistemas de tratamiento está condicionada fundamentalmente por la actividad microbiológica que en ellos se lleva a cabo. Es por esto que, al diseñar y construir un humedal artificial, se toma muy en cuenta la creación de un ambiente propicio para el crecimiento de los microorganismos.

Los protozoos, las bacterias y las algas microscópicas son sólo algunos de los tipos de microorganismos que crecen en el humedal y que se encargan de tratar el agua residual.

¿PARA QUE SIRVE?

- > Medios para absorción de contaminantes en descargas
- BENEFICIOS
- > Evitan malos olores.
- > Evitan transmisión de contaminantes en los subsuelos.



A continuación se muestran los planos de ubicación de los obras para la restauración hídrica de en la tercera sección del Bosque de Chapultepec.



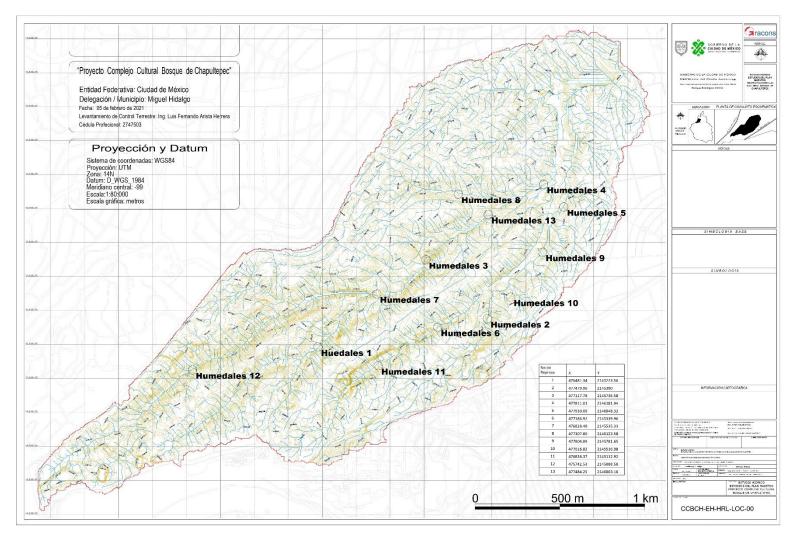


Figura 8.8. Plano de ubicación de localización de humedal lateral..



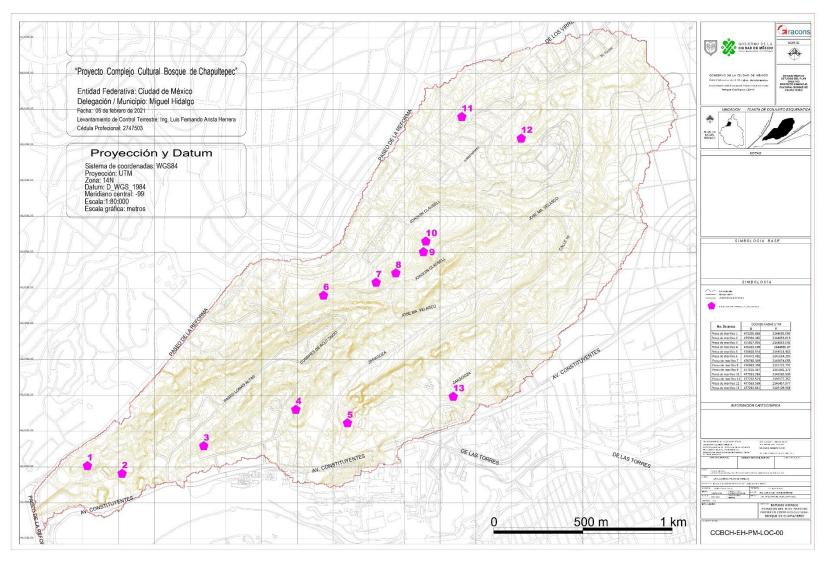


Figura 8.9. Plano de localización de presa de morillos.



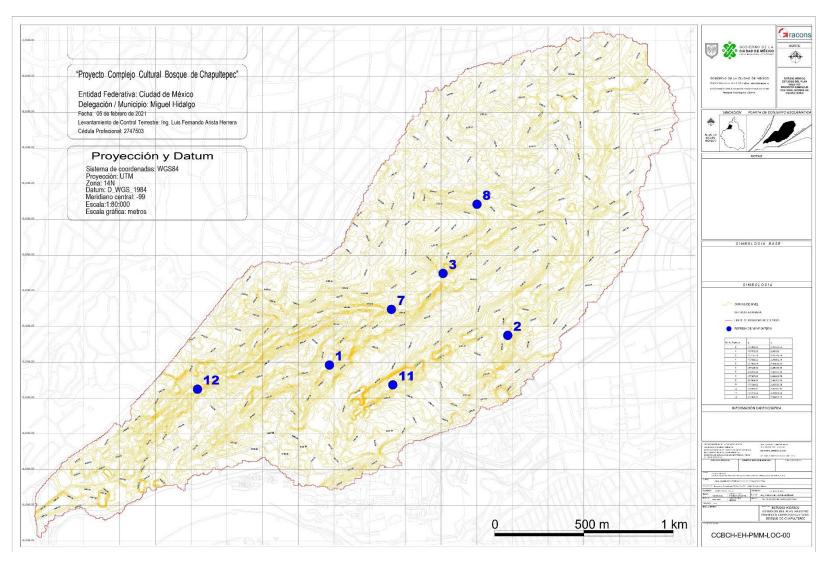


Figura 9.0. Plano de localización de represas de mampostería.



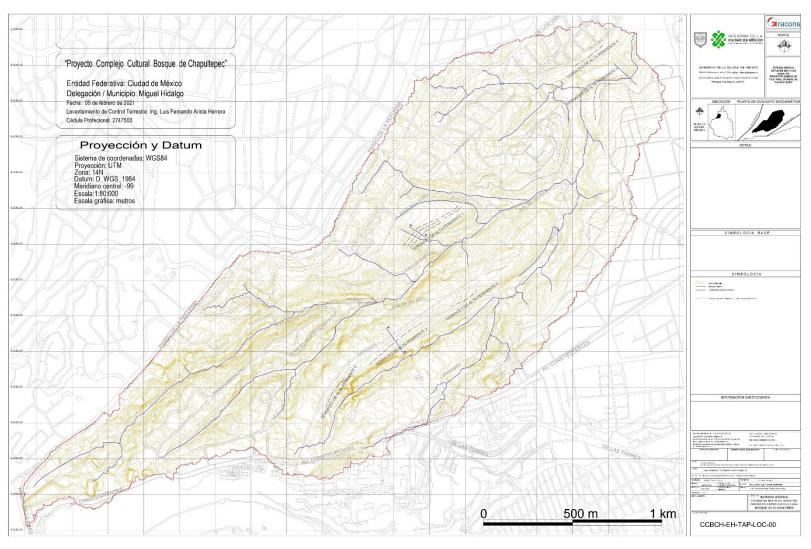


Figura 9.1. Plano de localización de terraceo en alta pendiente.



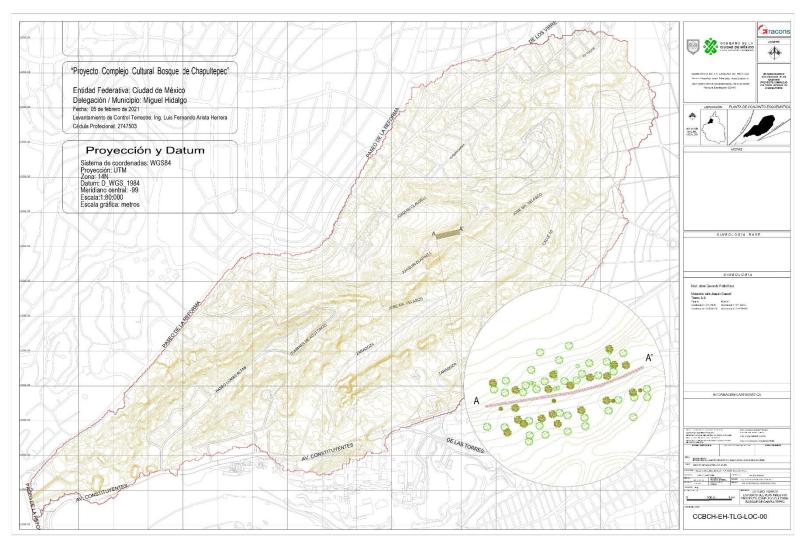


Figura 9.2. Plano de localización de talud lateral de gavión de piedra braza.



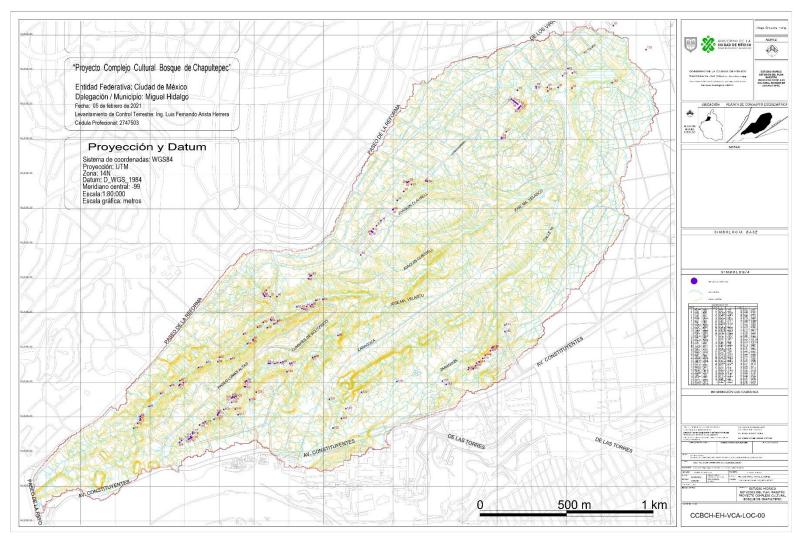


Figura 9.3. Plano de ubicación de gaviones laterales.



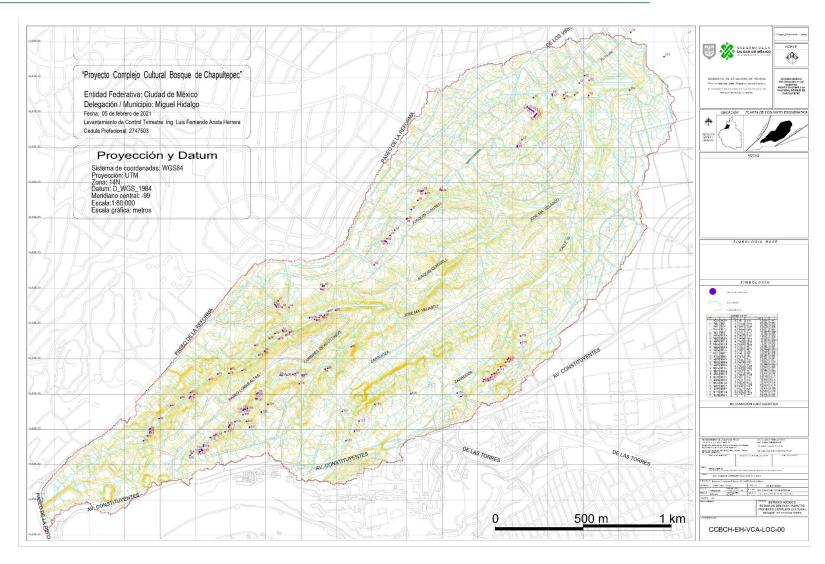


Figura 9.4. Plano de localización de zona de vertedores/conexión albañal sistema.



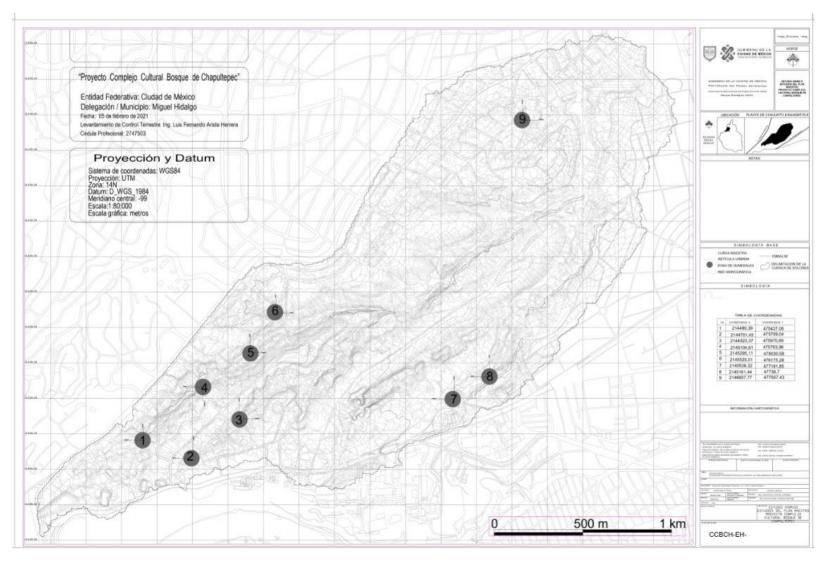


Figura 9.5. Plano de localización de humedales riparios.



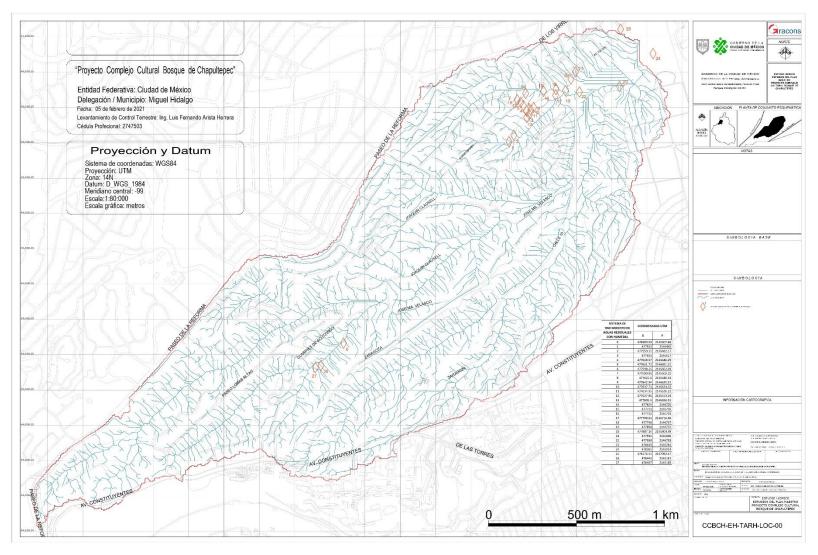


Figura 9.6. Plano de localización de sistema de tratamiento de aguas residuales con base en humedales



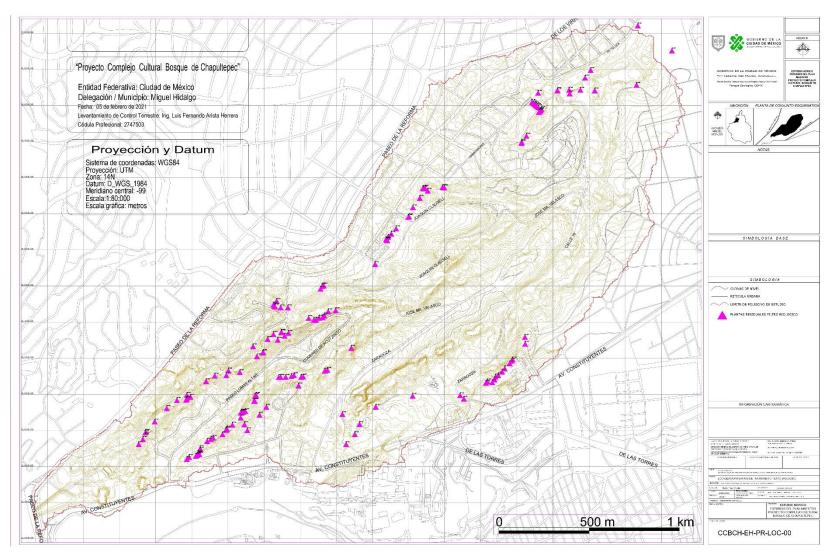


Figura 9.7. Plano de localización de sistemas de tratamiento de aguas residuales con base en reactores y biofiltros anaerobios



27. CONSIDERACIONES PARA FACILITAR LA INFILTRACIÓN DEL AGUA PLUVIA Y CONVERTIR EL VASO DE LA PRESA DE DOLORES EN UN ÁREA RECREATIVA.

La formación del humedal ripario a partir del volumen de agua retenido por las cortinas de las represas propuestas, favorecerá la infiltración al subsuelo además de mitigar la erosión en ambos márgenes de la red de cárcavas que conectarán al sistema de presas. De igual manera los humedales laterales formados por terraceros en laderas, favorecerán a la filtración de humedad que a su vez evitará erosión sobre el terreno circundante favoreciendo la permanencia del suelo. Con respecto al control de descargas de aguas residuales, se han propuesto los sistemas de tratamiento de aguas residuales con base en reactores y biofiltros anaerobios y con base en humedales, estas medidas reducirían significativamente el impacto ambiental con el filtrado de contaminantes, evitando que estos de depositen en las capas del subsuelo, además de reducir los gastos de descargas. Para la colocación de estos sistemas, convendría distribuirlos espacialmente por sectores de descargas, en terrenos con pendientes suaves y colocados discretamente para evitar ser vandalizados como el caso de los reactores y biofiltros anaerobios.

Con respecto a la propuesta de convertir el vaso de la Presa de Dolores en un área recreativa, como se ilustro en la Figura 2,4 y 2.5, se observa que la presa pertenece al sistema de regulación de presas del poniente, como una obra de desfogue la cual sigue en funcionalidad total y operada por el SACMEX, la superficie de su embalse se caracteriza por ser un suelo completamente permeable, para lo cual se requeriría de un recubrimiento total de geotextil, sobre toda su superficie, para garantizar la permanencia de la formación del espejo de agua dentro del embalse, lo que sería un gasto considerable que no se incluyen dentro de los términos de dichas propuestas para el concurso, además de que estaría operando continuamente en temporada de lluvias.



28. CONCLUSIONES

Las obras de mitigación mencionadas en el presente trabajo, funcionan en conjunto y no de manera aislada, ya que el fenómeno de erosión está relacionado por la falta de vegetación que propicia una falta de humedad que ocasiona erosión. Los sistemas de presas se complementan con otras obras complementarias para evitar su azolvamiento en el corto plazo, además de garantizar la retención de los sedimentos, evitando que las márgenes de las cárcavas aumenten debido a la erosión. La cobertura vegetal juega un papel crucial en cuanto la capacidad de que el suelo permanezca en masa homogénea, ya que las raíces garantizan soporte del mismo. La selección del tipo de obra de mitigación contra erosión, quedará en función del tipo de orden de corriente, ya que los cauces principales presentan mayor grado de erosión, debido a los volúmenes de corriente que transitan en sus márgenes, que los cauces tributarios de corrientes intermitentes. Es de suma importancia el mantenimiento preventivo y correctivo cuando de construye alguna obra de erosión, ya sea en su carácter de temporal como las presas de morillos o permanente como las presas de mampostería. El control del crecimiento de cárcavas garantizará una capacidad portante y de sujeción al suelo, además de resistencia contra la intemperie. El resultado del buen funcionamiento de dichas obras se refleja cuando trabajan en masa, ya que cada una contribuye de menor a mayor medida en la protección de la superficie del terreno. El tratamiento de aguas residuales es un problema de tendencia que aqueja a la sociedad moderna, desafortunadamente en el predio del proyecto se encuentra una cantidad considerable de descargas, por lo que es de suma importancia proponer los sistemas de tratamiento de aguas residuales con base en reactores y biofiltros anaerobios