



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS

**“SISTEMA PARA LA PLANEACIÓN Y DISEÑO DE
OBRAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y AGUA”**

OLIMPYA TALYA AGUIRRE SALADO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRIA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2012

La presente tesis, titulada: **Sistema para la planeación y diseño de obras de conservación de suelo y agua**, realizada por la alumna: **Olimpya Talya Aguirre Salado**, bajo la dirección del Consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

HIDROCIENCIAS

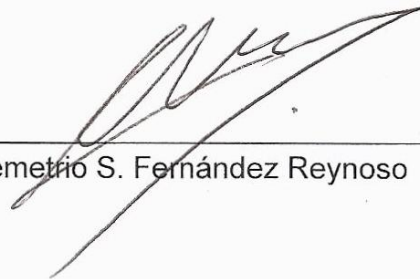
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



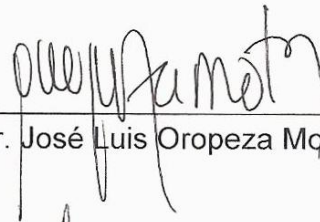
Dr. Mario Roberto Martínez Menes

ASESOR:



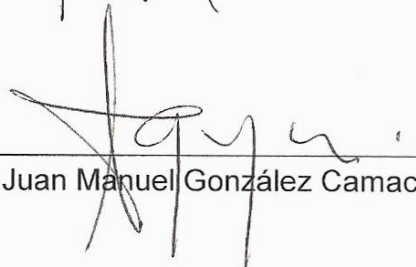
Dr. Demetrio S. Fernández Reynoso

ASESOR:



Dr. José Luis Oropeza Mota

ASESOR:



Dr. Juan Manuel González Camacho

Montecillo Texcoco, Estado de México, Junio 2012

SISTEMA PARA LA PLANEACIÓN Y DISEÑO DE OBRAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y AGUA

Olimpya Talya Aguirre Salado, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2012

La presión por el uso de la tierra en México, ha provocado que en la superficie terrestre del país se presente algún nivel de degradación. Los principales procesos causales de la degradación de los suelos en México son la erosión hídrica y eólica, para contrarrestar esta problemática, el gobierno federal promueve estrategias de conservación y manejo sustentables de los suelos; para ello, las dependencias del gobierno realizan estas actividades con metodologías propias y dispersas para programar acciones, diseños, cálculos, y construcción, con sus respectivos conceptos de gastos. Por ello, y con el propósito de apoyar a los operadores de los programas de conservación de suelo y agua, se realizó este trabajo que consistió en la concepción y desarrollo de una herramienta informática que permite, para una área de interés, realizar de manera integrada los cálculos necesarios para el diseño y presupuesto de algunas obras y prácticas de conservación de suelo y agua. El sistema de cómputo se elaboró con un enfoque de desarrollo de software en cascada, en la plataforma libre de desarrollo QT Creator y en lenguaje c++. El sistema de Conservación de Suelo y Agua denominado CONSA, consta con una interfaz gráfica para realizar el diseño y presupuesto de obras de diferentes estructuras de conservación de suelo y agua. El sistema fue validado con un proyecto previamente elaborado, obteniendo resultados confiables; por lo que puede utilizarse como una herramienta de apoyo para el diseño y presupuesto de obras de conservación de suelo y agua, los métodos de cálculo incorporados permiten estandarizar y facilitar el diseño en las diferentes dependencias del sector.

Palabras clave: erosión, programación, software, diseño hidráulico

SYSTEM FOR PLANNING AND DESIGN WORKS OF SOIL AND WATER CONSERVATION

Olimpya Talya Aguirre Salado, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2012

The Land-use pressure in Mexico has caused different degrees of soil degradation in the country. The main causal processes of land degradation in Mexico are water and wind erosion. This problem of degradation has resulted in promote strategies for conservation and sustainable management of soils designed by the federal government and implemented by government agencies with their own methodologies to schedule actions, calculations, designs and construction with their own concepts of expenses. Considering the above, this study was aimed to support operators in soil conservation programs and water, through the development of software that allows performing the necessary calculations for the design and budgeting of soil and water conservation practices for an area of interest. The system of Soil and Water Conservation appointed CONSA, has a graphical interface for the design and budgeting work of different soil conservation structures and water. The system was validated with a previously developed project, obtaining reliable results, so it can be used as a support tool for the design and budgeting of soil conservation works and water, the calculation methods incorporated allows standardize and facilitate the design the different sector agencies.

Index words: *erosion, programming, software, hydraulic design*

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A Carlos Solano Cárdenas

Mi súper amado esposo, quien me sigue brindando su apoyo en todo momento, así como su infinita comprensión en mi desarrollo profesional.

A Ithan Carlos Solano Aguirre

Mi hermoso y amado hijo, a quien con la voluntad de dios me gustaría siguiera los buenos ejemplos de sus padres.

A mis padres

Quienes me educaron con un alto sentido de la responsabilidad y por esa razón he tenido éxito en mi vida.

A mis suegros

Pieza fundamental en la organización de mi familia, quienes me han permitido disfrutar de mi vida profesional.

A mis Hermanos

Por apoyarme cada vez que he necesitado de sus conocimientos profesionales.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Porque en este proceso de tiempo que comencé y terminé este trabajo me dio salud, amor por medio de toda mi familia, estabilidad, me presentó nuevas oportunidades de trabajo y me permitió culminar este proyecto.

A mi esposo, Carlos Solano Cárdenas

Porque siempre me apoyó y nunca me ha detenido en mi crecimiento profesional, al contrario vamos a la par y eso se refleja en un hogar lleno de armonía y con un proyecto de vida juntos.

Dr. Mario Roberto Martínez Menes

Mis respetos siempre y mi más profunda admiración, me ha enseñado a escribir y darle la importancia a los detalles para lograr resultados exitosos. Su dedicación como director de esta tesis fue de tiempo completo y su trato profesional y siempre cordial fueron los puntos claves para concluir esta investigación, sumándole que me dejó desarrollarla según mis ideas y con sus opiniones enriquecimos este trabajo.

Dr. Demetrio S. Fernández Reynoso

Gracias a su apoyo y asesoría en la realización de este trabajo y a la detección oportuna de los detalles de esta investigación hemos podido llegar a un resultado limpio y ordenado, digno de un trabajo de investigación.

Dr. Juan Manuel Gonzales Camacho

Gracias porque siempre conté con su apoyo y su disponibilidad para atenderme en las asesorías del desarrollo de esta herramienta informática, ya que fue Usted quien me marcó la dirección para desarrollar el sistema y de ahí comenzamos a trabajar y tener las ideas claras con resultados precisos.

Dr. José Luis Oropeza Mota.

Gracias por sus útiles consejos y su apoyo para cumplir con este compromiso, la disponibilidad y el trato cordial con el que siempre me ha recibido, me dio ánimos y ha sembrado en mi mente que es posible llegar muy lejos.

MC. Alejandro Iván Aguirre Salado

Gracias Alex, tenía las ideas y tu permitiste que con tus conocimientos prácticos en la programación, estas se materializaran en un sistema. Claramente sin tu apoyo no hubiera podido culminar este trabajo.

Ing. Juan Carlos Vargas

Gracias por su apoyo, ya que por su comprensión en el trabajo pude concluir esta investigación, permitiéndome manejar los tiempos y cumplir con todos los compromisos.

CONACYT

Hago extensivo mi agradecimiento al Consejo Nacional de ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme otorgado una beca para realizar mis estudios de maestría

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos Específicos	3
2.3 Hipótesis.....	3
2.4 Supuestos	4
3. ANTECEDENTES.....	4
3.1 Conceptos de análisis y desarrollo de sistemas.....	4
3.1.1 Ingeniería de software	4
3.1.2 Modelo de proceso de software	5
3.1.3 El modelo en cascada	6
3.1.3.1 Análisis de requerimientos.....	8
3.1.3.2 Diseño del sistema y Software.	8
3.1.3.3 Desarrollo del Código.	10
3.1.3.4 Integración y prueba de unidades.....	10
3.1.3.5 Funcionamiento y mantenimiento	10
3.1.4 Programación orientada a objetos.....	11
3.1.4.1 Objetos	11
3.1.4.2 Objeto-mensaje.....	11
3.1.4.3 Clases.....	12
3.2 Gestión de sistemas hidrológicos	12
3.2.1 Sistemas basados en conocimiento	12
3.2.1.1 WinTR-20 System	13
3.2.1.2 WinTR-55 System	16
3.2.1.3 Simulador de Diseño de Obras de Conservación de Aguas y Suelos	19
3.2.1.4 Sistema basado en conocimiento para manejo de cuencas hidrográficas.....	21
3.3 Proyecto de conservación de suelo y agua en San Juan Bautista Cohixtlahuaca, Oaxaca.	22
3.3.1 Ubicación del Proyecto	22
3.3.2 Características del proyecto.....	23

3.3.3 Cálculos empleados para el diseño de las obras	24
3.3.4 Conclusiones del proyecto	30
4. DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y AGUA	32
4.1 Análisis de requerimientos	32
4.1.1 Diagrama de flujo de datos.	35
4.2 Diseño del sistema	35
4.2.1 Diseño de datos.....	36
4.2.2 Diseño arquitectónico.	36
4.2.3 Diseño de interfaz y desarrollo de código.....	66
4.2.4 Implementación del sistema	66
4.2.4.1 Módulo Inicio	67
4.2.4.2 Módulo diseño de obras.....	70
4.2.4.3 Módulo presupuesto	87
4.2.4.4 Módulo Menú.....	90
4.2.5 Integración y prueba de unidades.....	90
4.2.5.1 Cálculo de las variables hidrológicas con el sistema CONSA	91
4.2.5.2 Diseño de las obras y cálculos de las volúmetrías con el sistema CONSA.....	94
4.2.5.3 Generación de presupuestos con el Sistema CONSA	100
4.2.5.4 Resumen de presupuesto de inversión	103
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
6 LITERATURA CITADA	107
ANEXO 1 .Factores de frecuencia para Pearson III	111
ANEXO 2. Manual de usuario programa CONSA	112

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1. FASES DEL MODELO EN CASCADA ASOCIADO POR ACTIVIDADES Y RESULTADOS MOSTRADOS. (LAPLANTE, 2003).....	7
CUADRO 2. CAPACIDADES Y LIMITACIONES DEL MODELO WINTR-20.	14
CUADRO 3. CAPACIDADES Y LIMITACIONES DE WINTR-55.....	16
CUADRO 4. CONCEPTOS DEL PROYECTO DE SAN JUAN BAUTISTA COHIXTLAHUACA	24
CUADRO 5. CÁLCULOS EMPLEADOS PARA OBTENER LA AVENIDA MÁXIMA Y VERTEDOR DEL PROYECTO	24

CUADRO 6. DIMENSIONES DE LA PRESA DE MAMPOSTERÍA	27
CUADRO 7. ESTRUCTURA DE DATOS DEL SISTEMA CONSA.....	36
CUADRO 8. COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO PARA LOS GRUPOS HIDROLÓGICOS DE SUELO Y PENDIENTE	39
CUADRO 9. CURVAS NUMÉRICAS (CN) UTILIZADA PARA ESTIMAR EL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE SUELO-COBERTURA Y MANEJO (CONDICIÓN DE HUMEDAD $2=0.2S$)	41
CUADRO 10. CONDICIÓN HIDROLÓGICA (MALA, REGULAR Y BUENA) PARA DIFERENTES USOS DEL SUELO	42
CUADRO 11. CONDICIÓN HIDROLÓGICA RELACIONADA CON EL PORCENTAJE DE COBERTURA VEGETAL.....	42
CUADRO 12. GRUPOS DE SUELOS ASOCIADOS A SU POTENCIAL DE ESCURRIMIENTO E INFILTRACIÓN.....	43
CUADRO 13. CONDICIÓN DE HUMEDAD ANTECEDENTE.....	43
CUADRO 14. CÁLCULO DE MOMENTOS CON RESPECTO A N	51
CUADRO 15. CENTRO DE GRAVEDAD Y ÁREA	53
CUADRO 16. DIMENSIONES PARA UNA PRESA DE GAVIONES QUE CUMPLEN CON CRITERIOS DE ESTABILIDAD*	62
CUADRO 17. PROYECTO DE SAN JUAN BAUTISTA COHIXTLAHUACA	91
CUADRO 18. PROYECTO DE SAN JUAN BAUTISTA COHIXTLAHUACA	92
CUADRO 19. RESULTADO DE LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS CON EL SISTEMA CONSA	93
CUADRO 20. RESULTADO ANÁLISIS ESTRUCTURAL OBTENIDO CON EL SISTEMA CONSA Y EL REPORTADO EN EL PROYECTO DE COHIXTLAHUACA.....	96
CUADRO 21. VALORES DE LAS SECCIONES DE LA PRESA DE MAMPOSTERÍA	97
CUADRO 22. VOLUMETRÍA DE LA PRESA DE MAMPOSTERÍA OBTENIDA CON EL SISTEMA CONSA Y LA REPORTADA POR EL PROYECTO Y LA OBTENIDA CON EL SISTEMA CON DATOS DEL PROYECTO	98
CUADRO 23. RESULTADOS COMPARATIVOS DEL COSTO TOTAL DEL PROYECTO OBTENIDO CON EL SISTEMA CONSA Y LOS REPORTADOS EN EL EXPEDIENTE DEL PROYECTO.	103
CUADRO 24. RESULTADOS COMPARATIVOS DE LOS PRESUPUESTO OBTENIDO CON EL SISTEMA CONSA UTILIZANDO LOS DATOS DEL PROYECTO Y LOS REPORTADOS EN EL EXPEDIENTE.	104

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ETAPAS DE MODELO DE CASCADA	7
FIGURA 2. CLASIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS, RODRÍGUEZ (2010)	8
FIGURA 3. MODELO GENERAL DEL PROCESO DE DISEÑO. (PRESMAN, 2002)	9
FIGURA 4. ESQUEMA DE LA LÓGICA DEL MODELO WINTR-20	13
FIGURA 5. PÁGINA DE SALIDA DEL MODELO WINTR-20	15
FIGURA 6. HIDROGRAMA QUE GENERA EL MODELO WINTR-20	15
FIGURA 7. SUBMENÚS QUE CONSIDERA EL MODELO WINTR-55	16
FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN DE PRECIPITACIÓN QUE GENERA EL MODELO WINTR-55	18

FIGURA 9. HIDROGRAMA UNITARIO QUE GENERA EL MODELO WINTR-55	19
FIGURA 10. MICROCUENCA DE SAN JUAN BAUTISTA COHIXTLAHUACA.....	23
FIGURA 11. PRESUPUESTO PARA LAS PRESAS FILTRANTES DE PIEDRA ACOMODADA	26
FIGURA 12. PRESUPUESTO DE LA PRESA DE MAMPOSTERÍA	27
FIGURA 13. PRESUPUESTO DE LAS PRESAS FILTRANTES DE GAVIONES.....	28
FIGURA 14. PRESUPUESTO DE ADQUISICIÓN DE PLANTA Y PLANTACIÓN DE ESPECIES NATIVAS.....	29
FIGURA 15. PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ZANJAS BORDO	29
FIGURA 16. PRESUPUESTO PARA EL CERCADO DEL ÁREA DE EXCLUSIÓN.....	30
FIGURA 17. DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS	35
FIGURA 18. ESTRUCTURA GENERAL DEL SISTEMA CONSA	38
FIGURA 19. ÁREAS CAPACIDADES DE UNA PRESA DE ALMACENAMIENTO	47
FIGURA 20. FUERZAS QUE ACTÚAN EN UNA PRESA DE GRAVEDAD.....	49
FIGURA 21. FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE LA ESTRUCTURA	50
FIGURA 22. FUERZAS A CONSIDERAR EN LA ESTABILIDAD DE UNA PRESA.....	53
FIGURA 23. PRESA DE MAMPOSTERÍA PARA CALCULAR VOLUMEN.....	59
FIGURA 24. ESQUEMA PARA CÁLCULO DE VOLUMEN DE BORDOS.....	60
FIGURA 25. DISEÑO DE UN BORDO DE ALMACENAMIENTO (ARTEAGA, 2009)	61
FIGURA 26. DIMENSIONES DE UNA PRESA FILTRANTE DE GAVIONES	61
FIGURA 27. CROQUIS DE PRESAS DE PIEDRA ACOMODADA	62
FIGURA 28. DIMENSIONES DE UNA TERRAZA DE BASE ANGOSTA.	64
FIGURA 29. DIMENSIONES DE UNA TRINCHERA (TINA CIEGA) TIPO.....	64
FIGURA 30. ARCHIVOS QUE SE DEBEN TENER EN LA CARPETA DEL ARCHIVO CONSA. EXE	67
FIGURA 31. MENÚ PRINCIPAL.	68
FIGURA 32. SECCIÓN DE ABRIR_NUEVO PROYECTO DEL MODULO INICIO	68
FIGURA 33. SECCIÓN CATALOGO DE OBRAS DEL MODULO INICIO	69
FIGURA 34. SELECCIÓN DE OBRAS DE ALMACENAMIENTO	69
FIGURA 35. SELECCIÓN OBRAS DE CONTROL DE AZOLVE.....	70
FIGURA 36. MÓDULO DE DISEÑO DE OBRAS.....	70
FIGURA 37. CÁLCULOS PARA OBRAS DE ALMACENAMIENTO	72
FIGURA 38. CÁLCULOS PARA LAS OBRAS DE CONTROL DE AZOLVE	72
FIGURA 39. CÁLCULOS PARA OBRAS Y PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN	73
FIGURA 40. VENTANA PARA ESTIMAR EL ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL	73
FIGURA 41. VENTANA PARA CALCULAR EL ESCURRIMIENTO MÁXIMO.....	74
FIGURA 42. VENTANA PARA CALCULAR LA PRECIPITACIÓN PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO (DISTRIBUCIÓN GUMBEL TIPO I)	75
FIGURA 43. VENTANA PARA CALCULAR LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO (MÉTODO WEIBULL)	76

FIGURA 44. VENTANA PARA CALCULAR LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA PARA DIFERENTES PERÍODO DE RETORNO (LOG-PEARSON III)	76
FIGURA 45. VENTANA PARA CALCULAR LAS ÁREAS-CAPACIDADES	77
FIGURA 46. GRÁFICA DE ELEVACIONES-CAPACIDADES	77
FIGURA 47. VENTANA PARA EL CÁLCULO DEL VERTEDOR DE DEMASÍAS	78
FIGURA 48. VENTANA PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA	79
FIGURA 49. VENTANA PARA CALCULAR LAS DIMENSIONES DEL COLCHÓN HIDRÁULICO	79
FIGURA 50. VENTANA PARA EL CÁLCULO DE PRESA DE MAMPOSTERÍA	81
FIGURA 51. VENTANA VOLUMETRÍA DE BORDOS	82
FIGURA 52. VOLUMETRÍA DE UNA PRESA DE GAVIÓN	83
FIGURA 53. VENTANA PARA CALCULAR LA VOLUMETRÍA DE UNA PRESA DE GAVIONES.....	84
FIGURA 54. VENTANA PARA CALCULAR LA VOLUMETRÍA DE PRESAS DE PIEDRA ACOMODADA	85
FIGURA 55. VENTANA PARA CALCULAR LA VOLUMETRÍA DE UNA OLLA DE AGUA.....	86
FIGURA 56. CÁLCULO DE VOLUMETRÍA DE TERRAZAS DE BASE ANGOSTA	86
FIGURA 57. MÓDULOS DE PRESUPUESTOS.....	87
FIGURA 58. VENTANA DONDE SE MUESTRAN LA LISTA DE PRECIOS.....	88
FIGURA 59. VENTANA CON LAS TARJETAS DE PRECIOS UNITARIOS	88
FIGURA 60. VENTANA PARA OBTENER EL PRESUPUESTO GENERAL.....	89
FIGURA 61. VENTANA DEL MODULO MENÚ.....	90
FIGURA 62. SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA BOQUILLA DE LA PRESA DE MAMPOSTERÍA DE SAN JUAN BAUTISTA COHIXTLAHUACA.....	97

1. INTRODUCCIÓN

En México, el incremento de la población ha causado una fuerte presión sobre la disponibilidad de uso de la tierra provocando que solo el 73% (140 millones de hectáreas) del territorio tenga vegetación natural y que de ésta, una tercera parte sea vegetación secundaria causada por la intervención del hombre con la extracción de madera, leña y sobrepastoreo. Del resto de la superficie nacional (54 millones de hectáreas), 30 millones de hectáreas se dedican a la agricultura, 18 millones de hectáreas se utilizan como agostaderos inducidos y la superficie remanente corresponde a zonas urbanas y cuerpos de agua (SEMARNAT, 2010)¹.

La población nacional en crecimiento demanda de alimentos con patrones de consumo más intensos que generan una fuerte presión sobre los ecosistemas naturales, que finalmente resulta en un deterioro del suelo como factor de producción.

La presión en el uso de la tierra en México, ha provocado que el 45% de la superficie total del país presente un algún grado de degradación, destacando que de ésta superficie, el 5% presenta un deterioro severo o extremo y 95% tiene una degradación de ligera a moderada. Los principales procesos causantes de la degradación de los suelos en México son la erosión hídrica y eólica, con 22.7 y 17.7 millones de hectáreas, respectivamente (SEMARNAT, 2002).

Esta situación de degradación de los suelos del país hay originado la necesidad de que el gobierno federal defina estrategias de conservación y manejo sustentables de los suelos y las tierras en México y han sido las Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en coordinación con los gobiernos de los estados, los municipios y los dueños de las tierras los responsables de realizar obras y prácticas de manejo del suelo, agua y vegetación para la conservación y recuperación de tierras con la finalidad de dar un manejo sustentable de los recursos naturales y generar los productos y bienes y servicios que demanda la creciente población.

¹ Estrategia Nacional de Manejo Sustentable de Tierras

Para cumplir con las estrategias de recuperación, conservación y aprovechamiento de los suelos, agua y vegetación, es necesario identificar la problemática local, los tipos de degradación existentes, el aprovechamiento de los escurrimientos superficiales y las prácticas y obras de conservación del suelo que permitan recuperar, conservar y hacer productivo a los suelos, así como establecer reforestaciones, revegetaciones, aprovechamientos forestales, manejo de agostadero y pastizales para proteger a los suelos de los procesos erosivos.

Para definir la problemática, proponer y establecer obras y prácticas de conservación del suelo y agua existen dependencias del gobierno (SAGARPA, SEMARNAT y CONAGUA, entre otras) que realizan estas actividades con sus propias metodologías para programar las acciones a realizar, los cálculos, diseños, trazo y construcción con sus respectivos conceptos de gastos. A nivel de cada dependencia existen diferentes criterios y capacidades del personal técnico encargado de la programación, diseño y estructuras de costos que no permiten una integración eficiente de los programas y presupuestos que se destinan para cumplir con la estrategia de conservación del suelo y agua, a nivel estatal y nacional.

Considerando lo anterior, para apoyar a los operadores de los programas de conservación de suelo y agua, se realizó este trabajo que consistió en el diseño y desarrollo de un sistema informático para realizar los cálculos necesarios para el diseño y presupuesto de algunas obras y prácticas de conservación de suelo y agua como son: presas de mampostería (obra de almacenamiento), bordos de tierra compactada, presas filtrantes de gaviones y piedra acomodada, tinas ciegas, zanjas bordo, establecimiento de barreras vivas y ollas de agua entre otras. El sistema pretende ser un instrumento de apoyo para los operadores de los programas de conservación del suelo y agua en la programación, diseño, construcción y supervisión de obras y prácticas para cada ejercicio fiscal.

El sistema se elaboró como un modelo de proceso de software denominado “enfoque de cascada” que consiste en seguir una estructura secuencial, en el compilador QT Creator, que es un software libre, en lenguaje C++. El sistema se denomina

Conservación de Suelo y Agua (CONSA) y consta de 4 módulos: 1) Menú, 2) Inicio, 3) Diseño y 4) Presupuestos; su función principal es servir de apoyo para la integración de proyectos de obras y acciones en conservación de suelo y agua, considerando los aspectos de cálculo, diseño y presupuesto.

Se trabajó con modelos hidrológicos basados en el método racional modificado y el método de las curvas numéricas del *Soil Conservation Service* (USDA). Los cálculos de diseño de obras se basaron en las fichas técnicas realizadas por el Colegio de Postgraduados, y los presupuestos se obtuvieron con base a la forma de trabajo y presentación del software de NEODATA 2011.

Para la integración y prueba de unidades del sistema, se utilizó como modelo el “Proyecto de Conservación del Suelo y Agua para el Municipio Oaxaqueño de San Juan Bautista Cohixtlahuaca” elaborado y ejecutado por la Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA) en el 2008. Para la utilización del sistema se elaboró el manual del usuario donde se presenta paso a paso como utilizar el software, la información de entrada que requiere y las salidas que genera el propio sistema.

2. OBJETIVOS.

2.1 Objetivo general

- Elaborar una herramienta informática para la planeación y diseño de diferentes obras y prácticas de conservación de suelo y agua.

2.2 Objetivos Específicos

- Diseñar e implementar, un sistema computacional para el diseño de obras y prácticas de conservación y validarlo con un proyecto de conservación del suelo y agua realizado en 2008, en el Municipio de San Juan Bautista Cohixtlahuaca.

2.3 Hipótesis

Es posible desarrollar un sistema informático bajo la plataforma de desarrollo QT Creator en lenguaje C++ que reduzca el tiempo de ejecución y elaboración de proyectos técnicos para el diseño de obras y prácticas de conservación de suelo y agua

2.4 Supuestos

Los factores importantes para el cumplimiento de las metas se describen a continuación:

- La plataforma de programación QT Creator con lenguaje C++, es un software libre que se adapta al objetivo y las necesidades para la operación del sistema para la programación y diseño de obras y prácticas de conservación del suelo y agua.
- Los cálculos y diseños utilizados en el sistema, son confiables y se pueden extrapolar como modelo para otras condiciones.
- Los precios unitarios y presupuestos utilizados en el sistema son confiables; son los utilizados por la mayor parte de las dependencias que realizan obras y acciones en el marco de obras de conservación de suelo y agua.

3. ANTECEDENTES

3.1 Conceptos de análisis y desarrollo de sistemas

3.1.1 Ingeniería de software

La ingeniería de software según Sommerville (2005) es una disciplina que comprende todos los aspectos de la producción de software desde las etapas iniciales de la estructura del sistema hasta el mantenimiento después de su utilización. Por su parte Pressman (1998), la define como la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable del desarrollo, operación y mantenimiento del software.

Un producto de software es el resultado de procesos que incluyen actividades específicas para la formulación del mismo. La ingeniería de software considera cuatro procesos que se denominan el ciclo de vida y que a continuación se detallan:

1. Especificación del software, donde el cliente y el ingeniero definen las características del sistema a producir.
2. Desarrollo del software, en la cual se diseña y se programa.

3. Validación del software, en esta etapa se asegura que el sistema obtiene los resultados que el cliente requiere.
4. Evolución o mantenimiento del software, donde se modifica el sistema para actualizarlo y adecuarlo a las demandas del cliente y de los usuarios.

Cada software sigue estos procesos generales, sin embargo para la creación de un software específico difieren las actividades internas para elaborarlo, por ejemplo: crear un videojuego, pilotear un avión. Estas actividades internas se denominan modelos de proceso de software.

3.1.2 Modelo de proceso de software

Un modelo de proceso de Software se entiende como una simplificación del proceso real, donde cada modelo describe una sucesión de fases y un encadenamiento entre ellas. Según las fases y el modo en que se produzca este encadenamiento, se tienen diferentes modelos de proceso. Un modelo es más adecuado que otro para desarrollar un proyecto dependiendo de un conjunto de características de éste. La mayor parte de los modelos de proceso de software según Sommerville (2005), se basan en los siguientes aspectos generales:

- **Enfoque de cascada:** Considera las actividades anteriores y las representa como fases de procesos separados y son la entrada al proceso inmediato, originando una estructura secuencial.
- **Desarrollo evolutivo:** Este enfoque entrelaza las actividades (documento técnico oficial que establece de forma clara todas las características, los materiales y los servicios), desarrollo y validación, mismos que están sujetos a la revisión y comentarios del cliente, por lo que se elaboran varias versiones hasta llegar a la final.
- **Ingeniería de software basada en componentes:** Esta técnica supone que las partes del sistema existen, el proceso se enfoca en la integración de las partes más que desarrollarlas desde un principio, basándose en la reutilización.

Por lo anterior, y dado que no se tienen los componentes para la reutilización ni existe la experiencia para recomponer el software en diferentes formas, el enfoque en cascada se considera de aplicación en proyectos más o menos sencillos.

3.1.3 El modelo en cascada

El resumen de proceso de software mostrado por Cataldi *et al.* (2010) señala que la versión original del modelo en cascada, fue presentada por Royce (1970), aunque son más conocidos los refinamientos realizados por Boehm (1981), Sommerville (1985 y 2010) y Sigwart & Col. (1990). En este modelo, el producto evoluciona a través de una secuencia de fases ordenadas en forma lineal, permitiendo interacciones al estado o proceso anterior. Una encuesta muestra que el 35% de las compañías usa el modelo de cascada (Laplante *et al.* 2002e). El número de etapas suele variar, pudiendo ser las que se presentan en la Figura 1. En este tipo de modelo:

- Cada fase empieza cuando se ha terminado la anterior.
- Para pasar a la fase posterior es necesario haber logrado los objetivos de la fase previa.
- Es útil como control de fechas de entregas.
- Al final de cada fase el personal técnico y los usuarios tienen la oportunidad de revisar el progreso del proyecto.
- Las fases del modelo asociado con las actividades y los resultados esperados de acuerdo con Laplante, 2003 se muestran en el Cuadro 1.

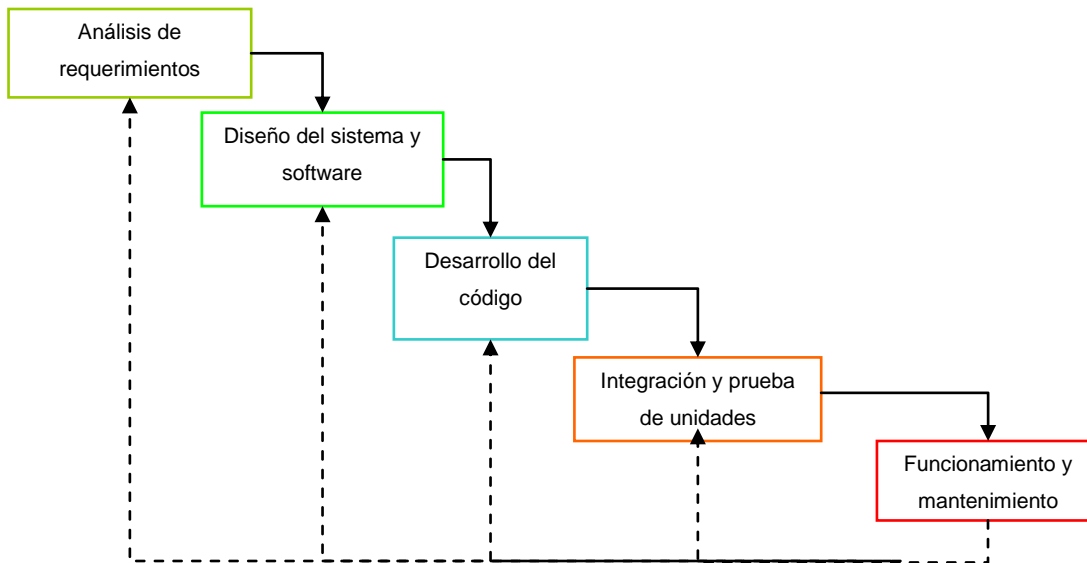


Figura 1. Etapas de modelo de cascada

Las características del modelo de cascada según Cataldi *et al.* (2010) son:

Cuadro 1. Fases del modelo en cascada asociado por actividades y resultados mostrados. (Laplante, 2003)

Fase	Actividad	Resultado
Concepto	Define los objetivos.	Documento escrito.
Requerimientos	Define que software se debe utilizar.	Especificación de requerimientos en un documento escrito.
Diseño	Muestra como el software reunirá los requerimientos.	Descripción del diseño del software.
Desarrollo	Construye el sistema.	Código del programa.
Prueba	Demuestra la satisfacción de los requerimientos.	Reporte de pruebas.
Mantenimiento	Proporciona el mantenimiento al sistema.	Reporte de cambios.

A continuación se describen detalladamente las fases del modelo de cascada mostrada en el Cuadro 1, dado que es el modelo que satisface la metodología de la investigación propuesta.

3.1.3.1 Análisis de requerimientos

El análisis de requerimientos (según Zuluaga, 2010), es una capacidad del software que debe reunir y tener el sistema o componente del mismo para satisfacer un contrato, especificación estándar, u otra documentación formal. Estos requerimientos reflejan las necesidades de un cliente. Es importante diferenciar entre los requerimientos del cliente y del software donde uno es el lenguaje natural y diagramas de los servicios que se espera se proporcione, y el otro muestra las funciones, servicios y restricciones operativas del sistema respectivamente (Sommerville, 2005).

Tradicionalmente, los requerimientos se han clasificado en a) funcionales, b) no funcionales y c) externos. Los requerimientos funcionales expresan la funcionalidad de los servicios que se espera que proporcione el sistema y habitualmente se elaboran como descripciones de lo que debe hacer el sistema. En los requerimientos no funcionales se introducen indicadores métricos como: la confiabilidad, la respuesta en el tiempo, el mantenimiento y la capacidad de almacenamiento. Los requerimientos externos afectan de forma indirecta al sistema y van desde lo compatible con otros sistemas operativos hasta las regulaciones o leyes aplicables al producto (Figura 2).

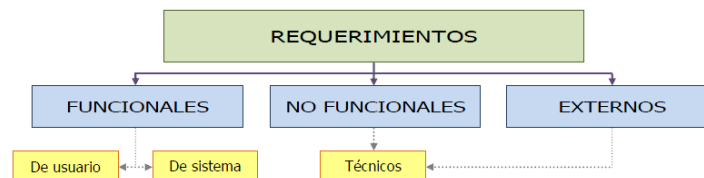


Figura 2. Clasificación de requerimientos, Rodríguez (2010)

Para obtener los requerimientos Kendall (2005) describe diferentes métodos interactivos y no intrusivos que permiten obtener esta información, como son el uso de entrevistas y muestreos respectivamente.

3.1.3.2 Diseño del sistema y Software.

La fase de diseño del sistema consiste en la preparación de un sistema independientemente, el resultado del diseño es un modelo lógico que describe el funcionamiento y especifica detalladamente cada parte del sistema (Vasconcelos, 2000). El diseño de software implica la identificación de los componentes, su

funcionamiento interno, y sus interfaces (Laplante, 2007). El proceso de diseño es la piedra angular para la obtención de un producto coherente que satisfaga los requisitos de software (Cataldi, 2010).

En general, el diseño de software es el proceso que consiste en aplicar distintas técnicas y principios con el propósito de definir un producto con los detalles suficientes para permitir su realización física. Las actividades específicas del proceso de diseño se muestran en la Figura 3.

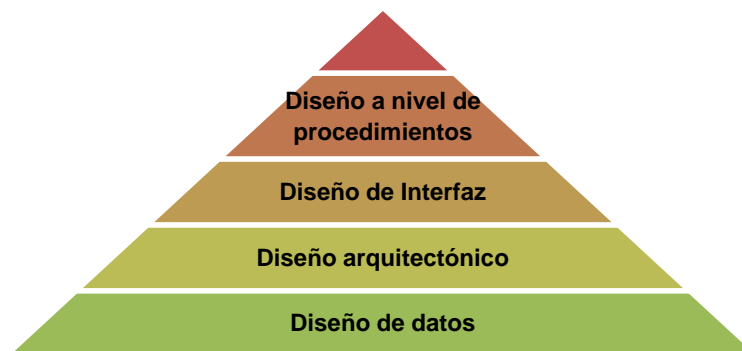


Figura 3. Modelo general del proceso de diseño. (Presman, 2002)

El diseño comprende cuatro actividades: 1) Diseño de datos, 2) Diseño arquitectónico, 3) Diseño de Interfaz y 4) Diseño a nivel de procedimientos, los cuales se describe a continuación:

Diseño de datos: Transforma el modelo del dominio de información que se crea durante el análisis en las estructuras de datos que se necesitarán para construir el software. (Presman ,2002).

Diseño arquitectónico: Es un proceso creativo donde se intenta establecer una organización del sistema que satisfaga los requerimientos funcionales y no funcionales (Sommerville, 2005). En su forma más simple o en proyectos pequeños, la arquitectura es la estructura jerárquica de los componentes del programa (módulos) y la manera de interactuar de estos componentes con los datos usados por estos (Rojas, 2004). El resultado del proceso es un documento de diseño que incluye varias representaciones gráficas del sistema junto con texto descriptivo asociado.

Diseño de Interfaz: Describe la manera de comunicarse dentro del software mismo, con sistemas que interactúan dentro de él y con las personas que lo utilizan. Una interfaz implica un flujo de información y un tipo específico de comportamiento (Presman, 2002). El diseño de la interfaz se centra en tres áreas de interés: (1) el diseño de la interfaz entre los componentes del software, (2) el diseño de las interfaces entre el software y los otros productores y consumidores de información no humanos (esto es, otras entidades externas) y (3) el diseño de la interfaz entre el hombre (esto es, el usuario) y la computadora (Rojas, 2004).

Diseño de procedimientos: Transforma los elementos estructurales de la arquitectura del software en una descripción de procedimiento de los componentes del software (Presman, 2002).

3.1.3.3 Desarrollo del Código.

Posterior a la fase de diseño, se introduce el código. La fase de desarrollo de software implica la producción de los códigos basados en el diseño, utilizando las mejores prácticas. En teoría, esta actividad comenzará sólo cuando el diseño está completo. En la práctica, sin embargo, suele haber una superposición entre desarrollo y diseño (Laplante, 2003). Durante esta fase no se proponen soluciones alternativas solamente se construyen.

3.1.3.4 Integración y prueba de unidades.

Aunque las pruebas en curso es una parte implícita del modelo de cascada, el modelo también incluye una fase de prueba explícita. Estas actividades de prueba comienzan cuando el desarrollo de software termina. Durante esta fase se construye y corrige el sistema requerido (Vasconcelos, 2000).

3.1.3.5 Funcionamiento y mantenimiento.

Las actividades de mantenimiento del software constarán de una reingeniería de procesos para prolongar la vida útil del sistema. El mantenimiento implica corregir errores no descubiertos en las etapas anteriores del ciclo de vida (Sommerville, 2005).

3.1.4 Programación orientada a objetos.

La Programación Orientada a Objetos (POO) es una aplicación de la colección de objetos que se modelaron en el análisis y el diseño de las fases del proceso de desarrollo de software (Garrido, 2003). McMillan (2004) señala que es una técnica de programación que involucra la estructuración de un programa en torno a tipos especiales, definidos por el usuario llamados clases. La idea fundamental detrás de los lenguajes orientados a objetos es combinar en una sola unidad de datos, las funciones que operan sobre los mismos. Esta unidad se llama objeto (Lafore, 2002).

3.1.4.1 Objetos

Un objeto es una entidad independiente que puede ser tratada en forma aislada de todos los demás objetos. Se puede asignar variables, almacenar estructuras de datos como listas y matrices, cada objeto es distinto, se componen de datos y operaciones que representan entidades lógicamente distintas en cálculos (Craig, 2007).

Los objetos son entidades que combinan estado (atributo), comportamiento (método) e identidad:

- El estado está compuesto de datos, será uno o varios atributos a los que se les asignarán valores concretos (datos).
- El comportamiento está definido por los procedimientos o métodos con que puede operar dicho objeto, es decir, qué operaciones se pueden realizar con él.
- La identidad es una propiedad de un objeto que lo diferencia del resto, dicho con otras palabras, es su identificador (concepto análogo al de identificador de una variable o una constante).

Las funciones de un objeto en C++, son llamadas miembros, cuyo acceso devuelve el valor; estos datos generalmente están ocultos, encapsulados en una sola entidad (Izquierdo, 2010).

3.1.4.2 Objeto-mensaje

Normalmente un objeto único por sí solo no es muy útil. Los objetos de un programa interactúan y se comunican entre ellos por medio de mensajes. Estas tres partes del

mensaje (objeto destinatario, método y parámetros) son información suficiente para que el objeto que recibe el mensaje ejecute el método o la función miembro solicitada. (Izquierdo, 2010).

3.1.4.3 Clases

Una clase es un concepto de la POO que encapsula las abstracciones de datos y procedimientos que se requieren para describir el contenido y comportamiento de alguna entidad del mundo real. Una clase es una descripción de objetos similares (Taylor, 1990), por otro lado Presman (2002) señala que una clase es una descripción generalizada que describe una colección de objetos similares. Una clase tiene tanto una interfaz y una estructura. La interfaz describe cómo interactuar con la clase y sus instancias con métodos, mientras que la estructura describe cómo los datos se dividen en atributos dentro de una instancia.

3.2 Gestión de sistemas hidrológicos

3.2.1 Sistemas basados en conocimiento

Un sistema es un conjunto de partes conectadas entre sí que forman un todo. Muñoz (2005) considera que un sistema es un grupo de elementos interconectados que transforman en un tiempo dado ciertos datos de entrada en resultados medibles.

El sistema basado en conocimiento, es un software que resuelve problemas usando un determinado dominio de conocimiento. Es un cuerpo de programas ordenados que intenta imitar e incluso superar en algunas situaciones a un experto humano en un ámbito concreto de su actividad. Se trata de sistemas que a partir de una problemática determinada sugieren la solución que consideran más idónea a partir del conocimiento incluido en el sistema (Peña, 2005). Los sistemas de interés en este trabajo son los basados en modelos hidrológicos.

Un modelo hidrológico es la representación física o matemática confiable de los procesos hidrológicos reales que ocurren en una cuenca cuyo objeto es cuantificar los caudales que salen de un área específica de drenaje, provenientes de zonas localizadas topográficamente en las partes más altas (Muñoz, 2005).

Se han generado sistemas basados en conocimiento para utilizar los modelos hidrológicos y metodologías conceptuales para explicar y definir sistemas hidráulicos e hidrológicos que son utilizados para realizar estudios de planeación del uso de los recursos hídricos, diseñar obra de infraestructura hidráulica, acciones de prevención y atención a desastres naturales y para el diseño de obras y prácticas de conservación del suelo y agua entre otros.

A continuación se presenta una breve revisión de algunos sistemas basados en conocimientos hidrológicos y en conservación de suelo y agua, para conocer su estructura y funcionamiento que pudieran servir de base para el diseño e implementación del sistema que se pretende desarrollar.

3.2.1.1 WinTR-20 System

El WinTR-20 es un modelo hidrológico que analiza las precipitaciones y escurrimientos superficiales por evento en una cuenca. El modelo permite, a partir de datos de precipitaciones o de precipitaciones producidas sintéticamente, generar tablas que muestra diferentes parámetros y estimar los escurrimientos (NRCS, 2010).

El modelo trabaja subdividiendo áreas que conforman una cuenca sobre la cual fluye el agua, como se muestra en la Figura 4. Estas áreas tienen un identificador, un área de drenaje, una curva numérica y el tiempo de concentración. Los cauces también tienen un identificador, elevación, descarga, pendiente y una dirección del flujo.

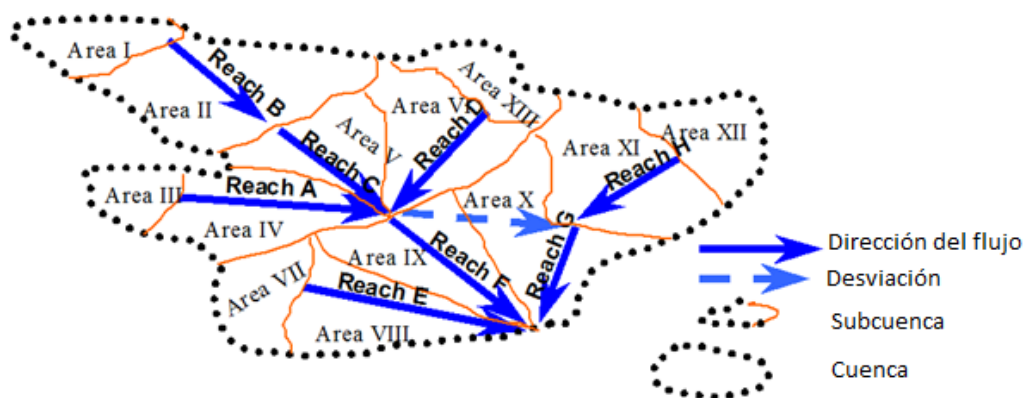


Figura 4. Esquema de la lógica del modelo WinTR-20

El sistema tiene las capacidades para explicar ciertas variables dentro de los límites como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Capacidades y limitaciones del modelo WinTR-20.

Variable	Limites
Tipos de alcance	Canales o estructuras
Coeficiente de Manning "n"	0.005-1.00
Alcance de la ruta (tránsito de la avenida)	Muskingum-Cunge
Máxima longitud del flujo laminar	30.48 m
Coeficiente de flujo laminar de Manning "n"	0.005-1.00
Distribución del hidrograma incremental	≥ 0.01 cfs
Número de la curva numérica (escurrimiento)	30-100
Número de curva numérica ponderada	30-100

El sistema tiene los siguientes componentes:

- **Controller/Editor:** contiene los componentes del modelo funcionando como una barra del menú principal.
- **WinTR-20 Model:** es la parte principal del sistema, que realiza las transformaciones de precipitación a escurrimiento, genera hidrogramas y direcciones del flujo. El modelo calcula el flujo de salida, la curva numérica, el tiempo de concentración; considera el flujo base en el hidrograma y toma en cuenta el parteaguas para la separación de flujos.
- **Data Converter:** transforma los datos de entrada en un nuevo formato de la última versión.
- **HEC-RAS Reformatter:** transforma el archivo de salida del HEC-RAS al modelo del Win TR-20.

Conceptualmente el modelo se divide en tres secciones: (1) entrada de datos ; el sistema lee un archivo con los datos de precipitaciones(se debe indicar si quiere trabajar con unidades métricas), el número de hidrogramas a obtener, el intervalo para calcular el tiempo de concentración, las curvas numéricas por sub-área, y el tipo de salida que debe mostrar; (2) el proceso alternativo; calcula la dirección del flujo y el flujo acumulado para generar un hidrograma, la duración y el tránsito de las avenidas en los

almacenamiento; (3) la salida de datos; puede ser en forma tabular con el resumen de las variables hidrológicas obtenidas (Figura 5), o como hidrograma por subcuenca, para toda la cuenca (Figura 6).

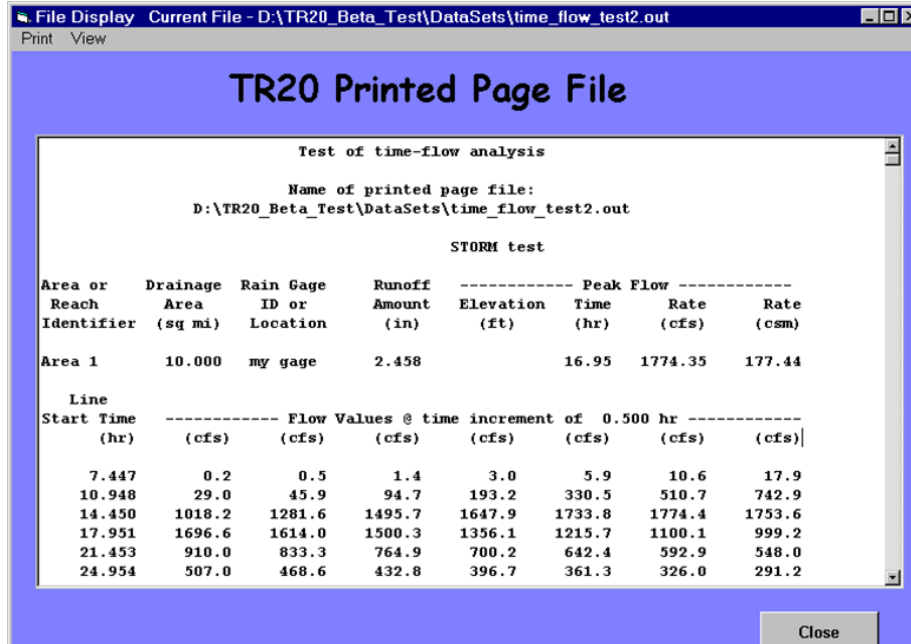


Figura 5. Página de salida del modelo WinTR-20

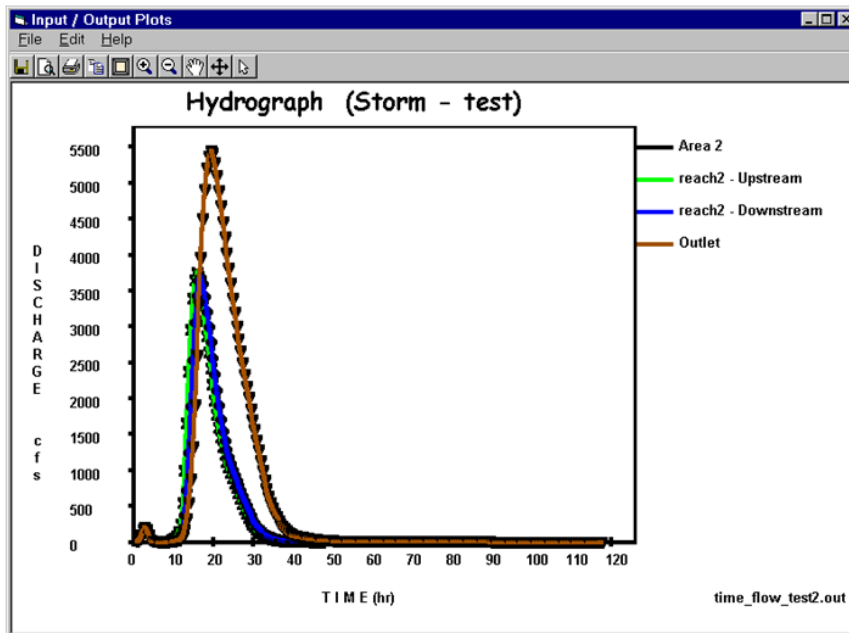


Figura 6. Hidrograma que genera el modelo WinTR-20

3.2.1.2 WinTR-55 System

El WinTR- 55 es un modelo de hidrología urbana para cuencas pequeñas creado por el “Soil Conservation Service” (SCS) en 1975. Es un sistema que permite calcular el escurrimiento producto de la precipitación, el escurrimiento máximo y volúmenes de almacenamiento NRCS-2 (2010). El modelo WinTR-55 tiene las capacidades y limitaciones que se muestran en el Cuadro 3:

Cuadro 3. Capacidades y limitaciones de WinTR-55

Variable	Limites
Área mínima	Menor a 1 ha
Área máxima	6,500 ha
Número de subcuencas	1-10
Tiempo de concentración para cualquier sub-área	0.1 horas ≤ Tc ≤ 10 horas
Tipo de alcances	Canales o estructuras
Alcance de la ruta (tránsito de avenidas)	Muskingum-Cunge
Estructura considerad en el tránsito de la avenida	Almacenamiento- Indicación
Tipos de estructura	Tubería o vertedero
Tamaños de la estructura de prueba	1-3
Lámina	0-1,270 mm
Distribuciones de precipitaciones	NRCS Tipo I, IA, III, NM60, NM65, NM70, NM75
Duración de la precipitación	24 horas
Dimensiones del hidrograma unitario	Estándar máximo con factor de la tasa 484
Antecedentes de la condición inicial	2 Eventos (promedios)

El modelo se distribuye en 6 submenús (Figura 7) que se describen a continuación:

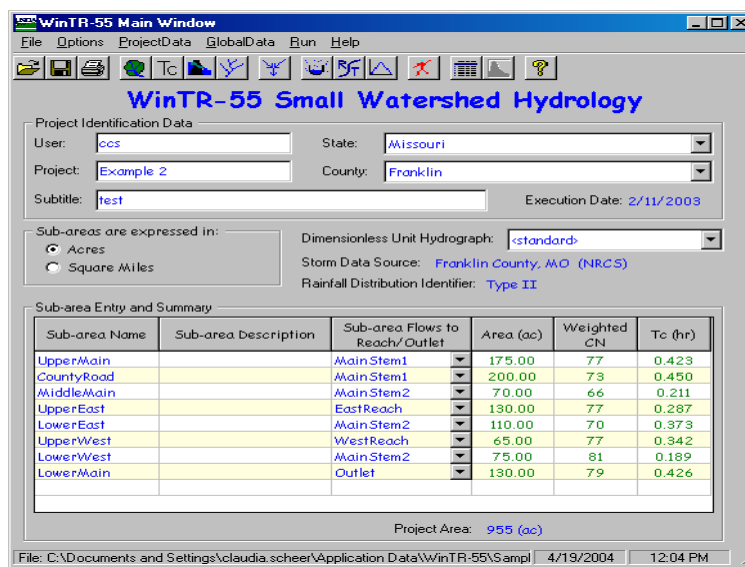


Figura 7. Submenús que considera el modelo WinTR-55

Submenú File: Permite abrir, guardar, crear, imprimir o salir del sistema.

Submenú Option: Permite elegir entre unidades métricas o inglesas, así como el borrar la información para comenzar nuevamente, en caso de que ya se haya iniciado.

Submenú ProjectData: Permite acceder a los siguientes componentes del programa:

- El componente de uso del suelo, considera la descripción detallada del uso de la tierra para identificar el grupo hidrológico que permita seleccionar la curva numérica, para diferentes porcentos de coberturas del suelo.
- El componente de tiempo de concentración, permite introducir hasta 5 segmentos de flujo. Los datos de entrada para flujos poco profundos son: pendiente, longitud y tipo de superficie; para canales: la longitud, la pendiente, el coeficiente de rugosidad, área de flujo, y el perímetro mojado. Las ecuaciones que utiliza el modelo en este componente se muestran a continuación:

$$T_c = \frac{0.007(nl)^{0.8}}{(P_2)^{0.5} S^{0.4}} \quad \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

T_c= Tiempo de concentración (hr)
n= Coeficiente de rugosidad
l= Longitud de Flujo
P₂= 2 años- 24 horas de un evento de lluvia
S= Grado de pendiente.

$$V = 16.1345\sqrt{S} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$V = 20.3282\sqrt{S}$$

Donde:

V= Velocidad promedio (ft/s)
S= Pendiente de la línea piezométrica

$$V = \frac{1.49r^{\frac{2}{3}}\sqrt{S}}{n} \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

V= velocidad promedio (ft/s)

r= Radio hidráulico (ft) (A/P)

S= Pendiente del cauce (en tanto por uno)

n= Coeficiente de rugosidad de Manning

- El componente de datos del flujo, permite la edición y la visualización de la red de flujo, muestra si cada tramo es un tramo de canal o de almacenamiento y proporciona información sobre el flujo de las sub-zonas que va directamente a la cuenca de salida.
- El componente de estructura de datos, permite calcular las dimensiones de un tubo de descarga o el vertedor de una presa.

Submenú global data: Permite acceder a los siguientes componentes del sistema:

- Datos de un evento de precipitación, considera la cantidad de lluvia en 24 horas, su periodo de retorno, y la distribución de las lluvias asociadas.
- Distribución de la precipitación, genera una gráfica de su comportamiento en el tiempo (Figura 8).
- El hidrograma unitario (Figura 9).

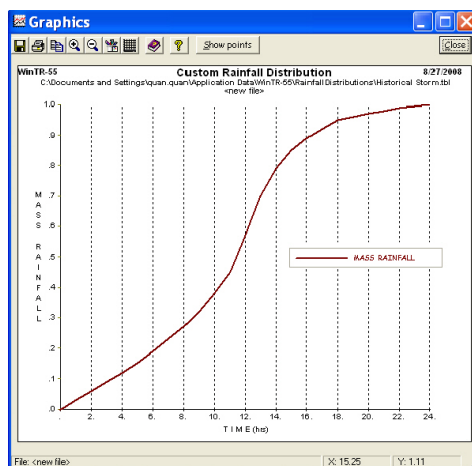


Figura 8. Distribución de precipitación que genera el modelo WinTR-55

Submenú Run. Permite compilar el sistema y correr las funciones matemáticas consideradas en el modelo para obtener los hidrogramas de los eventos de precipitación deseado.

Submenú help. En caso de tener problema al correr el modelo, se accede a la ayuda referente a la entrada de datos y de los parámetros que requieren los modelos.

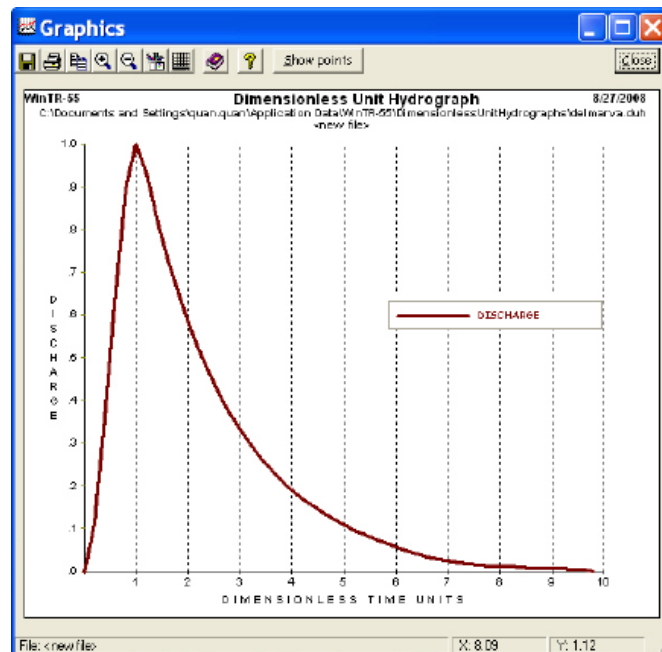


Figura 9. Hidrograma unitario que genera el modelo WinTR-55

3.2.1.3 Simulador de Diseño de Obras de Conservación de Aguas y Suelos

El simulador es un sistema computacional de apoyo al diseño de obras de conservación de suelos y aguas, accesible a través de Internet. Los usuarios habilitados tienen acceso a los módulos de simulación de obras de diseño de zanjas de infiltración y canales de evacuación de aguas de lluvia. Los datos base para el simulador son de las estaciones pluviográficas y pluviométricas de la Sexta y Séptima Regiones en Chile; este sistema computacional permite elegir la zona geográfica de trabajo y obtener información pluviométrica y pluviográfica necesaria para el diseño de las obras (EIAS, 2010). El simulador tiene tres componentes: 1) componente de intensidad de la precipitación; 2) componente de zanjas de infiltración; 3) componente

para el diseño de zanjas de infiltración. A continuación se describen los modelos matemáticos utilizados en los componentes del simulador.

Componente de Intensidad de la precipitación

La intensidad de precipitación es modelada como un proceso con varios parámetros probabilísticos que se expresan como una función que relaciona la intensidad máxima de un evento, su duración y su frecuencia o período de retorno.

El simulador utiliza una relación entre la intensidad, dada por la ecuación (4):

$$k = \frac{I_d}{I_{24}} \quad \dots\dots\dots(4)$$

Donde I_d es la intensidad para duración "d" e I_{24} es la intensidad para 24 horas.

La intensidad de la lluvia para las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) utilizada en el simulador, se obtiene con la expresión 5:

$$I = \frac{KT^m}{D^n} \quad \dots\dots\dots(5)$$

Donde I es la intensidad en mm/hr, D la duración en minutos y T es el período de retorno en años. Los parámetros de esta ecuación (k, m y n) se almacenan para cada estación pluviográfica.

Los valores de I_{24} se determinan en el simulador mediante la distribución Gumbel para valores extremos (6):

$$F(X) = IP[E \leq X] = e^{-e^{-\sigma(X-\mu)}} \quad \dots\dots\dots(6)$$

Donde x es la variable independiente, σ y μ son los parámetros de la distribución. Los parámetros se determinan mediante las siguientes ecuaciones:

$$\mu = X - 0.450047 * S \quad \dots\dots(7)$$

$$\sigma = \frac{1}{0.779797 * S}$$

Donde μ es el primer momento de la serie y S es la desviación estándar.

Para las estaciones pluviométricas se almacenan los parámetros u y d en el simulador, con estos parámetros el usuario está en condiciones de realizar el cálculo de intensidad de precipitación, para el diseño de zanjas de infiltración y de canales de desviación.

Componente de Diseño de zanjas de infiltración

El componente de diseño de zanjas de infiltración de este simulador de diseño está conectado al componente uno, ya que intensidad de precipitación es una de las variables utilizadas en el diseño. Otras variables, como el coeficiente de escurrimiento y la velocidad de infiltración son valores que se capturan en forma manual. En este componente se estima el espaciamiento entre zanjas (metros), el ancho de zanja y la profundidad de zanja.

Componente para el diseño de canales de desviación

El simulador tiene un tercer componente denominado diseño de canales de desviación, donde el objetivo de estos canales no es infiltrar el agua al suelo, sino conducirla fuera de la zona de riesgo de erosión. El usuario tiene que definir una velocidad de flujo máxima permisible en el canal y los parámetros hidrológicos del sitio el sistema para que el simulador diseñe la sección del canal.

3.2.1.4 Sistema basado en conocimiento para manejo de cuencas hidrográficas.

El Sistema Basado en Conocimiento conocido como SIMAC, permite el procesamiento de información específica de la cuenca para el diseño y cálculo de obras para el control de azolve como las presas de mampostería. Tiene una aplicación puntual que permite el procesamiento de información topográfica del sitio de interés. (Salazar, 2000). El programa consta de los siguientes ocho módulos:

Archivo: Permite crear, editar, imprimir y salir del programa.

Cuenca: Permite ingresar características principales de la cuenca y subcuencas.

ObrasCSA: Contiene las herramientas principales para el desarrollo de proyectos de obras de mampostería, donde se calcula el escurrimiento máximo para el diseño del vertedor, el diseño estructural de la obra, el colchón hidráulico, las secciones transversales y el análisis económico.

Prácticas: Es un compendio de las prácticas más comunes que se pueden utilizar en una microcuenca.

Modelos: Permite estimar el volumen escurrido y la producción de sedimentos por eventos utilizando Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada (EUPSM).

SIG: Establece comunicación con el programa Idrisi.

Herramientas: Contiene la opción de una calculadora.

Ayuda: Muestra información del programa.

3.3 Proyecto de conservación de suelo y agua en San Juan Bautista Cohixtlahuaca, Oaxaca.

El proyecto de conservación del suelo y agua elaborado y ejecutado en el año 2008 por parte de la Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA) en el municipio de San Juan Bautista Cohixtlahuaca se utilizó como modelo para la elaboración del sistema de conservación del suelo que se desarrolló con este trabajo. Como antecedente, al capítulo cinco de este escrito, se presenta a continuación una breve descripción de dicho proyecto.

3.3.1 Ubicación del Proyecto

El proyecto se realizó en el Municipio de San Juan Bautista Cohixtlahuaca que se localiza en la parte noreste del Estado de Oaxaca, México, en las coordenadas 17°43' longitud oeste, 97°19' latitud norte y a una altura de 2,100 msnm. En la Figura 11 se muestra una imagen de dicha ubicación, obtenida de Google Earth y sobrepuesto el parteaguas (archivo .shp convertido en kml). (Figura 10).

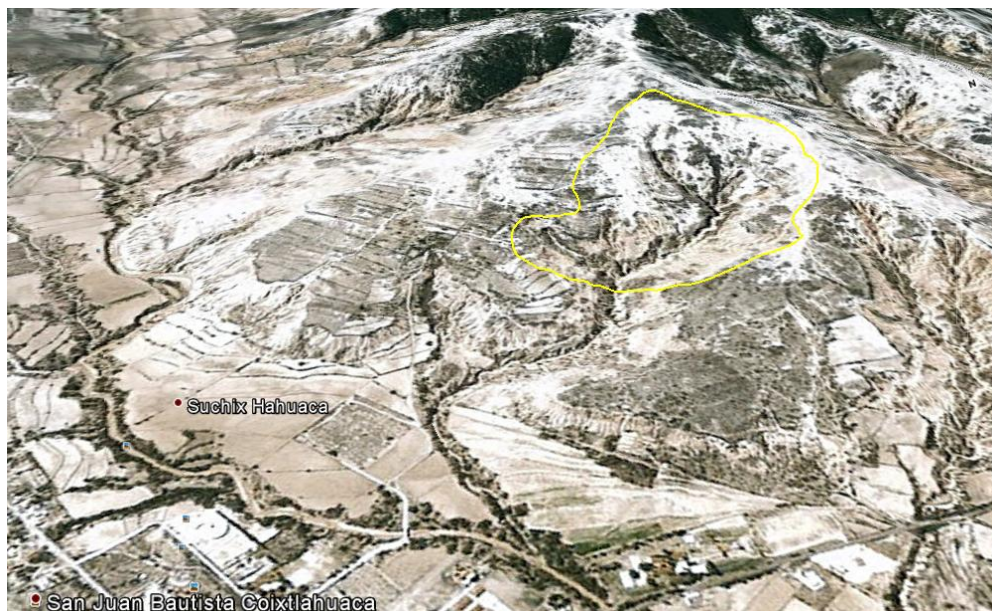


Figura 10. Microcuenca de San Juan Bautista Coixtlahuaca

El tipo de suelo en esta zona (cambisol cálcico), es propicio para la vegetación boscosa de coníferas. Predomina el suelo calizo así mismo existe en los alrededores la tierra húmida que es utilizada como abono de las plantas; hay también terrenos rocosos con escasa vegetación. La mayor parte de la población se dedica a la siembra de maíz, trigo y frijol. Predomina en esta zona el ganado caprino, seguido de ganado lanar, porcino y asnal.

3.3.2 Características del proyecto

El objetivo del proyecto fue recuperar, conservar y aprovechar los recursos agua y suelo, minimizando los efectos erosivos a través de prácticas estructurales y vegetativas, así como contribuir a la conservación, uso y manejo sustentable de los recursos naturales utilizados en la producción primaria mediante el pago de apoyos y servicios a los productores rurales. Las acciones que se realizaron en el proyecto se muestran en el Cuadro 4.

Se construyó una presa de mampostería como la obra ancla², cuya finalidad fue almacenar agua para su posterior aprovechamiento y para la recarga de los mantos acuíferos que alimentan el sistema de agua potable que se encuentra aguas abajo. Se

² Obra ancla: Obra principal en un proyecto integral de conservación de suelo y agua, generalmente es una obra de almacenamiento como presa de mampostería, bordo de tierra compactada u olla de agua.

construyeron presas filtrantes de gaviones y presas de piedra acomodada en las partes agua arriba de la obra de almacenamiento para el control de los azolves, se realizó un cercado para el establecimiento de áreas de exclusión, una plantación de especies nativas a fin de combatir la erosión y se estableció un sistema terrazas de zanja para la recarga del acuífero.

Cuadro 4. Conceptos del Proyecto de San Juan Bautista Cohixtlahuaca

No.	CONCEPTO DE INVERSION	U DE M	CANT.	COSTO TOTAL
1	Pequeña presa de mampostería	OBRA	1.00	\$657,269.82
2	Presa filtrante de gaviones	OBRA	2.00	\$203,564.80
3	Adquisición de planta y plantación de especies nativas 1	HA	11.50	\$85,917.50
4	Presas filtrantes de piedra acomodada	OBRA	5.00	\$47,012.75
5	Terrazas de zanja- bordo	HA	10.00	\$30,555.00
6	Cercado para el establecimiento de áreas de exclusión	KM	0.69	\$38,700.70
TOTAL				\$1,063,020.57

3.3.3 Cálculos empleados para el diseño de las obras

Para el diseño del vertedor de demasías de la presa de almacenamiento, se calculó el escurrimiento máximo instantáneo en m³/s para un periodo de retorno con diferentes métodos utilizando una hoja Excel (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cálculos empleados para obtener la avenida máxima y vertedor del proyecto

CÁLCULO DE LA AVENIDA MAXIMA X			
Por la fórmula de Gete			
Ac=	1.43	Km ²	143.00 ha
Periodo de retorno:	5.00	Años	
$QTr = (4 + 16 \text{ Log } Tr) A^{0.5}$			17.37 m ³ /s
$QTr =$ Gasto para un periodo de retorno en m ³ / seg			
$Tr =$ Periodo de retorno			
$Ac =$ Area de la cuenca en km ²			
$Ac =$ Area de la cuenca en km ²			
Por la formula de Morgan			

$$Q_{Tr} = 57.787 C A^{0.52}$$

14.96

m³/s

EN DONDE:

Q_{Tr} = Gasto para un periodo de retorno en m³ / seg

C = Coeficiente que depende del periodo de retorno

A_c = Area de la cuenca en km²

C	1	PARA Tr	500	Años
C	0.464	PARA Tr	50	Años
C	0.585	PARA Tr	100	Años
C	0.215	PARA Tr	5	Años

Por la formula de Ryves

$$Q = 10.106 A^{0.67}$$

12.84

m³/s

$$Q = 27 A^{0.50}$$

Promedio por las formulas empíricas

$$Q = 15.06 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{real}} = 11.30 \text{ m}^3/\text{s} \quad 75\% \text{ de } Q$$

Diseño del vertedor:

Cimacio

Para el vertedor tipo lavadero $c = 1.45$

C del vertedor = 2.00 M^{1/2}/s Para el vertedor tipo lavadero: $c = 2.0$

Si tiene restricción topográfica (no hay vaso suficiente), proponga la carga y determine la longitud.

Proponga $h = 0.80$ M

La longitud de la cresta resultante l , es: 7.89 M

Longitud del vertedor seleccionado (l): 7.90 M

El Cuadro 5 muestra que el área de la microcuenca es de 143 ha, que el gasto pico es de 11.30 m³/s y que las dimensiones del vertedor de las obras sobre el mismo cauce es de 0.80 metros de carga por 7.90 metros de longitud.

En el proyecto se estimaron los presupuestos por obra y/o acción los cuales se muestran a continuación:

Presas filtrantes de piedra acomodada: Se proyectaron 5 presas de piedra acomodada, con un monto total de \$47,012.75 pesos, que se construyeron en los cauces secundarios, con la finalidad fue retener el suelo para darle mayor vida útil a la presa (Figura 11).

PRESAS FILTRANTES DE PIEDRA ACOMODADA						
MUNICIPIO: SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA			U.D.E.M. OBRA			
LOCALIDAD: SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA			CANT. 5			
ESTADO: OAXACA						
No.	MATERIALES	CLAVE	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
1	PIEDRA	MUN	160.50	M3	\$ 260.00	\$ 41,730.00
A COSTO DE MATERIALES						\$ 41,730.00
No.	MANO DE OBRA	CLAVE	CANTIDAD	UNIDAD	SALARIO	IMPORTE
B.2 Excavación para desplante de obra con profundidad menor de 2 metros. en tepetate blando						
B.2.1	OFICIAL	MUN	1.25	JOR	\$ 250.00	\$ 312.50
B.2.2	AYUDANTE	MUN	1.25	JOR	\$ 100.00	\$ 125.00
B.3 Conformación de presa de piedra acomodada						
B.3.1	OFICIAL	MUN	10.00	JOR	\$ 250.00	\$ 2,500.00
B.3.2	AYUDANTE	MUN	10.00	JOR	\$ 100.00	\$ 1,000.00
B COSTO DE MANO DE OBRA						\$ 3,937.50
No.	EQUIPO Y HERRAMIENTA	CLAVE	CANTIDAD	UNIDAD	SALARIO	IMPORTE
1	ESTACAS PARA TRAZO	BEN	5.00	LOTE	\$ 31.30	\$ 156.50
2	CORDON PARA EL TRAZO	BEN	200.00	ML	\$ 4.20	\$ 840.00
3	PICO	BEN	1.25	PZA	\$ 135.00	\$ 168.75
4	PALA	BEN	2.00	PZA	\$ 90.00	\$ 180.00
C COSTO DE EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$ 1,345.25
TOTAL						\$ 47,012.75



Figura 11. Presupuesto para las presas filtrantes de piedra acomodada

Pequeña presa de mampostería: Se proyectó y construyó una presa de mampostería de una altura total de 6.50 m, con una longitud de 25 m y un costo de \$657,289.82 pesos (Cuadro 6). Esta obra se realizó para almacenar y recargar agua a los manantiales que alimentan el sistema de agua potable (Figura 12).

Cuadro 6. Dimensiones de la presa de mampostería

Conceptos	Cantidad	U.M
Altura total de la presa sin desplante	6.50	Metro
Peso volumétrico del agua	1,000	Kg / m ³
Peso volumétrico de la mampostería	2,200	Kg / m ³
Capacidad de carga del terreno	20	Ton / m ³
Ancho de corona	1.00	Metro
Ancho de base	5.00	Metro
Nivel de aguas normales	5.50	Metro
Carga del vertedor	0.80	Metro
Bordo libre	0.20	Metro

PEQUEÑA PRESA DE MAMPOSTERÍA						
MUNICIPIO: SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA						
LOCALIDAD: SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA						
ESTADO: OAXACA						
No.	DESCRIPCIÓN	CLAVE	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	IMPORTE
PRELIMINARES						
1	LIMPIEZA Y DESEÑRAICE A MANO DE TERRENO CON MALEZA DE DENSIDAD MEDIA DE 1:00 M DE ALTURA, INCLUYENDO RETIRO DEL MATERIAL HASTA 20 M DE DISTANCIA.	BEN	M2	96.34	\$ 6.13	\$ 590.47
2	EXCAVACION A CIELO ABIERTO, POR MEDIOS MANUALES DE 0-2 MTS DE PROFUNDIDAD, INCLUYE EQUIPO Y HERRAMIENTA.	BEN	M3	229.78	\$ 59.33	\$ 13,632.39
3	TRAZO Y NIVELACION TOPOGRAFICA DEL TERRENO, PARA ESTRUCTURAS, ESTABLECIENDO EJES Y REFERENCIAS, PARA SUPERFICIES MENORES DE 300 M2.	BEN	M2	96.34	\$ 8.50	\$ 818.96
Total PRELIMINARES						\$15,041.82
OBRA CIVIL						
1	MAMPOSTERIA DE PIEDRA, CON PARAMETROS ROSTREADOS, Y BLENDEADOS, CON MORTERO CEMENTO-ARENA 1:3 PARA CUERPO DE LA CORTINA Y COLCHÓN HIDRÁULICO	FED 91% Y BEN 9%	M3	438.80	\$ 1,245.46	\$ 546,506.01
2	COMPUERTA DESLIZANTE	FED	PZA	1.00	\$ 40,000.00	\$ 40,000.00
3	CASTILLO DE 20 x 20 CMS, ARMADO CON 4 VARS. DE 1/2" Y ESTRIBOS DE 1/4" @ 15 CMS, CONCRETO FC=200 KG/CM2 Y ACERO FY=4200 KG/CM2, PARA FIJAR MARCO DE COMPUERTA	FED	ML	4.00	\$ 471.05	\$ 1,884.20
4	CADENA DE CERRAMIENTO PARA DESLIZANTE, ARMADO CON 4 VARS. DE 1/2" Y ESTRIBOS DE 1/4" @ 15 CMS, CONCRETO FC=200 KG/CM2 Y ACERO FY=4200 KG/CM2, PARA FIJAR MARCO DE COMPUERTA	FED	ML	1.50	\$ 471.05	\$ 706.58
5	MURO DE CONCRETO ARMADO DE 20 CM, CON DOBLE PARRILLA CUATRAPEADA @ 25 CMS CON VARILLA DEL NUM 4, CONCRETO FC = 200 KG/CM2 PARA FIJAR MARCO DE COMPUERTA	FED	M2	1.00	\$ 1,511.64	\$ 1,511.64
6	MENSULA DE CONCRETO ARMADO CON VARILLA DE NUM 3 @ 5 CMS Y ESTRIBOS DEL NUM 3 @ 15 CMS, CONCRETO FC = 200 KG/CM2 PARA SOPORTE DE MECANISMO ELEVADOR DE LA COMPUERTA DESLIZANTE	FED	PZA	2.00	\$ 1,757.05	\$ 3,514.10
7	CONCRETO EN CIMENTACION	FED	M3	4.43	\$ 1,369.97	\$ 6,069.52
8	APLANADO ACABADO REPELLADO SOBRE CORTINA EN LA PARTE INTERIOR, MORTERO 1:4 DE 2 CMS. DE ESPESOR PROMEDIO.	FED	M2	200.61	\$ 80.38	\$ 16,125.94
9	MAMPOSTERIA DE PIEDRA, CON PARAMETROS ROSTREADOS, Y BLENDEADOS, CON MORTERO CEMENTO-ARENA 1:3 PARA MUROS GUÍA	FED	M3	7.97	\$ 1,245.46	\$ 9,926.29
10	DISPOSITIVO DE ENCAJE AL FINAL DEL COLCHÓN HIDRÁULICO, ARMADO CON 4 VARS. DE 3/8" Y ESTRIBOS DE 1/4" @ 15 CMS, CONCRETO FC=200 KG/CM2 Y ACERO FY=4200 KG/CM2	FED	ML	7.90	\$ 405.18	\$ 3,200.94
11	OBRA DE TOMA A BASE DE TUBO METALICO DE 4" DE DIAMETRO, VALVULA COMPUERTA DE 4"	FED	PZA	1.00	\$ 8,576.30	\$ 8,576.31
12	BARANDAL DE SEGURIDAD SOBRE CORTINA	FED	PZA	1.00	\$ 2,882.78	\$ 2,882.79
13	LIMPIEZA GENERAL DEL ÁREA DE TRABAJO	FED	LOTE	1.00	\$ 1,323.68	\$ 1,323.68
Total OBRA CIVIL						\$ 642,228.00
TOTAL DE PRESUPUESTO						\$ 657,269.82



Figura 12. Presupuesto de la presa de mampostería

Presas filtrantes de gaviones: Se proyectaron y construyeron dos presas filtrantes de gaviones con piedra y malla ciclónica, el costo de estas obras fue de \$203,564.80 pesos. Figura 13.

PRESA FILTRANTE DE GAVIONES						
MUNICIPIO: SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA					U DE M.	OBRA
LOCALIDAD: SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA					CANT.	2
ESTADO: OAXACA						
No.	CONCEPTO	CLAVE	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
1	MAMPOSTERIA	MUN	104.52	M3	\$ 1,245.46	\$ 130,175.05
2	MURO DE GAVIÓN A BASE DE MALLA CICLÓNICA Y ALAMBRE GALVANIZADO	MUN	50.00	M3	\$ 899.65	\$ 44,982.44
3	CONCRETO HECHO EN OBRA F'C=200 KG/CM2	MUN	10.08	M3	\$ 1,369.97	\$ 13,809.31
4	LIMPIEZA GENERAL DEL AREA DE TRABAJO	MUN	1.00	LOTE	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00
A COSTO DE MATERIALES						\$ 190,466.80
No.	MANO DE OBRA	CLAVE	CANTIDAD	UNIDAD	SALARIO	IMPORTE
B-1 Excav. para desplante de obra con profundidad menor de 2 metros en tepetate blando						\$ 1,850.00
1	OFICIAL	MUN	2.00	JORNAL	\$ 250.00	\$ 500.00
2	AYUDANTE	MUN	30.00	JORNAL	\$ 45.00	\$ 1,350.00
B-2 Acarreo de sacos de cemento y cala sitio de la obra de 100 a 200 metros						\$ 450.00
3	AYUDANTE	MUN	10.00	JORNAL	\$ 45.00	\$ 450.00
B-6 Acarreo y tronadero de piedra						\$ 3,195.00
10	PEON	MUN	71.00	JORNAL	\$ 45.00	\$ 3,195.00
B COSTO DE MANO DE OBRA						\$ 5,495.00
No.	EQUIPO Y HERRAMIENTAS	CLAVE	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	IMPORTE
1	ESTACAS PARA TRAZO	BEN	4.00	LOTE	\$ 50.00	\$ 200.00
2	CARRETILLA	BEN	8.00	PZA	\$ 450.00	\$ 3,600.00
3	CORDON PARA EL TRAZO	BEN	80.00	ML	\$ 4.10	\$ 328.00
4	BARRETAS	BEN	10.00	PZA	\$ 240.00	\$ 2,400.00
5	GUANTES	BEN	6.00	PZA	\$ 35.00	\$ 210.00
6	PINZAS	BEN	5.00	PZA	\$ 65.00	\$ 325.00
7	PALA	BEN	6.00	PZA	\$ 90.00	\$ 540.00
C COSTO DE EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$ 7,603.00
TOTAL						\$ 203,564.80



Figura 13. Presupuesto de las presas filtrantes de gaviones

Adquisición de planta y plantación de especies nativas: Se reforestaron 11.5 ha con pino (*Pinus oaxacana*) en la parte aguas arriba de la presa de mampostería, con la finalidad de disminuir la erosión y favorecer la recarga de agua (Figura 14).

Terrazas de Zanja Bordo: Se construyeron zanjas bordo en 10 ha, en los lugares donde se realizó la reforestación, los arboles se colocaron aguas abajo del bordo; de esta forma se mantuvo mayor humedad en el suelo por medio de la zanja y se retuvo el suelo por medio del bordo (Figura 15).

Cercado para establecimiento de áreas de exclusión: Se construyo un cercado cuya finalidad fue proteger al vaso de almacenamiento de la presa de la entrada de ganado, a fin de evitar la contaminación del agua por uso de abrevadero (Figura 16).

ADQUISICION DE PLANTA Y PLANTACION DE ESPECIES NATIVAS 1					
MUNICIPIO: SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA				U DE M. HA	
LOCALIDAD: SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA				CANT. 11.50	
ESTADO: OAXACA					
No.	MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
1	ARBOLES (PINOS)	11,500.00	PLANTA	\$ 5.00	\$ 57,500.00
2	ABONO ORGANICO	5.750	TON	\$ 1,800.00	\$ 10,350.00
A COSTO DE MATERIALES					\$ 67,850.00
No.	MANO DE OBRA	CANTIDAD	UNIDAD	SALARIO	IMPORTE
1	PLANTACION	207.00	JORNAL	\$ 45.00	\$ 9,315.00
2	APLICACIÓN DE ABONO	143.50	JORNAL	\$ 45.00	\$ 6,727.50
B COSTO DE MANO DE OBRA					\$ 16,042.50
No.	EQUIPO Y HERRAMIENTAS	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	IMPORTE
1	PALA	7.00	PZA	\$ 90.00	\$ 630.00
2	BARRETA	3.00	PZA	\$ 240.00	\$ 720.00
3	PICO	5.00	PZA	\$ 135.00	\$ 675.00
C COSTO DE EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$ 2,025.00
TOTAL					\$ 85,917.50

Figura 14. Presupuesto de adquisición de planta y plantación de especies nativas

TERRAZAS DE ZANJA- BORDO					
MUNICIPIO: SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA				U DE M. HA	
LOCALIDAD: SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA				CANT. 10.00	
ESTADO: OAXACA					
No.	MANO DE OBRA	CANTIDAD	UNIDAD	SALARIO	IMPORTE
1	TRAZO DE CURVAS DE NIVEL CON NIVEL DE MANGUERA	27.00000	JORNAL	\$ 150.00	\$ 4,050.00
2	LIMPIEZA DE TERRENO PARA CONSTRUCCION DE TERRAZAS DE ZANJA BORDO	71.00000	JORNAL	\$ 45.00	\$ 3,195.00
3	EXCAVACION PARA FORMACION DE ZANJA DE 0.40 X 0.4m	500.00000	JORNAL	\$ 45.00	\$ 22,500.00
COSTO DE MANO DE OBRA					\$ 29,745.00
No.	EQUIPO Y HERRAMIENTAS	CANTIDAD	UNIDAD	SALARIO	IMPORTE
1	ESTACAS PARA TRAZO	1.00000	LOTE	\$ 60.00	\$ 60.00
2	CAL PARA TRAZO	250.00000	KG	\$ 1.20	\$ 300.00
3	PICO	2.00000	PZA	\$ 135.00	\$ 270.00
4	PALA	2.00000	PZA	\$ 90.00	\$ 180.00
C COSTO DE EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$ 810.00
TOTAL					\$ 30,555.00

Figura 15. Presupuesto para la construcción de zanjas bordo

CERCADO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE AREAS DE EXCLUSION						
MUNICIPIO: SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA					U DE M.	KM
LOCALIDAD: SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA					CANT.	0.69
ESTADO: OAXACA						
No.	MATERIALES	CLAVE	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
1	POSTE GALVANIZADO DE 1 1/2" DE DIAM Y 2.0 M DE LONGITUD	MPAL	276.00	PZA	\$ 50.00	\$ 13,976.32
2	ALAMBRE DE PÚAS DE 360 ML	MPAL	13.80	ROLLO	\$ 580.00	\$ 8,004.00
3	ALAMBRE GALVANIZADO	MPAL	27.60	KG	\$ 35.00	\$ 966.00
4	RETENIDA METALICA	MPAL	13.80	PZA	\$ 50.00	\$ 690.00
CONCRETO = 0.03438 M3 X CEPA						
5	CEMENTO PROP: 0.309 TON X M3	MPAL	2.93	TON	\$ 1,950.00	\$ 5,718.38
6	GRAVA PROPORCION 0.629 M3 X M3	MPAL	5.97	M3	\$ 200.00	\$ 1,193.70
7	ARENA PROP: 0.629 M3 X M3	MPAL	5.97	M3	\$ 250.00	\$ 1,492.13
8	PUERTA METALICA DE ACCESO	MPAL	1.00	PZA	\$ 1,408.27	\$ 1,408.27
A	COSTO DE MATERIALES					\$33,448.80
No.	MANO DE OBRA	CLAVE	CANTIDAD	UNIDAD	SALARIO	IMPORTE
1	APERTURA DE CEPAS 0.25x0.25x0.55 + 0.05	MPAL	15.18	JORNAL	\$ 45.00	\$ 683.10
2	TRAZO Y NIVELACION	MPAL	2.07	JORNAL	\$ 45.00	\$ 93.15
3	LIMPIEZA DEL TERRENO	MPAL	3.45	JORNAL	\$ 45.00	\$ 155.25
4	ACARREO DE AGUA	MPAL	3.45	JORNAL	\$ 45.00	\$ 155.25
5	ACARREO DE ARENA	MPAL	3.45	JORNAL	\$ 45.00	\$ 155.25
6	ACARREO DE GRAVA	MPAL	3.45	JORNAL	\$ 45.00	\$ 155.25
7	ACARREO DE POSTES METALICOS	MPAL	0.69	JORNAL	\$ 45.00	\$ 31.05
8	ACARREO DE ROLLOS DE ALAMBRE	MPAL	0.69	JORNAL	\$ 45.00	\$ 31.05
9	TENSADO DE ALAMBRE	MPAL	3.45	JORNAL	\$ 45.00	\$ 155.25
10	ELABORACION DE CONCRETO 13.75M3 / K	MPAL	4.14	JORNAL	\$ 150.00	\$ 621.00
11	COLOCACION DE POSTES	MPAL	4.14	JORNAL	\$ 45.00	\$ 186.30
B	COSTO DE MANO DE OBRA					\$2,421.90
No.	EQUIPO Y HERRAMIENTAS	CLAVE	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	IMPORTE
1	PALA POZERA	BENEF	3.00	PZA	\$ 240.00	\$ 720.00
2	MALACATE CHINO	BENEF	4.00	PZA	\$ 255.00	\$ 1,020.00
3	BARRETA	BENEF	3.00	PZA	\$ 240.00	\$ 720.00
4	PINZAS	BENEF	3.00	PZA	\$ 65.00	\$ 195.00
5	GUANTES	BENEF	5.00	PZA	\$ 35.00	\$ 175.00
C	COSTO DE EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$2,830.00
TOTAL						\$38,700.70

Figura 16. Presupuesto para el cercado del área de exclusión

3.3.4 Conclusiones del proyecto

En campo el proyecto ya ejecutado tuvo éxito y sirvió de ejemplo para la promoción de las bondades de las obras y prácticas de conservación del suelo y agua para las comunidades aledañas, que también tienen problemas de escasez de agua y de degradación de sus tierras.

En este proyecto se utilizaron tres fórmulas empíricas para obtener el gasto pico y los valores obtenidos se promediaron y el resultado fue el escurrimiento máximo instantáneo que fue utilizado para el diseño de vertedor de demasías de la presa de almacenamiento.

Con base a la experiencia obtenida con este proyecto, se consideró la necesidad de diseñar un sistema que permita estimar las variables hidrológicas (volumen medio anual escurrido y el escurrimiento máximo instantáneo) para el diseño de obras de almacenamiento y de desagüe de las avenidas extraordinarias a partir de las características del medio biofísico de la microcuenca. Para ello se utilizó un modelo hidrológico basado en las curvas numéricas.

A nivel nacional, por parte de la SAGARPA, se han elaborado cientos de proyectos de conservación del suelo y agua para diferentes regiones del país y los proyectistas utilizan diferentes métodos para la estimación de las variables hidrológicas para el diseño estructural de las obras y de las especificaciones de las prácticas de conservación del suelo y agua dentro del componente de Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua (COUSSA).

Considerando lo anterior, se revisaron los avances en la planeación de las acciones de conservación del suelo que se han realizado en México y en diferentes parte del mundo como se ha expuesto en este capítulo y se optó por diseñar un sistema para la planeación de las obras y prácticas de conservación del suelo y agua a nivel de pequeñas microcuencas en México, que pueda ser utilizado por los técnicos encargados de los proyectos de conservación de suelos el cual incluya los cálculos hidrológicos para el diseño de las obras, las especificaciones y los costos de las mismas en una forma estandarizada a nivel nacional.

4. DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y AGUA

De acuerdo con la literatura, existen sistemas basados en conocimiento que permiten, a través de modelos matemáticos, estimar variables hidrológicas e hidráulicas, entre ellas el cálculo de los escurrimientos medios anuales y máximos instantáneos para diferentes tipos de precipitación, la producción de sedimentos, la calidad del agua, la concentración de contaminantes, entre otros, que apoyan en el diseño de obras y prácticas de conservación de suelo y agua y que se utilizan para realizar la planeación del suelo y agua a nivel regional. En este trabajo de investigación se elaboró un **Sistema de Conservación de Suelo y Agua (CONSA)** que integra las variables hidrológicas e hidráulicas con los criterios de diseños de obras y prácticas de conservación del suelos y los costos implícitos para su construcción, que en conjunto conforman el proyecto de preinversión que las dependencias piden a los técnicos encargados de operar los programas de conservación de suelo y agua en México y América Latina.

Para elaborar el sistema **CONSA** se utilizó el modelo de desarrollo en cascada que considera el análisis de los requerimientos y el diseño del sistema, que incluye el diseño de datos, el diseño arquitectónico, la estructura general del sistema, el diseño de la interfaz y el desarrollo de códigos con sus diferentes módulos de acceso al sistema, como son: el catálogo de obras, los cálculos hidrológicos, los módulos de diseño de obras y de presupuestos (precios unitarios por conceptos de obras de las diferentes actividades) los cuales se describen a continuación.

4.1 Análisis de requerimientos

En esta etapa se consideran las características del sistema, como el nombre del proyecto, objetivos, alcances, usuarios y requerimientos funcionales y no funcionales necesarios para elaborar el diagrama de flujo de la información, como se detalla a continuación:

Nombre del proyecto: Conservación de Suelo y Agua (**CONSA**).

Entorno y fundamentos: Se da énfasis al diseño de una obra de almacenamiento de agua, como obra ancla, con sus obras y prácticas complementarias y los presupuestos

que se requieren para su construcción, que en conjunto son la parte esencial de un proyecto integral de manejo del suelo y agua en una pequeña área de drenaje. El sistema es una herramienta estructurada para diseñar y calcular estas obras así como generar una propuesta económica de inversión en estos conceptos y está diseñado para que los técnicos responsables de la planeación de obras **CONSA** realicen estos cálculos en forma rápida, sencilla y estándar que apoye la elaboración de proyectos de preinversión y la supervisión de los mismos.

Objetivos: El sistema es una herramienta de apoyo para el diseño y presupuestación de obras y prácticas de conservación de suelo y agua (**CONSA**).

Alcance: Orientar a los operadores en la formulación de proyectos de obras de conservación de suelo y agua, reducir el tiempo en la elaboración de presupuestos y proporcionar conocimientos prácticos, sencillos y confiables para el diseño de obras de almacenamiento y aprovechamiento de agua, control de azolves, protección de suelos y obras de infraestructura

Perspectiva del producto: Producto está diseñado para trabajar de manera independiente, sin interacción con otros sistemas.

Características del usuario: El usuario del sistema debe ser un técnico con conocimientos en el diseño de obras y prácticas de almacenamiento del agua y de conservación de suelos.

Requerimientos funcionales: El sistema utiliza modelos hidrológicos (método racional, modificado y método de curvas numéricas) para calcular el escurrimiento medio anual y máximo instantáneo, a partir de datos de precipitación, que servirán para determinar la capacidad de almacenamiento de agua en las presas; calcular la dimensiones de obras de demasías (vertedores); realizar el análisis estructural de las presas de mamposterías; determinar los volúmenes de obra (de acuerdo con la sección transversal de la boquilla); diseñar presas de control de azolves de diferentes materiales que serán construidas para retener sedimentos a fin de conservar la vida útil de las obras de almacenamiento; obras y prácticas de conservación del suelo como:

zanja bordos, terrazas y plantaciones con especies nativas o reforestaciones en el área de drenaje con sus tarjetas unitarias para la generación de presupuestos de las acciones a realizar.

El sistema es capaz de trabajar con un proyecto desde su etapa inicial hasta la final, cuyo producto es el presupuesto final y será solamente de apoyo. Las obras y acciones con las cuales trabajará el sistema son las siguientes:

Obras de almacenamiento:

- Presa de mampostería
- Bordo de tierra compactada.
- Olla de agua

Obras de control de azolve:

- Presa filtrante de gaviones
- Presa filtrante de piedra acomodada

Obras y prácticas de conservación de suelos:

- Zanjas bordo
- Zanjas trincheras
- Terrazas de base angosta
- Plantaciones en barreras vivas
- Cercado para establecimiento de obras de exclusión

Requerimientos no funcionales: La interfaz del usuario es sencilla y consecutiva. El mantenimiento del sistema depende del usuario para actualizar los precios unitarios³. La información almacenada puede consultarse y actualizarse permanente y simultáneamente. El sistema permite la incorporación de nuevas funciones y requerimientos sin afectar el código, por lo que el sistema está diseñado para permitir el desarrollo de nuevas funciones, modificar o eliminar funciones existentes después de su construcción y puesta en marcha inicial. Esto es, el sistema puede ser modificado, su uso es fácil por parte de los usuarios, no permite el cierre de una operación hasta

³ Es importante que la actualización de los precios unitarios sea autorizado por los responsables del Programa de Conservación del Suelo y Agua de acuerdo a la normatividad correspondiente.

que todos sus procesos, subprocesos y tareas relacionados, hayan concluido y cerrados satisfactoriamente.

4.1.1 Diagrama de flujo de datos.

Como parte del análisis de requerimientos, se elaboró un Diagrama de Flujo de Datos (DFD) el cual es una representación de los datos de entrada y las transformaciones que se realizan para obtener los datos de salida del sistema. Para modelar los procesos se emplean distintos niveles de abstracción, las funciones de un sistema y los datos que fluyen entre ellos. En los niveles superiores, se definen los sistemas en forma general y en los niveles inferiores se definen los sistemas en forma más detallada. (Vargas, 2007), sin embargo, se puede trabajar paralelamente con el diseño de datos del sistema, que es como se trabajó en este estudio.

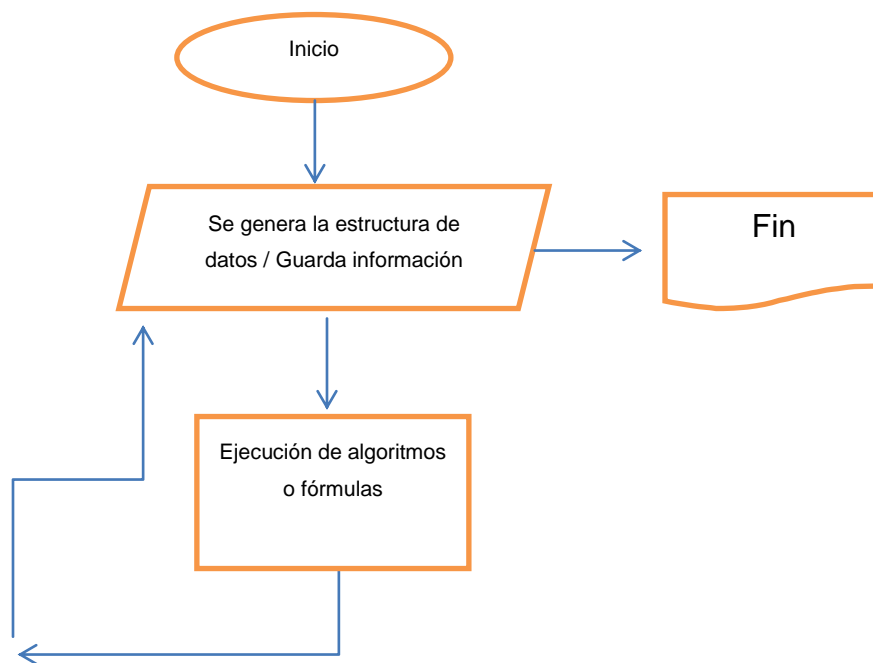


Figura 17. Diagrama de Flujo de Datos

4.2 Diseño del sistema

El diseño del sistema se compone de tres elementos: diseño de datos, diseño arquitectónico y diseño de interfaz. A continuación se describe la interpretación del

análisis de requerimientos para aplicar el procedimiento considerando los tres elementos señalados.

4.2.1 Diseño de datos.

El diseño de datos permite definir la estructura de estos, desde el nombre de la ventana, cuál sería su función, que objetos se utilizarán, los nombres de los objetos y el tipo de datos. En el sistema CONSA se diseñaron 52 ventanas, aquí se muestra solo el diseño de datos para la ventana 1 (Cuadro 7), en el cual se describen las características mencionadas en este párrafo.

Cuadro 7. Estructura de datos del sistema CONSA

No. Ventana	Nombre de archivo	Descripción	Nombre botones y listas	Tipo	Nombre de variables	Tipo
1	Datos Generales	Guardar los datos generales de un nuevo proyecto	Municipio Crear	QlineEdit qpush botom	Municipio1 Guardar1	Qstring bool
			Localidad	QlineEdit	Localidad1	Qstring
			Nombre	QlineEdit	Nombre1	Qstring
			Latitud	QlineEdit	Lat1	Qstring
			Longitud	QlineEdit	Long1	Qstring
			Nombre_cuenca	QlineEdit	Nombre_cuenca	Qstring
			Area_cuenca	QlineEdit	Area_cuenca	double
			Perímetro	QlineEdit	Perímetro	double
			Longitud del cauce	QlineEdit	Longitud	double
			Cota_inicial	QlineEdit	Cota_inicial	double
			Cota_final	QlineEdit	Cota_final	double
			Guardar	qpush botom	Guardar2	action
			Abrir	qpush botom	Abrir	action
			Siguiente	qpush botom	Siguiente	action

4.2.2 Diseño arquitectónico.

En el diseño arquitectónico se siguió el procedimiento denominado “diseño estructurado”, que es una colección organizada de los componentes del sistema, en este proceso se seleccionan los componentes y sus interconexiones entre ellos, para solucionar un problema específico (Torosi, 2010).

Un buen diseño estructurado es un ejercicio de separación y organización de los componentes del sistema. Entenderemos por separación, a la subdivisión de un problema en subproblemas, de tal forma que cada subproblema corresponda a una parte del sistema. Esto es, que un sistema está constituido por donde los datos de entrada de un subsistema son datos de entrada del otro, hasta concluir con la operación de todos.

El diseño estructurado persigue elaborar algoritmos que cumplan la propiedad de modularidad, para ello, dado un problema que se pretende resolver mediante la elaboración de un programa de computo, se busca dividir dicho programa en módulos, siguiendo los principios de diseño de descomposición por refinamientos sucesivos, creación de una jerarquía modular y elaboración de módulos independientes. Siguiendo los principios del diseño estructurado, la estructura general del sistema **CONSA**, quedó definido en cuatro módulos: **Menú, Inicio, Diseño de Obras y Presupuesto de obra** (Figura 18).

El **Menú** considera las ventanas de guardar y abrir proyecto; el **Inicio** incluye la apertura del nuevo proyecto, el catálogo de obras, las obras seleccionadas, los diseños de diferentes tipos de obras de almacenamiento, control de azolves y conservación de suelos; el **diseño de obra** considera los subsistemas para los cálculos hidrológicos, los diseños estructurales y las volumetrías de obras y los **Presupuestos** de obras incluyen las listas de precios unitarios y los costos para las diferentes obras y prácticas incluidas en el proyecto (Figura 18).

Los algoritmos empleados en el diseño arquitectónico del sistema son:

- El cálculo de variables hidrológicas (escurrimiento medio anual, escurrimiento máximo instantáneo y precipitación máxima en 24 horas para diferentes períodos de retorno, utilizando funciones probabilísticas).
- Los procedimientos y cálculos para obtener los volúmenes por almacenar, el diseño del vertedor de demasías, el análisis estructural de presas de almacenamiento.

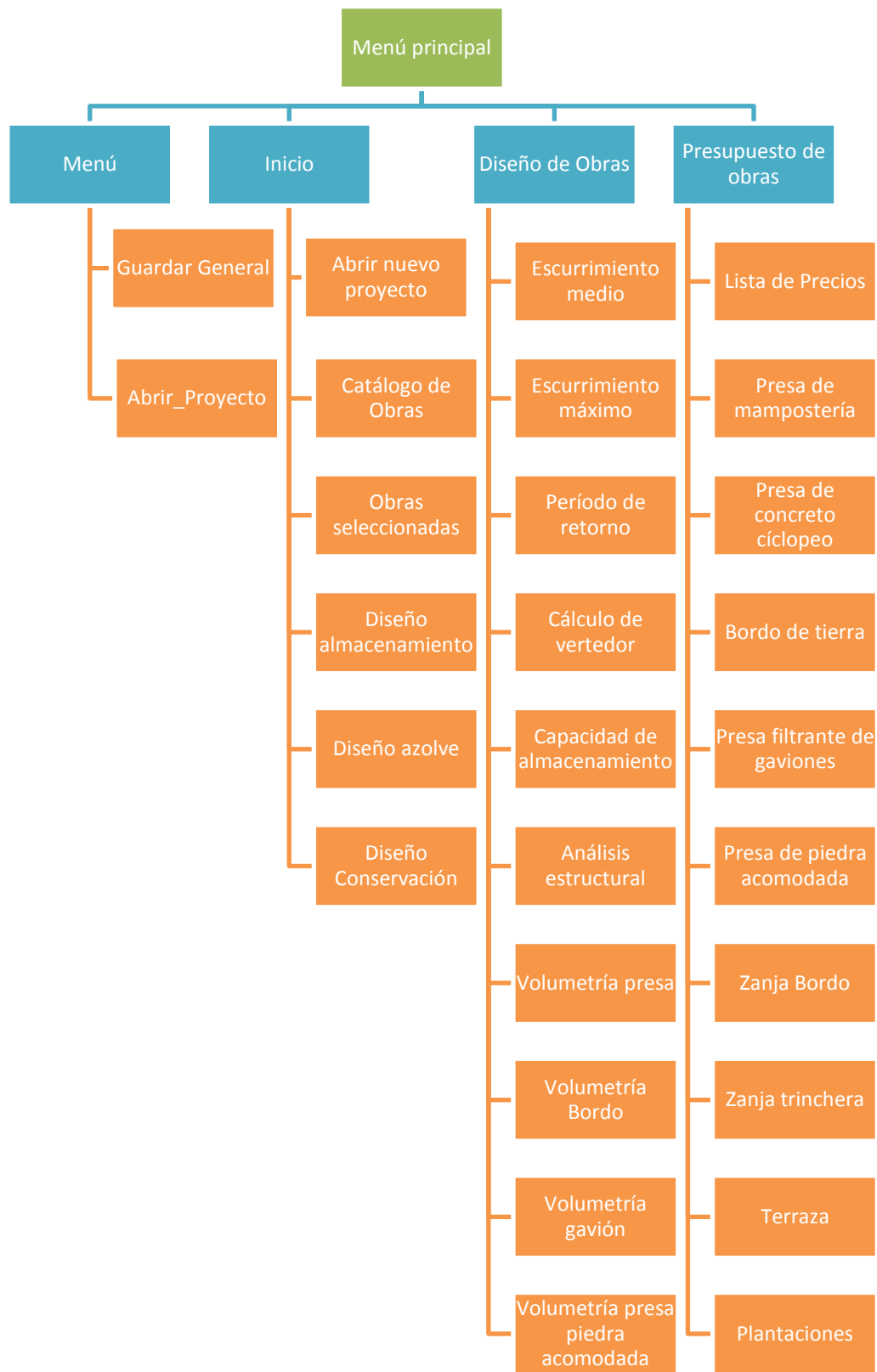


Figura 18. Estructura general del sistema CONSA

- Los criterios utilizados para el diseño de presas de control de azolves (gaviones y piedra acomodada) y el diseño de obras y prácticas de conservación de suelos (mecánicas y vegetativas).
- Los presupuestos que se utilizaron, los cuales fueron tomados de las experiencias adquiridas en otras construcciones de índole semejante.

Estos algoritmos empleados en el desarrollo y diseño del sistema de describen a continuación.

Escurrimiento medio anual.

Los escurrimientos superficiales se estiman con el método racional reportado por la (SARH-CP, 1982) y citado por Flores *et al.* (2003). La estimación del volumen anual escurrido de una cuenca, depende del área de drenaje, la precipitación media anual que se presenta en la misma y el coeficiente de escurrimiento ponderado de la cuenca, que es una función de los tipos y uso del suelo y de las pendientes del terreno de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Vm = A \cdot C \cdot Pm \cdot 10 \quad \dots\dots\dots(8)$$

Donde: Vm es el volumen medio anual que puede escurrir (m³); A es el área de la cuenca (ha); C es el coeficiente de escurrimiento⁴ (adimensional que varía de 0.1 a 1); Pm es la precipitación media anual en la cuenca (en mm); y 10 es un factor de conversión. El cuadro 8 muestra los coeficientes de escurrimiento utilizados para la aplicación del método racional.

Cuadro 8. Coeficientes de escurrimiento para los grupos hidrológicos de suelo y pendiente

Uso del suelo	A			B			C			D		
	0-2	2-6	6+	0-2	2-6	6+	0-2	2-6	6+	0-2	2-6	6+
% de pendiente												
Cultivo	0.8	0.13	0.16	0.11	0.15	0.25	0.14	0.19	0.26	0.18	0.23	0.31
Pastizal	0.12	0.2	0.3	0.18	0.28	0.37	0.24	0.34	0.44	0.3	0.4	0.5
Bosque	0.05	0.08	0.11	0.08	0.11	0.14	0.1	0.13	0.16	0.12	0.16	0.2

⁴ Los valores del coeficiente de escurrimiento C utilizado fueron propuestos por Rawls *et al.* (1981)

Escorrimento máximo instantáneo.

El escurrimento máximo instantáneo (m^3/s) se estima utilizando el método de las Curvas Numéricas desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS-CN).

El método de curvas numéricas considera el siguiente procedimiento:

- Estimar el escurrimento por evento (Q).
- Estimar el coeficiente de escurrimento (α) como una función del escurrimento por evento (Q) entre la precipitación máxima en 24 horas (P).
- Calcular el escurrimento máximo instantáneo con el método racional modificado.

Para estimar el escurrimento medio por evento, se utiliza la fórmula (9) que considera la precipitación máxima en 24 horas y las abstracciones iniciales ($0.2S$) que representa la porción de la precipitación que queda retenida en la vegetación o en las pequeñas depresiones antes de escurrir.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad \dots\dots\dots(9)$$

Si $P > 0.2S$ $Q > 0$ Se produce escurrimento

Si $P \leq 0.2S$ $Q = 0$ No se produce escurrimento

Donde: Q es el escurrimento medio (mm); P es la precipitación máxima en 24 horas (mm), y S es la retención máxima potencial (mm) que se estima a partir de una relación empírica como la que se muestra a continuación:

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254 \text{ para (S en mm)} \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$CN = \frac{25,400}{254 + S} \quad \dots\dots\dots(11)$$

$S = 0$ cuando $CN = 100$

$S = \infty$ cuando $CN = 0$

CN = Valor de la curva numérica

El método de curvas numéricas considera el uso del suelo, el tratamiento o prácticas de manejo del suelo y de la vegetación, la condición hidrológicas de la cobertura vegetal y

de los grupos de suelos y con base a estas variables, se obtiene un valor de la curva numérica para la condición de humedad 2 (Cuadro 9).

Cuadro 9. Curvas Numéricas (CN) utilizada para estimar el escurrimiento superficial bajo diferentes condiciones de suelo-cobertura y manejo (Condición de humedad 2=0.2S)

Uso del suelo	Tratamiento o práctica	Condición hidrológica	Grupo de suelos			
			A	B	C	D
Suelo en descanso	Surcos rectos		77	86	91	94
Cultivo de escarda	Surcos rectos	Mala	71	81	88	91
Cultivo de escarda	Surcos rectos	Regular	70.5	80	86	89.5
Cultivo de escarda	Surcos rectos	Buena	67	78	85	89
Cultivo de escarda	Curva a nivel	Mala	70	79	84	88
Cultivo de escarda	Curva a nivel	Regular	68	76.5	82	85
Cultivo de escarda	Curva a nivel	Buena	65	75	82	86
Cultivo de escarda	Terraza y curva a nivel	Mala	66	74	80	82
Cultivo de escarda	Terraza y curva a nivel	Regular	65.5	75	82	85
Cultivo de escarda	Terraza y curva a nivel	Buena	62	71	78	81
Cultivos tupidos	Surcos rectos	Mala	65	76	84	88
Cultivos tupidos	Surcos rectos	Regular	64	75	83	86.5
Cultivos tupidos	Surcos rectos	Buena	63	75	83	87
Cultivos tupidos	Curva a nivel	Mala	63	74	82	85
Cultivos tupidos	Curva a nivel	Regular	62	73	80.5	83.5
Cultivos tupidos	Curva a nivel	Buena	61	73	81	84
Cultivos tupidos	Terraza y curva a nivel	Mala	61	72	79	82
Cultivos tupidos	Terraza y curva a nivel	Regular	63.5	74.5	82	83.5
Cultivos tupidos	Terraza y curva a nivel	Buena	59	70	78	81
Leguminosas en hilera o forraje en rotación	Surcos rectos	Mala	66	77	85	85
Leguminosas en hilera o forraje en rotación	Surcos rectos	Regular	65	76	84	85
Leguminosas en hilera o forraje en rotación	Surcos rectos	Buena	58	72	81	85
Leguminosas en hilera o forraje en rotación	Curva a nivel	Mala	64	75	83	85
Leguminosas en hilera o forraje en rotación	Curva a nivel	Regular	63.5	74	81.5	84
Leguminosas en hilera o forraje en rotación	Curva a nivel	Buena	55	69	78	83
Leguminosas en hilera o forraje en rotación	Terraza y curva a nivel	Mala	63	73	80	83
Leguminosas en hilera o forraje en rotación	Terraza y curva a nivel	Regular	65.5	76	83	86
Leguminosas en hilera o forraje en rotación	Terraza y curva a nivel	Buena	51	67	76	80
Pastizales	Sin tratamiento mecánico	Mala	68	79	86	89
Pastizales	Sin tratamiento mecánico	Regular	49	69	79	84
Pastizales	Sin tratamiento mecánico	Buena	39	61	74	80
Pastizales	Curva a nivel	Mala	47	67	81	88
Pastizales	Curva a nivel	Regular	25	59	75	83
Pastizales	Curva a nivel	Buena	6	35	70	79
Pasto de corte		Buena	30	58	71	78
Bosque		Mala	45	66	77	83
Bosque		Regular	36	60	73	79
Bosque		Buena	25	55	70	77
Caminos de tierra		Buena	72	82	87	89
Caminos pavimentados		Buena	74	84	90	92

El modelo de predicción permite valorar los escurrimientos para varios usos del suelo con el uso de las curvas numéricas (CN), que pueden modificarse por las prácticas y manejo del suelo, convirtiéndose en un indicador de eficiencia para valorar el impacto de las obras y prácticas de manejo del suelo y la vegetación para aumentar o reducir los escurrimientos superficiales, según sea el caso.

La condición hidrológica de los diferentes usos del suelo está orientada a valorar la capacidad de la vegetación para reducir los escurrimientos y favorecer la infiltración del agua en el suelo, razón por la cual, para cada uso del suelo se tienen tres condiciones hidrológicas: Mala, cuando existe poca vegetación (menos del 50% de cobertura vegetal) con poca capacidad de infiltración y mayor potencial para escurrir; Regular con una cobertura vegetal entre 50 a 75% y que indica capacidades similares para permitir la infiltración y el escurrimiento y Buena (más de 75%) que indica una mayor capacidad para la infiltración y menor potencial para el escurrimiento (Cuadros 10 y 11).

Cuadro 10. Condición hidrológica (mala, regular y buena) para diferentes usos del suelo

Uso del suelo	Condición hidrológica
Pastos naturales	Pastos en condiciones malas , dispersos, fuertemente pastoreados con menos que la mitad del área total con cobertura vegetal. Pastos en condiciones regulares , moderadamente pastoreados con la mitad o las tres cuartas partes del área total con cubierta vegetal. Pastos en buenas condiciones , ligeramente pastoreados y con más de las tres cuartas partes del área total con cubierta vegetal.
Áreas boscosas	Áreas en condiciones malas , tienen árboles dispersos y fuertemente pastoreados sin crecimiento rastrero. Áreas de condiciones regulares , son moderadamente pastoreadas y con algo de crecimiento. Áreas buenas , están densamente pobladas y sin pastorear.
Pastizales mejorados	Pastizales mezclados con leguminosas sujetas a un cuidadoso sistema de manejo de pastoreo. Son considerados como buenas condiciones hidrológicas.
Rotación de praderas	Praderas densas, moderadamente pastoreadas, usadas en una rotación de cultivos y praderas bien planeada se consideran como que están en buenas condiciones hidrológicas. Áreas con material disperso, sobrepastoreado se consideran como malas condiciones hidrológicas.
Cultivos	Condiciones hidrológicas buenas se refieren a cultivos los cuales forman parte de una buena rotación de cultivos (cultivos de escarda, praderas, cultivos tupidos). Condiciones hidrológicas malas se refiere a cultivos manejados basándose en monocultivos.

Cuadro 11. Condición hidrológica relacionada con el porcentaje de cobertura vegetal

Condición hidrológica:	
<i>Buena</i>	Cobertura > del 75 %.
<i>Regular</i>	Cobertura entre 50 % y 75 %.
<i>Mala</i>	Cobertura < del 50 %.

Un factor que influye en los escurrimientos es el tipo del suelo, por lo que el modelo del SCS define cuatro grupos de suelos (A, B, C y D) en función de la textura y su capacidad de infiltración básica (Cuadro 12).

Cuadro 12. Grupos de suelos asociados a su potencial de escurrimiento e infiltración

Grupo de suelos	Características del suelo
A	Suelo con bajo potencial de escurrimiento, incluye arenas profundas con muy poco limo y arcilla; también suelo permeable con grava en el perfil. Infiltración básica 8-12 mm/hr
B	Suelos con moderadamente bajo potencial de escurrimiento. Son suelos arenosos menos profundos y más agregados que el grupo A. Este grupo tiene una infiltración mayor que el promedio cuando húmedo. Ejemplos: suelos migajones, arenosos ligeros y migajones limosos. Infiltración básica 4-8 mm/hr
C	Suelos con moderadamente alto potencial de escurrimiento. Comprende suelos someros y suelos con considerable contenido de arcilla, pero menos que el grupo D. Este grupo tiene una infiltración menor que la promedio después de saturación. Ejemplo: suelos migajones arcillosos. Infiltración básica 1-4 mm/hr
D	Suelos con alto potencial de escurrimiento. Por ejemplo, suelos pesados, con alto contenido de arcillas expandibles y suelos someros con materiales fuertemente cementados. Infiltración básica menor 1 mm/hr

El modelo de predicción de los escurrimientos superficiales del SCS es dinámico ya que define tres condiciones de humedad (seca, normal y húmeda) de acuerdo a las precipitaciones acumuladas en los cinco días previos (Cuadro 13).

Cuadro 13. Condición de humedad antecedente

CONDICIÓN HUMEDAD ANTECEDENTE	PRECIPITACIÓN ACUMULADA EN LOS CINCO DÍAS PREVIOS AL EVENTO EN CONSIDERACIÓN
CN ₁ - SECA	0 - 12.7 mm
CN ₂ - NORMAL	12.7 - 38.1 mm
CN ₃ - HÚMEDA	> 38.1 mm

Para predecir los escurrimientos superficiales para cierto uso del suelo, diferentes condiciones de manejo, hidrológicas y de tipo de suelo, se selecciona el valor de CN₂ que corresponde a la condición de humedad antecedente normal, que indica que en los cinco días previos al evento se presentó una precipitación entre 12.7 a 38.1 mm. Si la precipitación fuera menor o mayor que estos valores entonces se pueden obtener las CN₁ para la condición seca o CN₃ para la condición húmeda, a partir de CN₂, utilizando las fórmulas 12 y 13 respectivamente.

$$CN_1 = CN_2 - \frac{20(100 - CN_2)}{100 - CN_2 + \exp [2.533 - 0.0636(100 - CN_2)]} \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$CN_3 = CN_2 \exp [0.00673(100 - CN_2)] \quad \dots\dots\dots(13)$$

El escurrimiento máximo instantáneo para un período de retorno dado se estima utilizando el método racional modificado, que es función del área de drenaje (A), la precipitación máxima en 24 horas y del coeficiente α como aparece a continuación:

$$Q_p = \frac{\alpha P A}{360} \quad \dots\dots\dots(14)$$

Donde: Q_p es el escurrimiento máximo instantáneo (m^3/s); α es el coeficiente de escurrimiento (Q/P); P es la precipitación máxima en 24 horas (mm); A es el área de drenaje (ha) y 360 es un factor de ajuste de unidades

La precipitación máxima en 24 horas para un período de retorno dado debe convertirse en intensidad de la lluvia; para lo cual, la precipitación debe dividirse entre el tiempo de concentración (T_c) que se obtiene con la siguiente ecuación:

$$T_c = 0.02 \frac{L^{1.15}}{H^{0.38}} \quad \dots\dots\dots(15)$$

Donde: T_c es el tiempo de concentración (minutos); L es la longitud de la corriente principal (m); y H es la diferencia en elevación entre el sitio más alejado de la cuenca y la salida (m).

Precipitación máxima en 24 horas para diferentes períodos de retorno

Para la obtención de la precipitación máxima en 24 horas para un período de retorno se propuso utilizar tres métodos: 1) la distribución probabilística de valores extremos denominada Gumbel tipo 1, 2) el análisis de distribución probabilística Log-Pearson III y 3) el procedimiento propuesto por Weibull. A continuación se describen estos métodos.

Distribución probabilística de valores extremos, Gumbel tipo 1

Las precipitaciones máximas para diferentes períodos de retorno se estiman utilizando la distribución probabilística de valores extremos denominada Gumbel tipo I, esta es una distribución de valores extremos, formulada por Gumbel (1941) y posteriormente por Chow (1954), es una distribución logarítmica normal, para lo cual, el valor extremo o valor máximo X se obtiene mediante la ecuación (16) de análisis de frecuencia (Ramírez, 2006)

$$F(x) = \exp\left[-\exp\left(1 - k \frac{x - u}{\alpha}\right)^{1/k}\right] \quad \infty \leq x \leq \infty \quad \dots\dots\dots(16)$$

La función de Gumbel Tipo 1 utiliza dos parámetros α y μ que se obtienen utilizando las expresiones de las fórmulas 17 y los parámetros y_t y x_t que se requieren en la distribución probabilística, se calculan con las expresiones 18 y 19.

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}s}{\pi} \quad \dots\dots\dots(17)$$

$$u = \bar{x} - 0.5772\alpha$$

$$y_T = -\ln\left[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right] \quad \dots\dots\dots(18)$$

$$x_T = u + \alpha y_T \quad \dots\dots\dots(19)$$

Período de retorno con la expresión de Weibull

El procedimiento propuesto por Weibull, consiste en una distribución gráfica que desarrolló Weibull (1939), a partir de la cual se predicen eventos de precipitación en función del período de retorno T_r , de dichos eventos. Para su aplicación se debe arreglar el registro de todas las intensidades de precipitación de la estación en estudio en orden decreciente, a su vez se asigna a cada dato un número de orden m , que va desde el número 1 hasta un valor n , que representa el tamaño de la muestra, seguidamente se estima el período de retorno mediante la ecuación (20 Y 21), para cada duración de precipitación (Ramírez, 2006).

La probabilidad de excedencia (P) se obtiene con la siguiente expresión.

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100 \quad \dots\dots\dots(20)$$

El período de retorno (T) se estima como el inverso de la probabilidad de excedencia de una determinada lluvia.

$$T = \frac{1}{P} \quad \dots\dots\dots(21)$$

Análisis de distribución Log-Pearson III

El análisis de distribución probabilística Log-Pearson III, fue desarrollada por Foster en el año 1924, el cual consiste principalmente en transformar los valores extremos X en sus correspondientes logaritmos, según se expresa en la ecuación (22), con la diferencia de que el valor de K no solo depende de Tr, sino que también es función del coeficiente de asimetría g, el cual indica que tan separados están los datos o valores de la distribución con respecto a la normal de Gauss, (Ramírez, 2006)

La distribución Log-Pearson III se basa en los siguientes estadígrafos:

$$\overline{\text{Log}(x)} = \frac{\sum \log(x)}{n} \quad \dots\dots\dots(22)$$

$$S_{\log(x)} = \sqrt{\frac{\sum (\log(x) - \overline{\log(x)})^2}{n-1}} \quad \dots\dots\dots(23)$$

$$g = \frac{n}{(n-1) * (n-2) * (S_{\log(x)})^3} * \sum (\log(x) - \overline{\log(x)})^3 \quad \dots\dots\dots(24)$$

Donde: Log(x) es el promedio de los logaritmos; Slog(x) es la desviación estándar de los logaritmos; g es el coeficiente de asimetría de los logaritmos; y n es el número de datos de la muestra.

Una vez calculados estos parámetros, las precipitaciones asociadas a distintos períodos de retorno se obtienen de:

$$P = 10^{\overline{\log(x)} + K * S_{\log(x)}} \dots\dots\dots(25)$$

Donde K es el factor de frecuencia, para distintos períodos de retorno en función del coeficiente de asimetría. (Anexo 1).

Cabe señalar que el escurrimiento máximo instantáneo, para un período de retorno dado, también se conoce como la avenida máxima de diseño en m³/s, se utiliza en el diseño de las obras para el manejo de los excesos de agua, conocidos como vertedores de demasías.

Capacidad de almacenamiento

La capacidad de almacenamiento de una presa se estima como el volumen que puede retener en un vaso de almacenamiento, a nivel de aguas normales. Esta se calcula una vez definido el sitio donde se ubicara la presa y se conoce la cota del fondo del río (boquilla o sección transversal). Con apoyo de Autocad se miden las áreas entre las curvas a nivel.

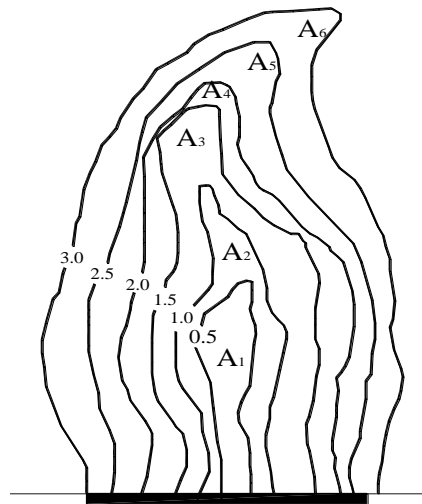


Figura 19. Áreas capacidades de una presa de almacenamiento

Posteriormente se multiplica el área entre curvas (Figura 19) por la equidistancia entre ellas para obtener el volumen por almacenar para una determinada altura de la presa que se denomina un volumen parcial para cierta cota. Este procedimiento se continúa para las diferentes cotas y se obtienen los volúmenes parciales, los cuales se suman para calcular el volumen total almacenado.

Cálculo del vertedor

Las obras de excedencia se construyen para desalojar los volúmenes de agua que no pueden retenerse en el vaso de la presa y que son producto de las avenidas extraordinarias que llegan y transitan por la obra de almacenamiento. En la mayor parte de los casos, especialmente para las estructuras que tienen un gran volumen de almacenamiento, la avenida para el diseño del proyecto es la avenida máxima probable, que se define como la avenida que puede esperarse razonablemente en una corriente en un punto determinado (COLPOS, 2010).

La descarga sobre la cresta de un vertedor tipo cimacio se calcula con la fórmula de Francis:

$$Q = CLH^{3/2} \quad \dots\dots\dots(26)$$

Donde: Q es el gasto de diseño (m^3/s); C es el coeficiente del vertedor tipo lavadero, y descarga directa ($C=1.45$, Cimacio $C= 2$); L es la longitud de la cresta (m); y H es la carga de diseño (m).

Después calcular la avenida de diseño, existen dos variables que influyen para la selección de la longitud de la cresta vertedora.

1. Si tiene restricción topográfica (no hay vaso suficiente), se propone la carga y despejando de la ecuación 27 se determina la longitud de acuerdo con la siguiente expresión.

$$L = \frac{Q}{C \cdot H^{3/2}} \quad \dots\dots\dots(27)$$

2. Si tiene restricción hidrológica (no hay agua suficiente), se propone la longitud y despejando de la ecuación 28 se determina la carga de acuerdo a:

$$H = \left(\frac{Q}{C \cdot L}\right)^{2/3} \quad \dots\dots\dots(28)$$

Análisis estructural de presa para almacenamiento de mampostería

El diseño de la presa se basa en el análisis estructural propuesto por López y Oropeza (2009) para presas de tipo gravedad en las que todas las fuerzas que intervienen en la estabilidad de la obra están equilibradas por el propio peso de la estructura. En este

método se busca que la resultante de las fuerzas actuantes quede dentro del tercio medio de la base de la presa, evitando con ello que se presenten tensiones (Figura 20). Para el diseño de una presa de mampostería se toman en cuenta los criterios para el cálculo del ancho de la corona, la base de la presa, la estabilidad de la presa y los factores de seguridad en contra del volteo y deslizamiento que son necesarios para el análisis estructural de la presa, como se detalla a continuación.

a) Cálculo de ancho de la corona (e):

Para realizar el cálculo se deben analizar las fuerzas que actúan sobre la estructura que son el empuje hidrostático (F), el peso de la sección transversal de la estructura propuesta (W) y la fuerza de supresión (S) (Figuras 20 y 21). Para el análisis de las fuerzas que se presentan en la presa se obtienen los momentos con respecto a “n” y sus expresiones para el cálculo se muestra en la Figura 21.

Definición de variables:

- h = Altura efectiva de la presa (m)
- Ht = Altura total de la presa (m)
- B = Ancho de la base (m)
- e = Ancho de la corona (m)
- Hl = Bordo libre (m)
- Hd = Carga sobre la cresta del vertedor (m)
- F = Empuje hidrostático (kg)
- W_1 = Peso de la sección rectangular de la cortina (kg)
- W_2 = Peso de la sección triangular de la cortina (kg)
- K = Coeficiente de subpresión (adim.)
- γ = Peso específico de la mampostería (kg/m^3)
- ω = Peso específico del agua con sedimentos (kg/m^3)
- S = Subpresión (kg)

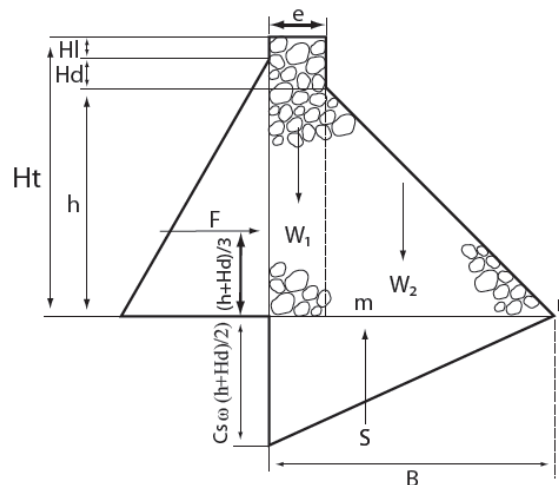
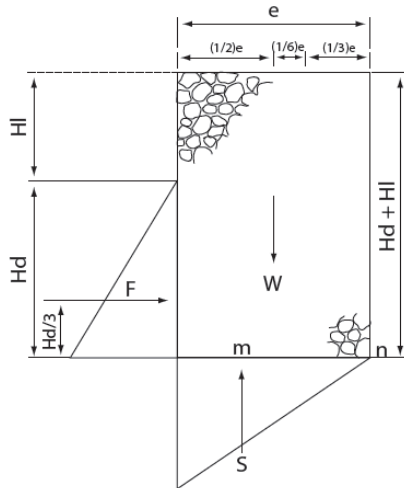


Figura 20. Fuerzas que actúan en una presa de gravedad



Fuerza (kg)	Brazo (m)	Momento (kg-m)
$w = \gamma e (Hd + Hl)$	$-\frac{1}{6} e$	$-\frac{1}{6} e^2 \gamma (Hd + Hl)$
$F = \frac{\omega (Hd)^2}{2}$	$\frac{1}{3} Hd$	$\frac{1}{3} \omega Hd^3$
$S = -\frac{K \omega Hd e}{2}$	$-\frac{1}{3} e$	$\frac{1}{6} K \omega Hd e^2$

$$\Sigma Mn \quad \frac{1}{6} K \omega Hd e^2 - \frac{1}{6} \gamma (Hd + Hl) e^2 + \frac{1}{6} \omega (Hd)^3$$

Figura 21. Fuerzas que actúan sobre la estructura

Para que la resultante de los momentos pase por el tercio medio se supone que $\Sigma Mn=0$, por lo tanto:

$$\frac{1}{6} K \omega Hd e^2 - \frac{1}{6} \gamma (Hd + Hl) e^2 + \frac{1}{6} \omega (Hd)^3 = 0 \quad \dots\dots\dots(29)$$

Simplificando y despejando el ancho de la corona “e” se obtiene la siguiente expresión:

$$e = \sqrt{\frac{\omega (Hd)^3}{\gamma (Hd + Hl) - K \omega Hd}} \quad \dots\dots\dots(30)$$

Donde:

- e = Ancho de la corona (m)
- ω = Peso específico del agua con sedimentos (kg/m³)
- γ = Peso específico del material de la cortina (kg/m³)
- Hd = Carga de trabajo del vertedor (m)
- Hl = Bordo libre (m)
- K = Coeficiente de supresión (adimensional)

Los valores de K pueden variar de 0 a 1 (0 para roca, 1/3 para arcilla, 1/2 para textura franca y 2/3 para arena).

b) Cálculo de la base de la presa

Con base en la Figura 23, se procede a obtener los momentos con respecto al punto “n”. Las fuerzas que se consideran en el análisis son:

W1 = Peso de la sección rectangular de la cortina (kg)

W2 = Peso de la sección triangular de la cortina (kg)

F = Empuje hidrostático del agua (kg)

S = Fuerza de Supresión (kg)

Obteniendo los momentos con respecto a “n” se obtiene la fuerza, el brazo y el momento como se presenta en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Cálculo de momentos con respecto a n

Fuerza (kg)	Brazo (m)	Momento (kg-m)
$F = \frac{\omega (h + Hd)^2}{2}$	$\frac{1}{3}(h + Hd)$	$\frac{1}{6} \omega (h + Hd)^3$
$W_1 = \gamma e Ht$	$-\frac{2}{3}B + \frac{1}{2}e$	$\frac{1}{2}e^2 \gamma Ht$ $-\frac{2}{3}e B \gamma Ht$ $\frac{2}{3}\gamma h B e$
$W_2 = \frac{\gamma h (B - e)}{2}$	$-\frac{1}{3}B + \frac{2}{3}e$	$-\frac{1}{6}\gamma h B^2$ $-\frac{1}{3}\gamma h e^2$
$S = -\frac{1}{2}K \omega (h + Hd) B$	$-\frac{2}{3}B$	$\frac{1}{6}K \omega (h + Hd) B^2$

Para tener la seguridad de que no se presenten tensiones, la resultante de las fuerzas deben pasar por el tercio medio de la base, siendo el límite cuando dicha resultante pasa por “n”, con lo cual la suma de momentos con respecto al punto “n” deberá ser igual a cero, es decir, $\sum Mn=0$.

$$\sum Mn = \frac{1}{6}K \omega (h + Hd)B^2 - \frac{1}{6}\gamma h B^2 + \frac{1}{2}e\gamma h B - \frac{2}{3}e\gamma HtB + \frac{1}{2}e^2\gamma Ht - \frac{1}{3}e^2\gamma h + \frac{1}{6}\omega (h + Hd)^3 = 0$$

Realizando operaciones y agrupando se tiene:

$$K \omega (h + Hd)B^2 - \gamma h B^2 + 3e\gamma h B - 4e\gamma Ht B + 3e^2\gamma Ht - 2e^2\gamma h + \omega(h + Hd)^3 = 0$$

$$(K \omega (h + Hd) - \gamma h)B^2 + (\gamma e(3h - 4Ht))B + \gamma e^2(3Ht - 2h) + \omega(h + Hd)^3 = 0$$

Siendo esta última una ecuación cuadrática del tipo $ax^2+bx+c=0$, se puede encontrar el valor de “B” que la satisface por medio de la ecuación general:

$$B = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \dots\dots\dots(31)$$

Donde:

$$a = K \omega (h + Hd) - \gamma h$$

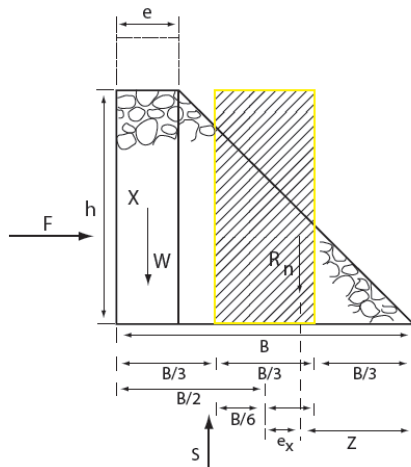
$$b = \gamma e (3h - 4Ht)$$

$$c = \gamma e^2 (3Ht - 2h) + \omega (h + Hd)^3$$

Las variables B, a, b y c ya han sido definidas y para encontrar el valor de “B” es necesario haber calculado antes el ancho de la corona “e”, con la ecuación 30, para así calcular los valores de las variables a, b y c, y sustituirlos en la ecuación 31.

c) Estabilidad de la presa

Una vez calculada la base, se puede utilizar el siguiente procedimiento para verificar la estabilidad de la presa y obtener una economía técnica en las dimensiones de la presa (Figura 22):





Donde:

- F = Fuerza de empuje (kg)
- h = Altura efectiva de la presa (m)
- B = Base de la presa (m)
- e = Ancho de la corona (m)
- S = Subpresión (kg)
- x = Centroide (m)
- W = Peso de la presa (kg)
- Rn = Resultante normal
- ex = excentricidad (m)
- z = Brazo de palanca (m)

Figura 22. Fuerzas a considerar en la estabilidad de una presa

Con base en la Figura 22, se puede determinar el centro de gravedad de las partes de la presa como se muestra en el Cuadro 15:

Cuadro 15. Centro de gravedad y área

Centros de gravedad y área			
Figura	Centro de gravedad (X)	Área (A)	Producto XA
	$\frac{e}{2}$	$e * h$	$\frac{e^2 h}{2}$
	$\frac{(B - e)}{3} + e$	$(B - e) * \left(\frac{h}{2}\right)$	$\left[\frac{(B - e)}{3} + e\right] * \left[(B - e) * \left(\frac{h}{2}\right)\right]$
		$\sum A$	$\sum XA$

A partir de los datos del centro de gravedad de las partes de la presas y sus áreas se puede obtener el producto del centro gravedad y el área como se muestra en el Cuadro 15 y la Figura 25. Estos valores son utilizados para obtener el centro de gravedad de la presa utilizando las siguientes relaciones:

Centro de gravedad de la presa (X):

$$X = \frac{\sum XA}{\sum X} \dots\dots\dots(32)$$

Peso de la presa de mampostería (W):

$$W = \gamma * \sum A \quad \dots\dots\dots(33)$$

Fuerza de empuje de los sedimentos (F):

$$F = \gamma_{az} * \left(\frac{h^2}{2}\right) \quad \dots\dots\dots(34)$$

γ_{az} = Peso específico del azolve (kg/m^3). Puede variar de 1,100 a 1,400 kg/m^3 .

Supresión del agua (S):

$$S = \frac{K \gamma_a h B}{2}$$

Donde: γ_a = Peso específico del agua = 1,000 kg/m^3 .

La resultante normal se calcula a partir de:

$$R_n = W - S \quad \dots\dots\dots(35)$$

Y el espaciamiento z se calcula con la fórmula:

$$z = \frac{W(B - X) - F\left(\frac{h}{3}\right) - S\left(2\frac{B}{3}\right)}{R_n} \quad \dots\dots\dots(36)$$

Conociendo z se puede calcular la excentricidad (e_x) utilizando la siguiente relación:

$$e_x = \frac{B}{2} - z \quad \dots\dots\dots(37)$$

Para finalmente calcular un factor de seguridad R a través de la relación:

$$R = 600 * \left(\frac{e_x}{B}\right) \quad \dots\dots\dots(38)$$

Este procedimiento se realiza por tanteos en donde se afina el valor de la base (B) calculada previamente, hasta obtener una R que se aproxime a 90%. Si la R es mayor

que 90%, es necesario aumentar el tamaño de la base y desarrollar nuevamente los cálculos anteriores; si la R es menor de 90%, hay que reducir el tamaño de la base.

Factores de seguridad

Volteo

Existe una tendencia de las presas de gravedad al volcarse girando alrededor del talón de aguas abajo en la cimentación o alrededor de la arista de aguas abajo de cada sección horizontal. El factor de seguridad al volteo se define como la razón de la suma de momentos de las fuerzas opuestas al volteo entre la suma de momentos de las fuerzas activas de volteo.

Deslizamiento

La fuerza horizontal tiende a deslizar la presa en una dirección horizontal. Esta tendencia contrarresta las resistencias producidas por la fricción y por la resistencia al corte del concreto o la cimentación. Es necesario distinguir entre el llamado factor de deslizamiento (F.S) y el factor de fricción por corte (F.C). El factor de fricción del corte de un sistema normalmente se emplea en las presas altas.

Las características cohesivas del concreto o de la roca que afectan mucho al factor de fricción de corte, deben de determinarse por medio de pruebas especiales de laboratorio o estimarse por algún ingeniero especialista que haya tenido casos semejantes

Para que no haya deslizamiento se debe cumplir que:

$$F.C. > F.S.$$

Cálculo del colchón hidráulico.

El colchón hidráulico es una estructura disipadora de energía que sirve para cambiar el régimen de escurrimiento de supercrítico a subcrítico en una longitud determinada,

produciéndose en ella el salto hidráulico. El diseño del colchón amortiguador consiste en encontrar su longitud y profundidad, de tal modo que en su interior se produzca un salto hidráulico que disipe la energía que obtiene el agua al caer desde la cresta vertedora al fondo de la sección transversal (López y Oropeza, 2009)

Para obtener las dimensiones del tanque amortiguador se aplica el siguiente procedimiento:

1. Gasto Unitario (q). Con los valores de avenida de diseño (Q) y la longitud de cresta (L), se obtiene el gasto unitario por metro de longitud de cresta mediante la relación siguiente:

$$q = \frac{Q}{L} \quad \dots\dots\dots(39)$$

2. Tirante conjugado menor. Se propone un valor para el tirante conjugado menor (d1), mismo que se verifica dentro de los cálculos.

3. Altura Total de Caída (Z). Se propone la elevación del piso del canal de descarga y la profundidad se define con la altura del cimacio desde su cresta hasta el piso del tanque amortiguador, y se calcula:

$$Z = Hd + a - d1 \quad \dots\dots\dots(40)$$

Donde: Z es la altura total de la caída (m); a es la altura del cimacio desde su cresta hasta el piso del tanque amortiguador (m); y d1 = Tirante conjugado menor propuesto (m).

4. Velocidad al pie del cimacio. Se calcula la velocidad (V1) del agua de la sección del tirante conjugado menor (d1), como se muestra:

$$V1 = \sqrt{2gZ} \quad \dots\dots\dots(41)$$

5. El tirante conjugado menor (d1) se obtiene con la siguiente ecuación:

$$d_1 = \frac{q}{V_1} \quad \dots\dots\dots(42)$$

Una vez obtenido el tirante d_1 que se conoce como “conjugado menor” se calcula el conjugado mayor d_2 , que es la altura de la superficie libre del agua al final del salto hidráulico.

6. El número de Froude.

El número de Froude está dado por la fórmula:

$$Fr = \frac{V_1}{\sqrt{g d_1}} \quad \dots\dots\dots(43)$$

Donde: Fr es el número de Froude (adimensional); V_1 es la velocidad de agua en la sección donde se presenta el tirante conjugado menor al pie del cimacio (m/s); d_1 es el tirante conjugado menor (m); y g es la aceleración de la gravedad (9.81 m/s²). Se busca que el valor de este número se encuentre entre 4.5 y 9.0 para tener un salto hidráulico claro y estable. Cuando se tengan números de Froude menores de 4.5 se profundiza el tanque, dentro de lo económico, para lograr este tipo de resalto.

7. Conjugado mayor

Una vez obtenido el tirante d_1 que se conoce como “conjugado menor” se calcula el conjugado mayor d_2 , que es la altura de la superficie libre del agua al final del salto hidráulico.

$$d_2 = -\frac{d_1}{2} + \sqrt{\left(\frac{d_1^2}{4}\right) + \left(\frac{2v_1^2 d_1}{g}\right)} \quad \dots\dots\dots(44)$$

Para que el salto se presente en el interior del colchón hidráulico y no en áreas desprotegidas donde causaría daños al cauce, se debe cumplir con las siguientes condiciones (SARH, 1987):

$$L = 5(d_2 - d_1) \quad \dots\dots\dots(45)$$

$$P = d_2 - d_c$$

Donde: L es la longitud del colchón hidráulico (m) y P es la profundidad del colchón hidráulico (m)

Debido al costo de una excavación para darle profundidad al colchón hidráulico es preferible interpretar a P como la altura del dentellón final.

8. La longitud del tanque amortiguador. La longitud (LT) del tanque amortiguador se obtiene aplicando la relación:

$$LT = 7 (d_2 - d_1) \quad \dots\dots\dots(46)$$

9. Profundidad del tanque amortiguador con régimen uniforme en el canal de descarga. La profundidad (p) del tanque amortiguador se obtiene con la expresión siguiente:

$$p = 1.15d_2 - Y_0 \quad \dots\dots\dots(47)$$

Donde: p es la profundidad del tanque (m) y Y₀ es el tirante normal de escurrimiento en el canal de descarga en m (tirante del río)

Si no se cuenta con Y₀ se usa el Y_c crítico del río, el cual se calcula de la siguiente forma:

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{L^2 g}} \quad \dots\dots\dots(48)$$

Volumetría de presa de mampostería

Se obtiene el área de todos los triángulos (Figura 23) de acuerdo a las alturas que se capturan en el sistema, con las siguientes fórmulas:

Altura de triángulo= altura (la de encadenamiento) - carga de vertedor-bordo libre

Ancho de triángulo= talud generado aguas abajo * altura de triángulo

Área de triángulo = (altura de triángulo* ancho de triángulo) / 2

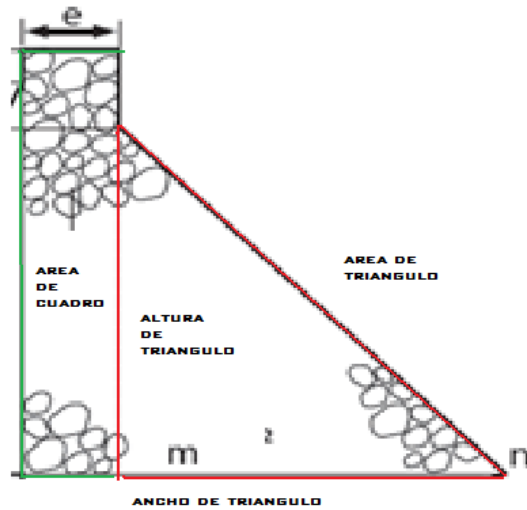


Figura 23. Presa de mampostería para calcular volumen

Se obtiene el área de todos los rectángulos de acuerdo a las alturas que se capturan.

Área de cuadrado= ancho de corona* altura (de encadenamiento)

Se suman las áreas totales parciales =área triángulo + área cuadrado

Se obtienen los volúmenes parciales = área total parcial* ancho de la sección.

El volumen total de la cortina es la suma de los volúmenes parciales.

El volumen del colchón hidráulico, así como el volumen de excavación se obtiene de las áreas parciales por las longitudes.

Volumetría de bordo de tierra compactada

Para calcular la volumetría del bordo de tierra se utilizó la Figura 24, con el siguiente procedimiento de cálculo:

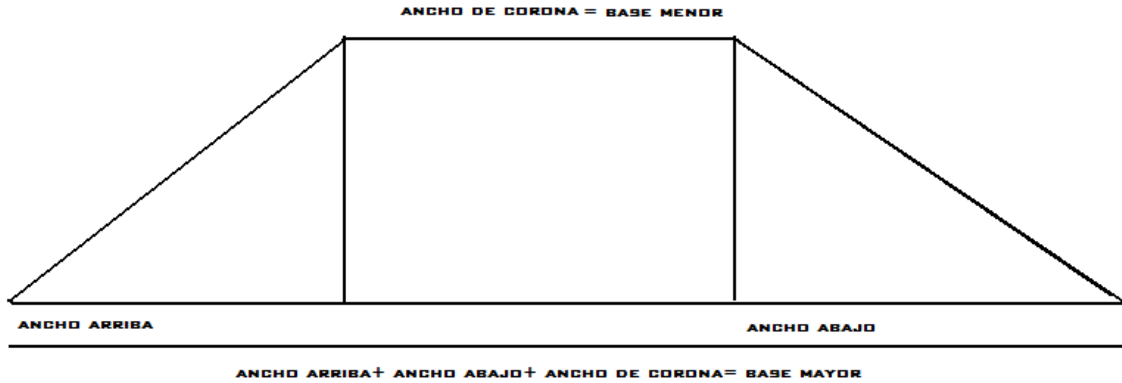


Figura 24. Esquema para cálculo de volumen de bordos

Se obtiene el ancho aguas arriba= talud aguas arriba* altura

Se obtiene ancho aguas abajo= talud aguas abajo * altura

Se obtiene la base mayor= ancho arriba+ ancho abajo+ ancho de corona

Se sabe que la base menor = ancho de corona

Se obtiene el área por la fórmula de trapecio:

$$\text{Área del trapecio} = [(\text{base mayor} + \text{base menor}) \times \text{altura}] / 2$$

El área se multiplica por el ancho de sección y se obtiene el volumen parcial, la suma de estos volúmenes, dan como resultado el volumen total.

Para el diseño del borde de tierra compactada, con respecto a la elección de la longitud de la base y ancho de corona en función de una altura se recomienda utilizar los datos de la Figura 25 la cual fue considerada en base al documento presas con cortina de tierra compactada para abrevadero y pequeño riego del Colegio de Postgraduados (Arteaga, 2009)

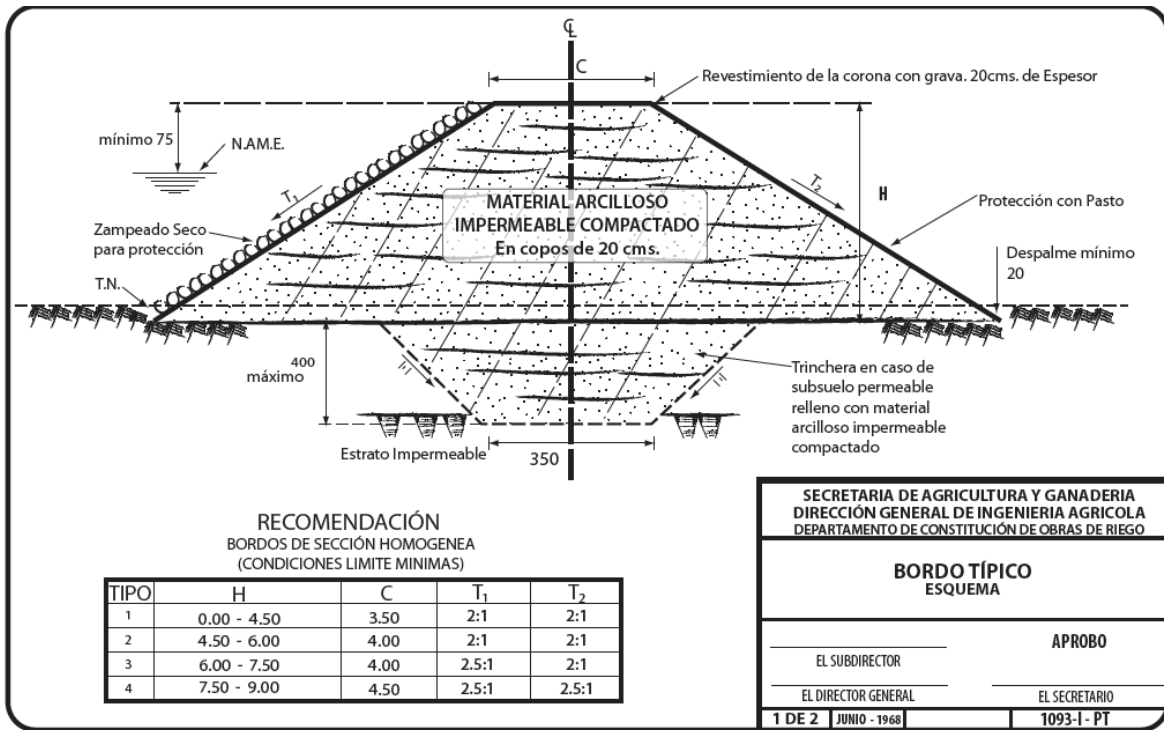


Figura 25. Diseño de un bordo de almacenamiento (Arteaga, 2009)

Volumetría de gavión

Para el cálculo de volumetría de los gaviones se tomaron las medidas iniciales propuestas en el documento presas de gaviones del Colegio de Postgraduados. Las especificaciones para el diseño de las presas de gaviones propuestas cumplen con los criterios de estabilidad y estas se muestran en las Figuras 26 y el Cuadro 16.

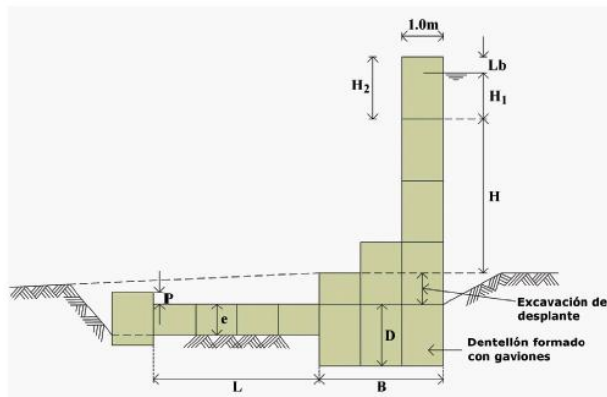


Figura 26. Dimensiones de una presa filtrante de gaviones

Cuadro 16. Dimensiones para una presa de gaviones que cumplen con criterios de estabilidad*

Concepto	Carga sobre el vertedor															
	H 1	30				80				130				180		
H	200	300	400	500	200	300	400	500	200	300	400	500	200	300	400	500
b. 1.	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
H 2	50	50	50	50	100	100	100	100	150	150	150	150	200	200	200	200
L	300	300	400	400	600	600	700	700	700	800	900	1000	1000	1100	1200	1300
P	50	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100
E	50	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100
D	50	100	150	150	50	100	150	150	50	100	150	150	50	100	150	150
B	150	200	300	400	150	200	300	400	150	200	300	400	150	200	300	400

*Dimensiones con base a la Figura 28.

Volumetría de presa de piedra acomodada.

Para el cálculo de la volumetría de una presa de piedra acomodada, se requiere como datos de entrada: carga de vertedor, ancho de base, altura efectiva y ancho de corona, estos datos se obtiene del documento de control de cárcavas y control de azolve del Colegio de Postgraduados (Figura 27).

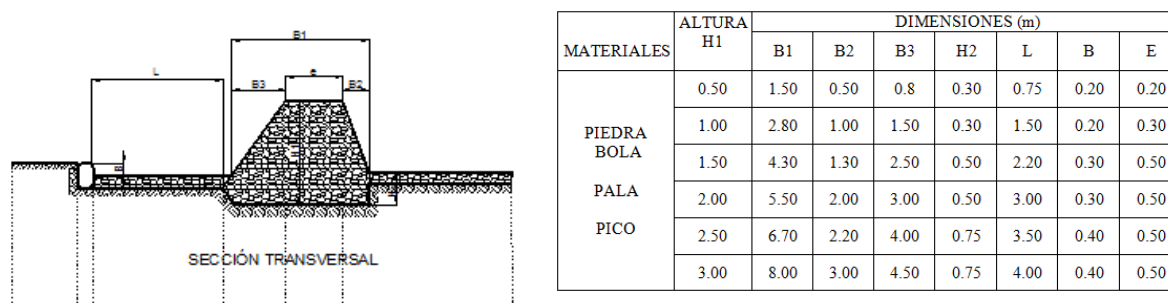


Figura 27. Croquis de presas de piedra acomodada

Se calcula la volumetría de presas de piedra acomodada, tomando en cuenta el procedimiento que se describió en la volumetría de presa de mampostería

Volumetría de Olla de agua

Se realizó una subrutina de cálculo de la volumetría de una olla de agua, basándose en una hoja de cálculo obtenida de los presupuestos unitarios para calcular obras de conservación de suelo y agua, realizada por personal de la Dependencia de la Comisión Nacional de Zonas Áridas en el año 2008.

Obras y prácticas de conservación de suelos

Las obras y prácticas que se consideraron en este sistema son:

- Zanjas bordo
- Zanjas trincheras
- Terrazas de base angosta
- Plantaciones en barrera viva

Para el espaciamiento entre terrazas y zanjas se consideraron la fórmula del Intervalo Vertical (IV) cuya expresión es:

$$IV = \left(2 + \frac{P}{3 \text{ o } 4} \right) (0.305) \quad \dots\dots\dots(49)$$

Donde: IV es el Intervalo Vertical (m), P es la pendiente del terreno (%); 3 es un factor que se utiliza en áreas donde la precipitación anual es menor de 1,200 mm; 4 es el factor que se utiliza en áreas donde la precipitación anual es mayor de 1,200 mm; y 0.305 es el factor de conversión de pies a metros

A partir del intervalo vertical se puede obtener el Intervalo Horizontal (IH) utilizando la siguiente expresión.

$$IH = \left(\frac{IV}{P} \right) * 100 \quad \dots\dots\dots(50)$$

Donde: IH es el intervalo horizontal (m); IV es el intervalo vertical (m); y P es la pendiente del terreno (%). Cabe señalar que este cálculo se utiliza en el módulo de presupuestos.

En el caso de las cubicaciones de volúmenes de obra para las terrazas de base angosta se tomaron los procedimientos recomendados por el Colegio de Posgraduados en el apartado de curso taller de obras y prácticas de conservación de suelo y agua para COUSSA, específicamente la hoja de cálculo de terrazas, la cual indica el siguiente procedimiento para obtener los volúmenes de corte de material.

1.- Determinación de los espaciamientos (procedimiento anterior)

2.- Elección de dimensiones en base a la Figura 28.

3.- Volumen de corte de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen de corte} = \text{Longitud de la terraza} \times (H_1 \times Y_1/2) \times 2$$

Pendiente %	h	B	H ₁	Y ₁	Capacidad de almacenamiento
					l/m lineal
cm					
1 a 5	40	80	20	160	1,413
		90	20	180	1,428
		100	20	200	1,443
	45	90	20	202	1,789
		100	25	180	1,805
		110	25	198	1,822
	50	100	25	200	2,208
		110	25	220	2,227
		120	30	200	2,245

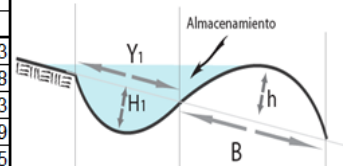


Figura 28. Dimensiones de una terraza de base angosta.

Para el caso de zanjas bordo y zanjas trinchera, se están considerando dimensiones tipo, de 0.40 x 0.40 x 2.0 de ancho, profundidad y largo respectivamente, por lo que la volumetría de zanja se obtiene al multiplicar estas dimensiones y el volumen total al multiplicarlo por el número de zanjas trinchera. (Figura 29)

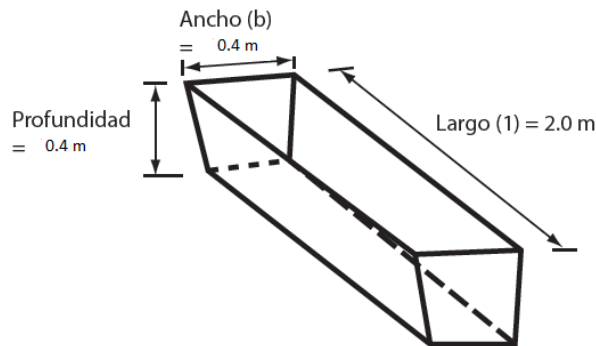


Figura 29. Dimensiones de una trinchera (tina ciega) tipo

Para el caso del establecimiento de plantas en barreras vivas, se consideró un cálculo de densidad en el modulo de presupuestos, el cual calcula el espaciamento entre cada hilera, se consideraron cinco especies las cuales son: el pino, el agave, el pitayo, el nopal, y árboles frutales.

Presupuestos de las obras

Se entiende por presupuesto de una obra o proyecto el cálculo previo de los recursos económicos necesarios para realizarla. El método para realizar esta determinación es diferente según el objeto que se persiga con ella, en este estudio se consideró los presupuestos de acuerdo a un análisis de precios unitarios. (López, 2000).

Un Análisis de Precios Unitarios (APU) es un modelo matemático que adelanta el resultado, expresado en moneda, de una situación relacionada con una actividad sometida a estudio. También es una unidad dentro del concepto "costo de obra", ya que una obra puede contener varios presupuestos. El "presupuesto" es la suma del producto "precio unitario" por "cantidad" (López, 2000).

Para lograr un congruente y óptimo aprovechamiento del APU, es necesario desglosar el costo por sus partes, en este estudio se incluyeron tres tipos de costos, el cargo de utilidad y el impuesto al valor agregado:

- **Costo directo:** Son aquellos gastos que tienen aplicación a un producto determinado. Es la suma de los costos de los materiales, mano de obra y equipo necesarios para realizar un proceso productivo o constructivo.
- **Costo Indirecto:** Son los gastos que no pueden tener aplicación a un producto determinado. Es la suma de gastos técnicos y administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo o constructivo.
- **Costo por financiamiento:** Se define como la inversión que realiza el contratista por el desfase que existe entre los gastos que realiza y el tiempo que tarda en recuperarlos. El costo por financiamiento deberá estar representado por un porcentaje de la suma de los costos directos e indirectos y debe corresponder a los gastos derivados de la inversión con recursos propios o contratados, que realice el contratista para cumplir el programa de ejecución de los trabajos calendarizados y valorados por períodos.
- **Cargo por utilidad:** Es la ganancia que recibe el contratista por la ejecución del concepto de trabajo; será fijado por el propio contratista y estará representado por un porcentaje sobre la suma de los costos directos, indirectos y de financiamiento. El cargo por utilidad, deberá considerar las deducciones

correspondientes al impuesto sobre la renta y la participación de los trabajadores en las utilidades de las empresas.

- **Impuesto al valor agregado:** El Impuesto al Valor Agregado (IVA) es un impuesto que se le paga al Estado cada vez que se compra la mayoría de los productos, y esto es así porque hay determinados bienes y servicios que la ley exime de pagar en alguna o todas las etapas de comercialización. El IVA es un impuesto indirecto sobre el consumo, es decir financiado por el consumidor final.

El módulo de presupuestos fue concebido basándose en el programa NEODATA 2011, inicialmente se elaboró el catálogo de precios, en el que se incluyen los insumos, materiales, mano de obra y maquinaria que conforman los precios unitarios, esta información se capturó en una base de datos de tipo .mdb en Acces 2010. El catálogo de precios es la base para realizar el análisis de precios unitarios y a su vez los presupuestos.

Dentro del análisis de precios unitarios se realizó un apartado que se denominó tarjetas unitarias que conforman los agregados del presupuesto por obra y acción. Estas se elaboraron por medio de consultas en Acces 2010, con la finalidad de que estén enlazados con la lista de precios, de manera que si se modifica la lista de precios, se modifican estas tarjetas y se actualizan los presupuestos por obra y acción.

4.2.3 Diseño de interfaz y desarrollo de código

Como parte de los elementos del diseño del sistema, se realizó el diseño de interfaz, en este proceso se creó la estructura de las 52 ventanas, quedando como un cascarón, ya que no tenían ingresado el código del programa. Una vez concluido el diseño de interfaz, se incorporó a cada ventana el código respectivo, considerando la modularidad y al final se integraron todos los módulos a un programa principal.

4.2.4 Implementación del sistema

El sistema se elaboró con la plataforma de desarrollo QT en lenguaje C++ el cual es un software libre, el sistema se denomina Conservación de Suelo y Agua (CONSA) y consta de 4 módulos: 1) Menú, 2) Inicio, 3) Diseño y 4) Presupuestos; su función principal es servir de consulta para la integración de proyectos de obras y acciones en

conservación de suelo y agua, considerando los aspectos de cálculo, diseño y presupuesto.

El programa no requiere instalación, ya que es una aplicación directa, por lo que para iniciarlo verifique que en la carpeta denominada CONSA, se encuentren los siguientes cinco archivos con extensión .dll: 1) libgcc_s_dw2-1.dll; 2) mingwm10.dll; 3) QtCored4.dll, 4) QtGui4.dll; 5) QtSql4.dll, así como dos carpetas con los nombres imageformats y sqldrivers y el archivo con extensión .exe denominado CONSA. (Figura 30)

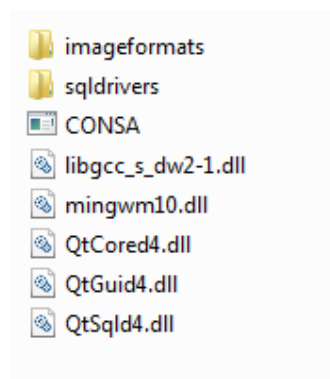


Figura 30. Archivos que se deben tener en la carpeta del archivo CONSA. exe

A continuación se presenta la interfaz del sistema con las pantallas de los módulos principales.

4.2.4.1 Módulo Inicio

El módulo inicio despliega seis subsistemas (abrir proyecto, catálogo de obras, obra seleccionada, diseño de presas de almacenamiento, obras de retención de azolves y de obras y prácticas de conservación) como se muestra en la Figura 31, la descripción de cada uno de ellos se presenta a continuación.

Abrir_nuevo proyecto

En esta sección del módulo se crea la estructura, (la estructura es un tipo de valor que se utiliza para integrar pequeños grupos de variables relacionadas), en la cual se capturan los datos generales que permiten distinguir un proyecto de otro. Estos datos se guardan como información binaria, en un archivo de texto (Figura 32).

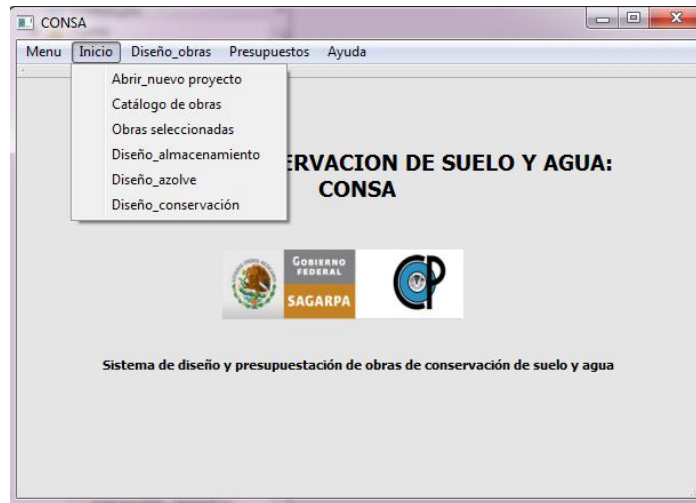


Figura 31. Menú principal.

Al abrir el archivo por segunda vez, se obtienen los datos de la estructura, los cuales permiten diferenciar un proyecto de otro.

Figura 32. Sección de abrir_nuevo proyecto del modulo inicio

Catálogo de obras

En este componente del sistema se seleccionan las obras disponibles en el catálogo para su diseño y presupuesto. Al lado izquierdo de la pantalla aparecen las obras consideradas en el sistema, que son: obras de almacenamiento de agua, presas de control de azolves y obras y prácticas de conservación de suelo. La interfaz funciona seleccionado con los botones de control las obras de interés del usuario, tiene tres

botones que permiten guardar la selección en la estructura o abrir correctamente el archivo de la estructura por medio del botón leer y posteriormente pasar a la siguiente interfaz (Figura 33).

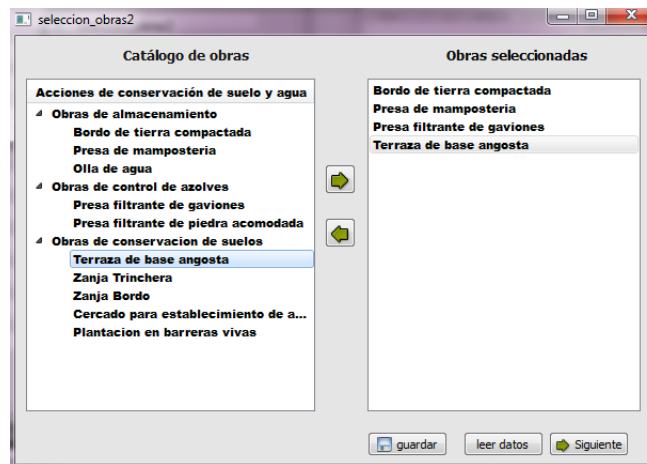


Figura 33. Sección catalogo de obras del modulo inicio

Obras seleccionadas

En esta interfaz se muestran las obras que se seleccionaron previamente y de esa forma se puede acceder al catálogo de cálculos del sistema (Figura 34).

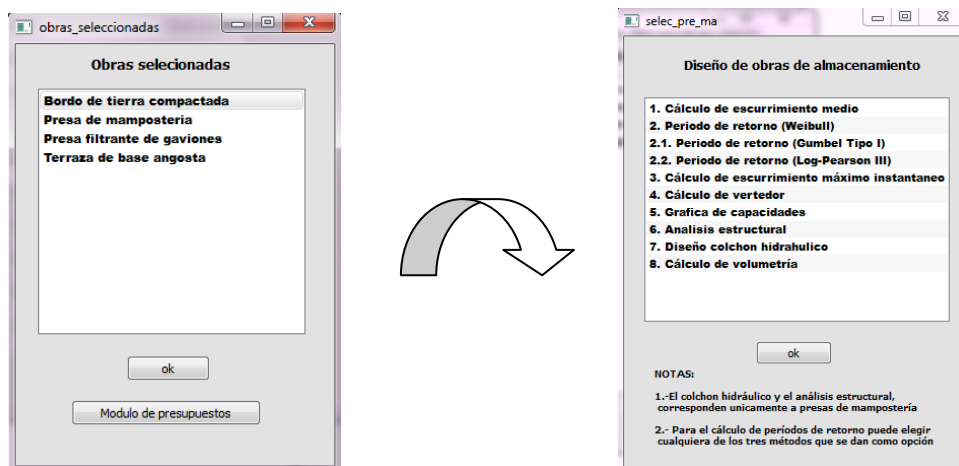


Figura 34. Selección de obras de almacenamiento

Los cálculos para cada tipo de obra que se pretende diseñar son diferentes, ya que pueden ser obras de almacenamiento, de control de azolve y de conservación del suelo, y dependiendo de la obra seleccionada se mostrarán los cálculos hidrológicos, el diseño estructural de sus componentes, la volumetría y sus presupuestos (Figura 35).

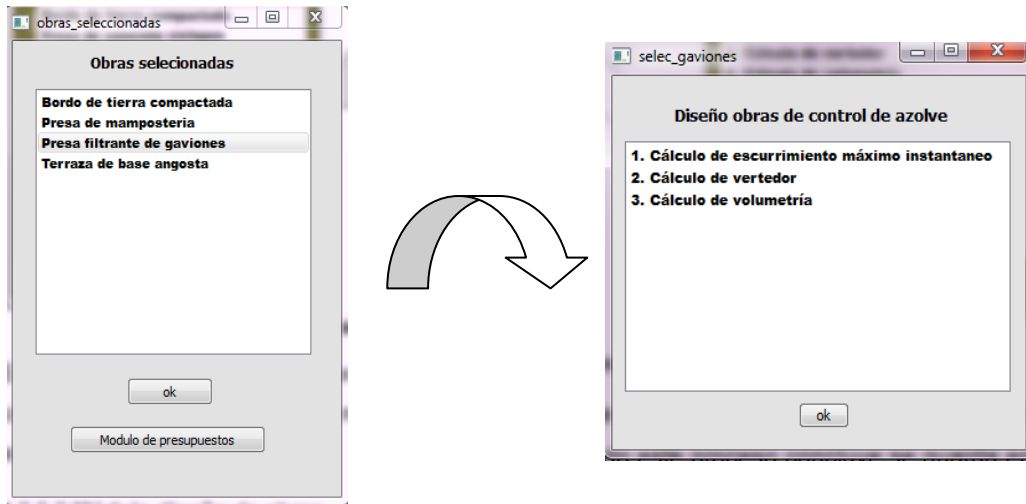


Figura 35. Selección obras de control de azolve.

En general, el módulo de inicio permite seleccionar las obras deseadas, se realizan los cálculos respectivos para cada obra y cuando este proceso concluye se guarda en una estructura.

4.2.4.2 Módulo diseño de obras

El objetivo de este módulo es realizar los cálculos específicos de las obras con la finalidad de estimar la volumetría de las mismas y que esta información sirva para alimentar la información necesaria del módulo de presupuesto y obtener el costo de las obras o prácticas deseadas (Figura 36).

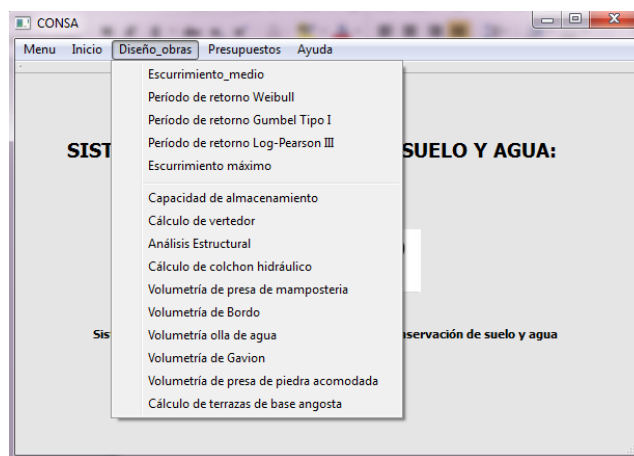


Figura 36. Módulo de diseño de obras

Este módulo tiene 15 subsistemas:

1. Esguerrimiento medio
2. Esguerrimiento máximo
3. Período de retorno Log-Pearson III
4. Período de retorno (Weibull)
5. Período de retorno Gumbel 1
6. Capacidad de almacenamiento
7. Cálculo de vertedor
8. Análisis estructural
9. Cálculo de colchón hidráulico
10. Volumetría de presa de mampostería
11. Volumetría de bordo
12. Volumetría de olla de agua
13. Volumetría de gavión (presas de gaviones para control de azolves)
14. Volumetría de presa de piedra acomodada.
15. Cálculo de terrazas de base angosta

Para cada tipo de obra seleccionada del catálogo de obras se seleccionan los subsistemas a utilizar y solicita se capturen los datos necesarios para el diseño y presupuestos; consecuentemente, una obra puede requerir de una o varios subsistemas, por lo que a continuación se presentan los subsistemas y ejemplos de integración de las mismas.

En las obras de almacenamiento se utilizan ocho subsistemas para realizar los cálculos de las variables hidrológicas, diseño de estructura y la volumetría correspondiente (Figura 37), las presas de almacenamiento son estructuras diseñadas para captar el esguerrimiento de un área de drenaje en una sección transversal (boquilla) tal que permita tener una buena capacidad de almacenamiento para las diferentes alturas de la presa.

La obra debe contar con un vertedor de demasías, un análisis estructural que garantice la estabilidad de la estructura al empuje hidráulico y el deslizamiento, un colchón

hidráulico bien diseñado para evitar socavaciones aguas abajo de la estructura y un volumen de obra viable para su construcción.

Para las obras de control de azolve y las obras y prácticas de conservación de suelo, sus subsistemas se presentan en la Figura 38 y 39, respectivamente.

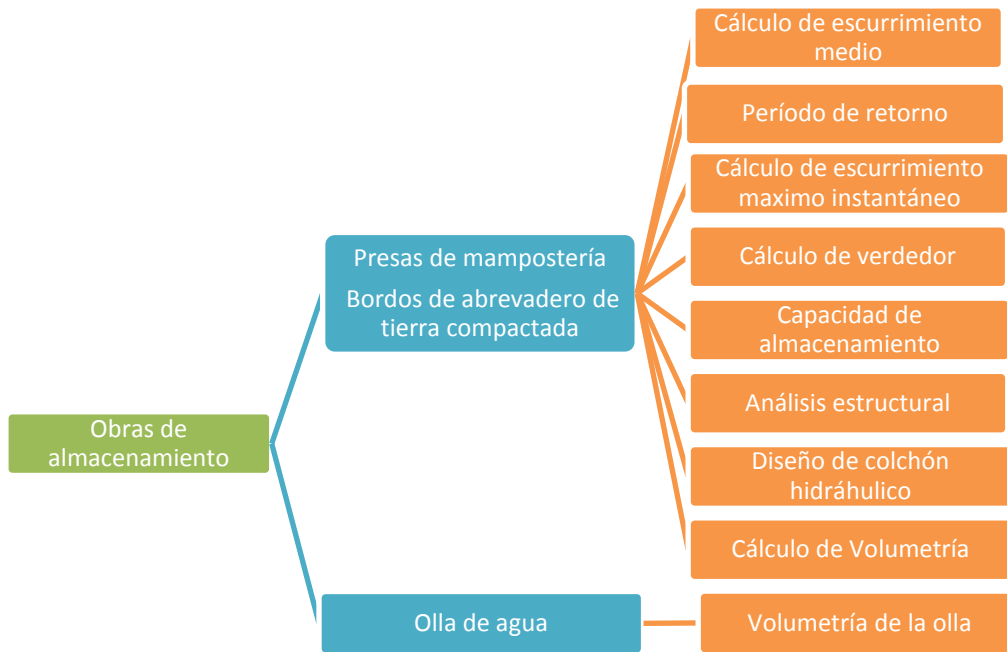


Figura 37. Cálculos para obras de almacenamiento



Figura 38. Cálculos para las obras de control de azolve

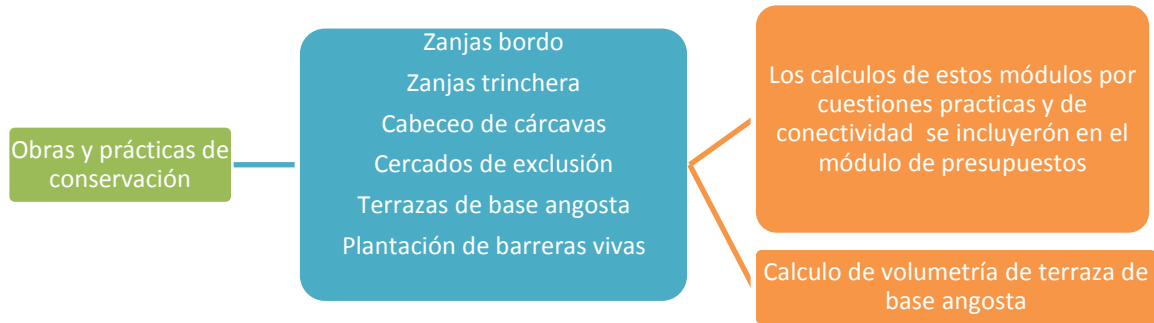


Figura 39. Cálculos para obras y prácticas de conservación

Subsistema 1. Esguerrimiento medio anual.

La interfaz que realiza los cálculos se muestra en la Figura 40, este subsistema permite estimar el volumen medio esguerrido, para ello requiere el área de drenaje, los usos y grupos de suelos y las pendientes, información que debe capturarse en la plantilla o combo box y después con un clic en el botón calcular, se obtiene el volumen medio anual y la lámina media esguerrida.

esguerrimiento_medio

Esguerrimiento medio anual por método racional

Introduzca el número de áreas

	1	2	3
Uso del suelo	<input type="text"/>		
Textura			
pendiente (%)			
Coef			
superficie*(ha)			
pp_med*(mm)			
Vol.medio(m3)			
Lámina(mm)			

Calcular

Guardar

Leer

Volumen medio anual en m3

Figura 40. Ventana para estimar el esguerrimiento medio anual.

Escorrentamiento máximo instantáneo.

El escurrimiento máximo instantáneo se calcula con la interfaz que se muestra en la Figura 41, el funcionamiento de la interfaz, comienza con elegir el número de áreas que se desean calcular, la lluvia máxima en 24 horas y los complejos de uso del suelo-manejo-condición hidrológica y tipo de suelos, información que se captura en los combo box correspondientes para obtener la curva numérica (CN₂). Con la humedad antecedente se define la condición de humedad (seca, media y húmeda) y se obtiene la CN_{1,2,3} según sea el caso. Dando un click en el botón Q medio total, se obtiene el escurrimiento medio ponderado para la zona bajo estudio para el evento deseado

The screenshot shows a software interface for calculating maximum instantaneous runoff. The title bar reads 'escurrimiento_maximo'. The main window title is 'Escorrentamiento máximo instantáneo en m3/ seg Método de curvas numericas (CN)'. Below the title, there are input fields for 'Introduzca número de áreas', 'Lluvia máxima en 24 h (periodo de retorno 10 años)', and a table with 3 columns for area parameters. The table rows include: 'Uso del suelo', 'Práctica mecánica', 'Condición hidrológica (mm)', 'Grupo de suelo', 'Precipitación (mm)', 'Humedad antecedente* (mm)', 'Area* (ha)', 'curva_numérica 2', 'Curva_Numérica', 'Retención máxima potencial(s)', '0.2*s', and 'Escorrentamiento medio (m3)'. To the right of the table, there are input fields for 'Tiempo de Concentración', 'Longitud de la corriente principal en metros', and 'Diferencia en elevación entre el sitio más alejado de la cuenca y la salida (m)'. Below these are buttons for 'Tiempo de concentración', 'Minutos', and 'Horas'. At the bottom, there are buttons for 'Escorrentamiento medio total (m3)', 'Escorrentamiento máximo m3/ seg', 'Guardar', and 'leer'.

Figura 41. Ventana para calcular el escurrimiento máximo

Subsistema 3, 4 y 5. Precipitación máxima en 24 horas para diferentes períodos de retorno

La precipitación máxima en 24 horas para un período de retorno puede calcularse utilizando la distribución probabilística de valores extremos denominada Gumbel tipo 1,

el análisis de distribución probabilística Log-Pearson III y el procedimiento propuesto por Weibull, a fin de obtener esta precipitación para diferentes períodos de retorno, las tres interfaces que realizan estos métodos se muestran a continuación.

Distribución probabilística de valores extremos, Gumbel tipo 1

Para realizar estos cálculos probabilísticos se utiliza la interfaz que se muestra en la Figura 42 y la cual funciona abriendo una tabla en formato cvs, donde se debe capturar la precipitación máxima en 24 horas para los diferentes años de interés. Dando un clic en los botones de calcular estadística se obtiene la precipitación máxima en 24 horas para diferentes períodos de retorno (Tr).

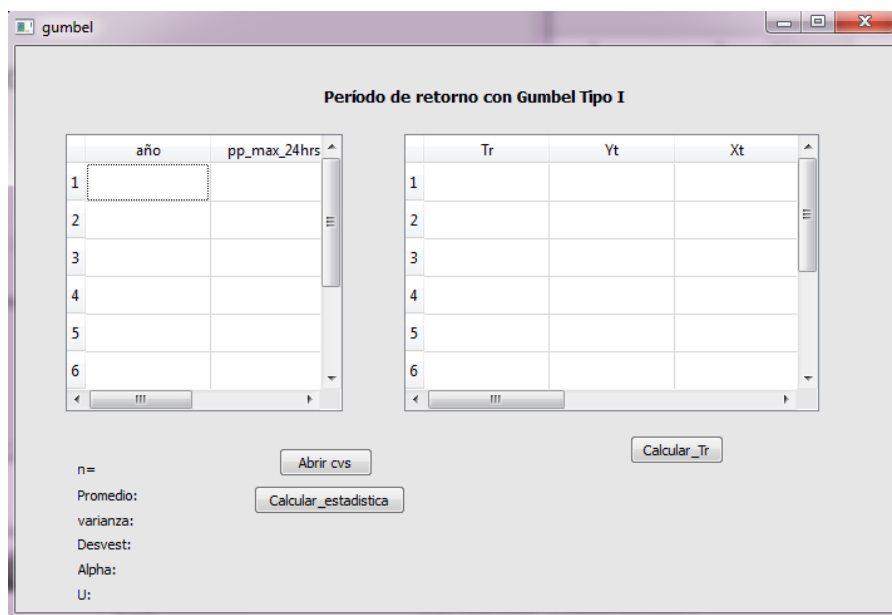


Figura 42. Ventana para calcular la precipitación para diferentes períodos de retorno (distribución Gumbel tipo I)

Período de retorno con la expresión de Weibull

La interfaz que realiza estos cálculos tiene un botón que abre un archivo en formato cvs, que contiene los datos de precipitación previamente capturados, al pulsar en el botón calcular, el programa muestra la precipitación máxima para ese período de retorno (pp_max_24hr) (Figura 43).

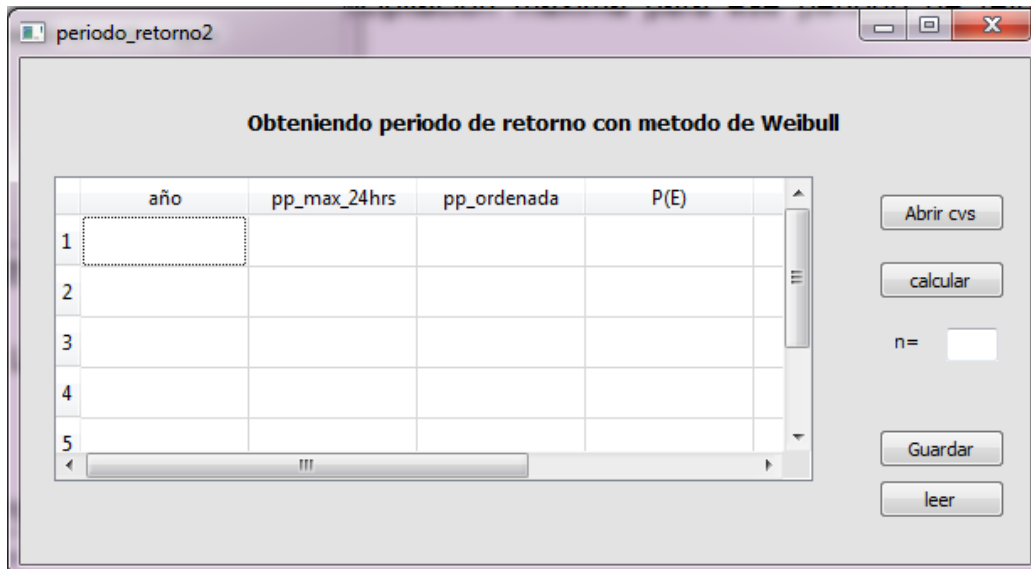


Figura 43. Ventana para calcular la precipitación máxima para diferentes períodos de retorno (método Weibull)

Análisis de distribución Log-Pearson III

La interfaz que realiza estos cálculos tiene un botón que abre el archivo en formato cvs, que contiene los datos de la precipitación previamente capturados, al presionar el botón “calcular estadística”, se obtienen los estadísticos descriptivos de la precipitación (promedio, varianza y desviación estándar), al presionar en el botón “calcular” se obtiene la precipitación máxima en 24 horas para ese período de retorno (Figura 44).

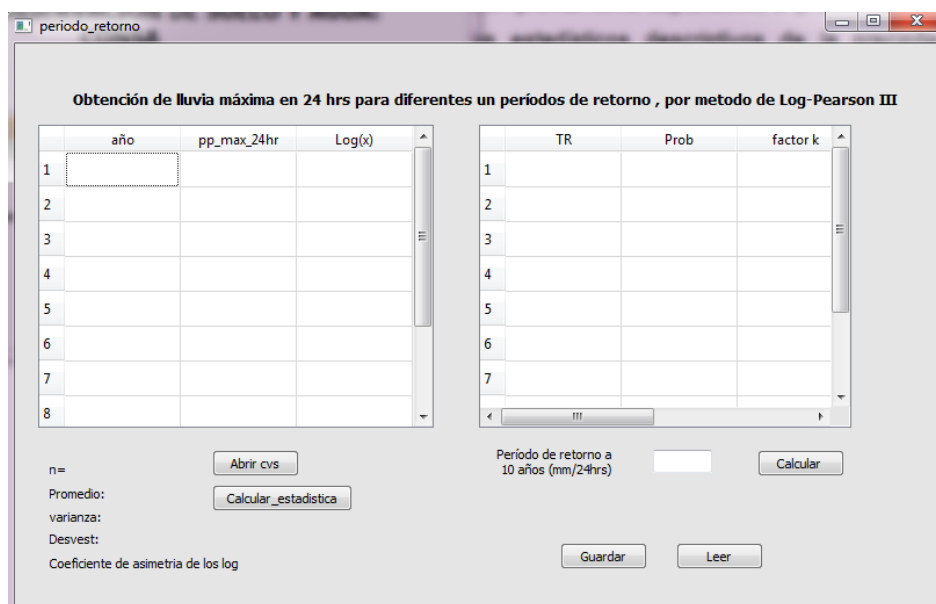


Figura 44. Ventana para calcular la precipitación máxima para diferentes período de retorno (Log-Pearson III)

Subsistema 6. Capacidad de almacenamiento

La interfaz que calcula la capacidad de almacenamiento se muestra en la Figura 38, donde se tiene un botón que abre un archivo en formato cvs, que contiene los datos de elevación y área. Se captura manualmente el intervalo vertical, y se oprime el botón calcular para obtener el área entre curvas, el volumen parcial para cada intervalo de altura y el volumen acumulado de almacenamiento de la presa a diseñar. En dicha interfaz (Figura 45) se muestra un botón denominado graficar que al activarlo despliega la gráfica de volumen por almacenar contra elevación, cuya función es la de ayudar a definir la altura de la presa para tener el volumen de almacenamiento deseado (Figura 46).

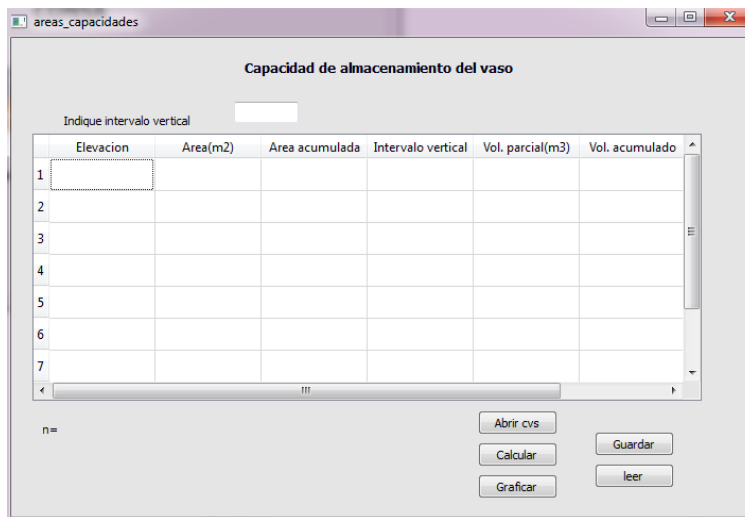


Figura 45. Ventana para calcular las áreas-capacidades

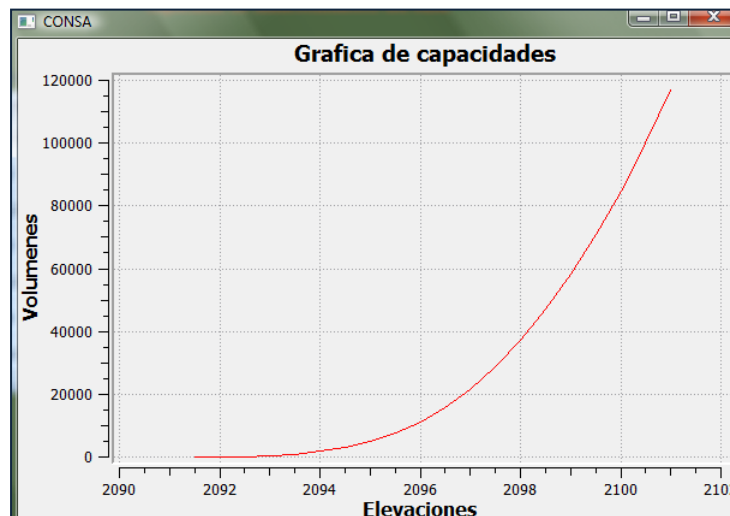


Figura 46. Gráfica de elevaciones-capacidades

Subsistema 7. Cálculo de vertedor

La interfaz que realiza el procedimiento, requiere que se capture el escurrimiento máximo instantáneo en m^3/s , (preferentemente el calculado por los métodos probabilísticos), se indica si existe una restricción topográfica o hidrológica para que la subrutina calcule la longitud o la carga del vertedor según sea el caso. Al dar un click en el botón calcular se obtiene la longitud, carga y bordo libre que se propone para el vertedor de demasías de la presa por diseñar⁵ (Figura 47). Esta interfaz permite observar la sección transversal con la función graficar que tiene programada.

	Distancia (m)	Profundidad (m)
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Figura 47. Ventana para el cálculo del vertedor de demasías

Subsistema 8. Análisis estructural de presa para almacenamiento de mampostería

La interfaz que realiza estos cálculos (Figura 48) pide seleccionar el material sobre el cual se va a establecer la cortina (roca, arcilla, franca, o arena) para seleccionar el coeficiente de supresión, previamente se capturaron los datos de la altura efectiva de la presa y carga del vertedor, posteriormente se oprime el botón ancho de corona y se propone un ancho de base hasta que por procesos iterativos se obtiene un porcentaje de seguridad del 90%.

⁵ Es importante que la longitud del vertedor sea proporcional a la longitud de la corona de la presa de almacenamiento

Análisis estructural de presa de mampostería

Datos generales:

Peso específico del material de la cortina (dm), kg/m3: 2400 Ancho de corona m

Peso específico del agua con sedimentos (w), kg/m3: 1200 Proponga ancho de base m

Peso específico del azolve (daz), kg/m3: 1350

Coefficiente de supresion (k): 0 Roca Seguridad =90%

Altura efectiva (h), m:

Bordo libre(hl), m: .20

Carga del vertedor (hd), m:

Nivel de aguas normales (NAN):

Coefficiente de fricción: 0.75 concreto-concreto

Factores de seguridad

Factor de seguridad por volteo:

Factor de seguridad de deslizamiento:

Figura 48. Ventana para el análisis de la estructura

Para determinar los factores de seguridad se selecciona el coeficiente de fricción y se oprime el botón de factores de seguridad, teniendo como resultado si la presa, cumple o no estos criterios.

Subsistema 9. Cálculo del colchón hidráulico.

La interfaz que calcula el colchón hidráulico, requiere capturar los datos de la altura efectiva de la presa, escurrimiento máximo y longitud de la cresta vertedora, se presiona en el botón longitud de colchón, obteniendo la longitud del colchón (Figura 49).

Diseño de Colchón Hidráulico

Datos necesarios para el cálculo

Altura efectiva de la presa (m):

Escurrimiento máximo (m3/seg):

Longitud de la cresta vertedora (m):

Otros autores sugieren que la longitud del colchon hidraulico debe ser por lo menos el doble de la altura efectiva

Figura 49. Ventana para calcular las dimensiones del colchón hidráulico

Subsistema 10. Volumetría de presa de mampostería

En este subsistema se calcula la volumetría de la presa, e inicia con la visualización gráfica de la sección transversal de la cortina, se capturan los datos de distancia y profundidad y se da un clic al botón graficar. Los datos de entrada son:

- Talud generado agua abajo (ancho de base-ancho de corona/nivel de aguas normales)
- Ancho de corona.
- Carga de vertedor
- Bordo libre
- Longitud de vertedor
- Longitud de colchón
- Altura de la presa
- Base de presa
- Sección máxima
- Área de cortina vista aguas arriba

Una vez capturados estos datos, se calcula la volumetría de la presa, para lo cual se captura la altura de cada encadenamiento hasta piso firme, con su ancho de sección respectivo, el sistema realiza el siguiente procedimiento de cálculo al oprimir el botón de volumetría de cortina. Para la volumetría del colchón hidráulico se captura el espesor (altura) del colchón, dentellón y de los muros guía y se da click en el botón respectivo. Para la excavación se captura el ancho de las secciones y su profundidad de excavación obteniendo la volumetría de excavación (Figura 50).

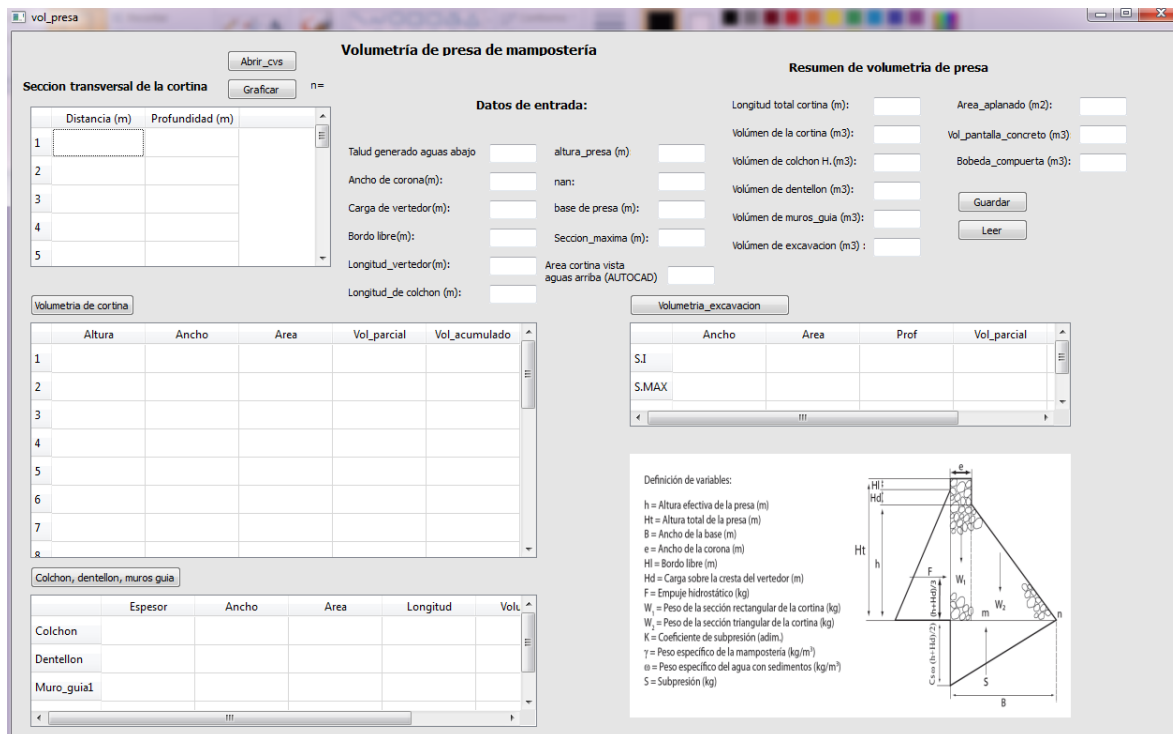


Figura 50. Ventana para el cálculo de presa de mampostería

Los resultados que se obtienen en esta interfaz son:

- Longitud total de cortina
- Volumen de la cortina
- Volumen del colchón hidráulico
- Volumen de dentellón
- Volumen de muros guía
- Volumen de excavación
- Área de aplanado
- Volumen de la pantalla de concreto
- Volumen de la bóveda de la compuerta.

Subsistema 11. Volumetría de bordo de tierra compactada

El funcionamiento de la interfaz (Figura 51) requiere como datos de entrada:

- Talud aguas arriba
- Talud aguas abajo
- Profundidad de despalme

- Altura a nivel de la corona
- Ancho de corona
- Carga del vertedor
- Longitud del vertedor
- Ancho del vertedor
- Sección máxima.

Posteriormente se capturan la altura y ancho de la sección transversal de la presas, se oprime el botón volumetría de cortina y se obtiene el volumen respectivo.

The screenshot shows the 'vol_bordo' software interface. It is divided into several sections:

- Seccion transversal de la cortina:** A table for entering data for each section of the dam. The table has columns for 'Distancia (m)' and 'Profundidad (m)'. Below it is a 'Volumetria de cortina' button.
- Datos de entrada:** Input fields for:
 - Talud aguas arriba (m):
 - Talud aguas abajo (m):
 - Prof. de despalme (m):
 - Altura a nivel corona (m):
 - Ancho de corona (m):
 - Carga de vertedor(m):
 - Longitud de vertedor (r):
 - Largo vertedor(m):
 - Seccion max(m):
- Resumen de volúmenes del bordo:** Summary fields for:
 - Volúmetria de cortina (m3):
 - Volúmen_vertedor (m3):
 - Longitud total de cortina (m):
 - Area de enrocamiento (m):
 - Area para engravar corona (m):
 - Superficie de limpieza y trazo (m):
- Buttons:** 'Abrir cvs', 'Graficar_seccion', 'Guardar', and 'Leer'.
- Technical Diagram:** A cross-section of a dam with a spillway. Labels include: 'Revestimiento de la corona con grava 20cms. de Espesor', 'MATERIAL ARCILLOSO IMPERMEABLE COMPACTADO En coques de 20 cms.', 'Estrato impermeable', 'Zanpeado Seco para protección', 'Protección con Pasto', 'Despalme mínimo 20', 'T.N.', 'máximo', '350', 'mínimo 75', 'N.A.M.E.', 'T.M.', 'T.C.', 'T.S.', 'T.L.'. Below the diagram is a table with the title 'RECOMENDACIÓN BORDOS DE SECCIÓN HOMOGÉNEA (CONDICIONES LIMITE MÍNIMAS)'.

TIPO	H	C	T _S	T _L
1	0.00 - 4.50	3.50	2:1	2:1
2	4.50 - 6.00	4.00	2:1	2:1
3	6.00 - 7.50	4.00	2.5:1	2:1
4	7.50 - 9.00	4.50	2.5:1	2.5:1
- Footer:** 'SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA DIRECCION GENERAL DE INGENIERIA AGRICOLA DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION DE OBRAS DE REGO', 'BORDO TÍPICO ESQUEMA', 'ELABORADO: EL DISEÑADO: APROBADO: 1 DE 2 (ANS - ms) 10/11 PI'.

Figura 51. Ventana volumetría de bordos

El sistema muestra los siguientes resultados:

- Volumetría de cortina
- Volumetría de vertedor
- Longitud total de cortina
- Área de enrocamiento
- Área para engravar la corona

- Superficie de limpieza y trazo

Subsistema 12. Volumetría de gavión

La interfaz solicita de entrada los siguientes datos:

- Longitud de vertedor
- Carga de vertedor
- Longitud de colchón hidráulico
- Espesor del desplante
- Espesor del colchón hidráulico

Se capturan los datos del ancho, altura y longitud del gavión y de mampostería basándose en las dimensiones recomendadas en el Cuadro 16 en base a las acotaciones de la Figura 28, y el cálculo de la volumetría se realiza por prismas rectangulares tomando en cuenta la Figura 52.

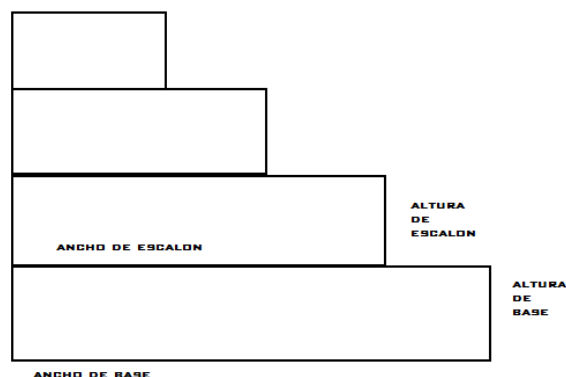


Figura 52. Volumetría de una presa de gavión

La interfaz que realiza estos cálculos se muestra en la Figura 53, del sistema se obtienen los siguientes resultados:

- Volumetría de gavión
- Volumetría de mampostería con empotramientos
- Volumetría de colchón hidráulico más muros guía
- Altura efectiva
- Altura total
- Ancho de colchón hidráulico

- Longitud de cortina con empotramientos
- Limpieza de desplante
- Volumetría de excavación.

vol_gavion

Volumetría de presa filtrante de gaviones

	Ancho	Altura	Log. de gavion	Log. de mampostería	Vol_gavion
Base					
Escalon 1					
Escalon 2					
Escalon 3					
Escalon 4					

Datos de entrada:

Longitud de vertedor (m): Volumetría Gavion (m³):

Carga del vertedor (m): Volumetría de mampostería para empotramiento (m³):

Longitud de colchon hidraulico (m): Volumetría de colchon hidraulico+muros (m³):

Desplante (m): Altura efectiva (m):

Espesor del colchon hidraulico (m): Altura total (m):

Los muros del colchon hidraulico m 0.30m de ancho 0.60m de altura

Ancho del colchon hidraulico (m):

Longitud de cortina con empotramientos (m):

Limpieza para desplante (m²):

Volumetría de excavación (m³):

Dimensiones de una presa filtrante de gaviones en base a la figura *

Cocapito	Carga sobre el vertedor, (excavaciones en cm)											
	30			80			130			180		
H1	200	300	400	500	200	300	400	500	200	300	400	500
H.L	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
H2	50	50	50	50	100	100	100	150	150	150	200	200
L	300	300	400	400	600	600	700	700	900	900	1000	1100
P	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100	100	100
E	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100	100	100
D	50	100	150	150	50	100	150	150	50	100	150	150
B	150	200	300	400	150	200	300	400	150	200	300	400

Figura 53. Ventana para calcular la volumetría de una presa de gaviones

Subsistema 13. Volumetría de presa de piedra acomodada.

Para el cálculo de la volumetría de una presa de piedra acomodada, la interfaz requiere como datos de entrada: carga de vertedor, ancho de base, altura efectiva y ancho de corona. Se calcula la volumetría de presas de piedra acomodada, tomando en cuenta el procedimiento que se describió en la volumetría de presa de mampostería y que se muestra en la interfaz que aparece en la Figura 54. Los resultados que se obtienen son la longitud total de la presa, la longitud total de vertedor y la volumetría de la presa.

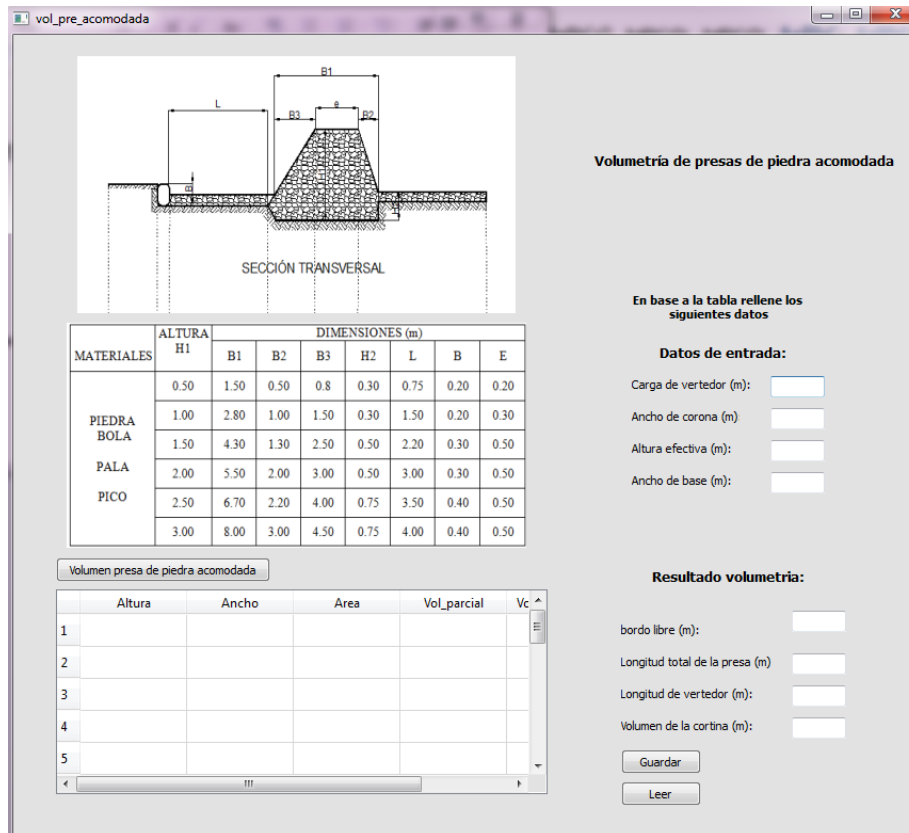


Figura 54. Ventana para calcular la volumetría de presas de piedra acomodada

Subsistema 14. Volumetría de Olla de agua

La interfaz que estima la volumetría de la olla de agua, solicita se capturen los datos de dimensiones básicas (largo, ancho profundidad y talud), posteriormente se oprime el botón calcular para obtener los resultados de m² de geomembrana necesaria, el volumen de excavación, el área de afine y la superficie protegida. (Figura 55)

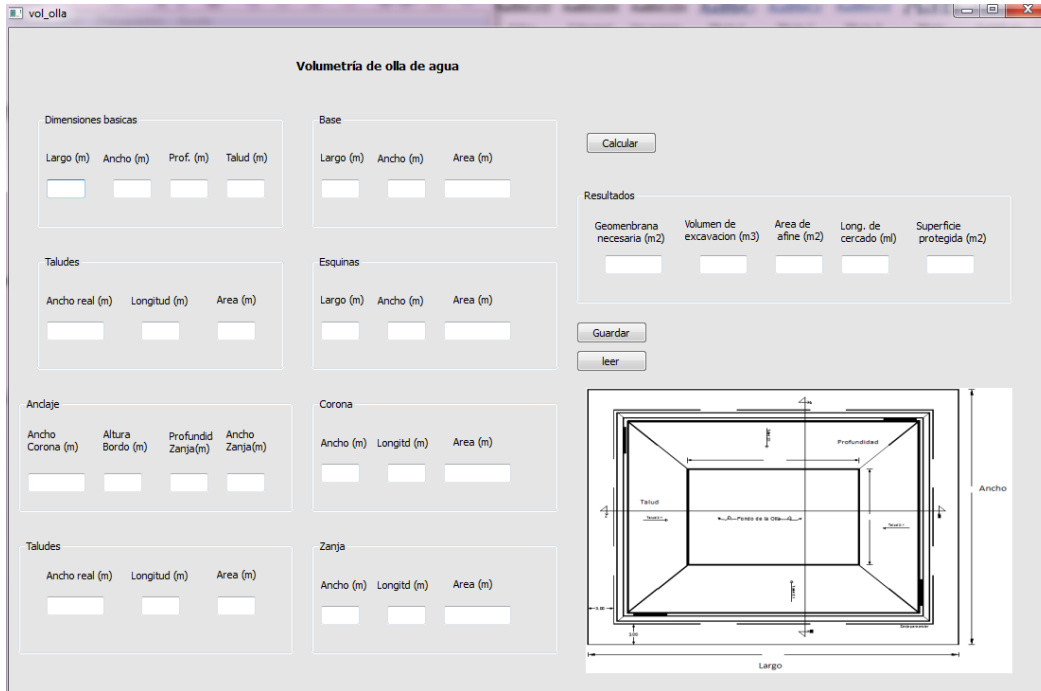


Figura 55. Ventana para calcular la volumetría de una Olla de agua.

Subsistema 15 Cálculo de terrazas de base angosta

La interfaz permite obtener el espaciamiento entre terrazas y los volúmenes de corte de suelo, para ello se debe identificar su llueve más de 1200 mm, se captura la pendiente media en porcentaje y la longitud de la terraza. (Figura 56)

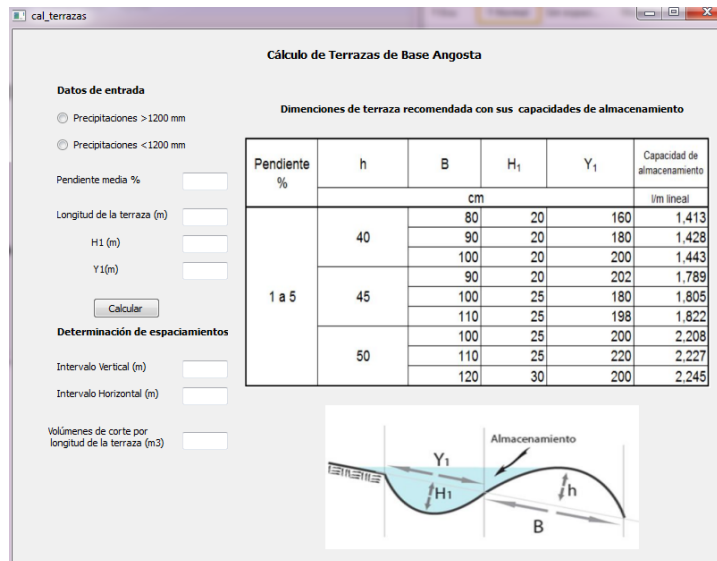


Figura 56. Cálculo de volumetría de terrazas de base angosta

4.2.4.3 Módulo presupuesto

El módulo de presupuestos tiene cuatro componentes mismos que se muestran la interfaz de la Figura 57:

1. Presupuesto general.
2. Obras de almacenamiento: Se incluyen las obras de pequeña presa de mampostería, pequeña presa de concreto ciclópeo, bordo de tierra compactada y olla de agua.
3. Obras de control de azolves: Presas filtrantes de gaviones, presas de filtrantes de piedra acomodada.
4. Obras y prácticas de conservación de suelos: Zanjas bordo, zanja trinchera, cabeceo de cárcava, cercado de exclusión, terraza de base angosta, plantación de barreras vivas.

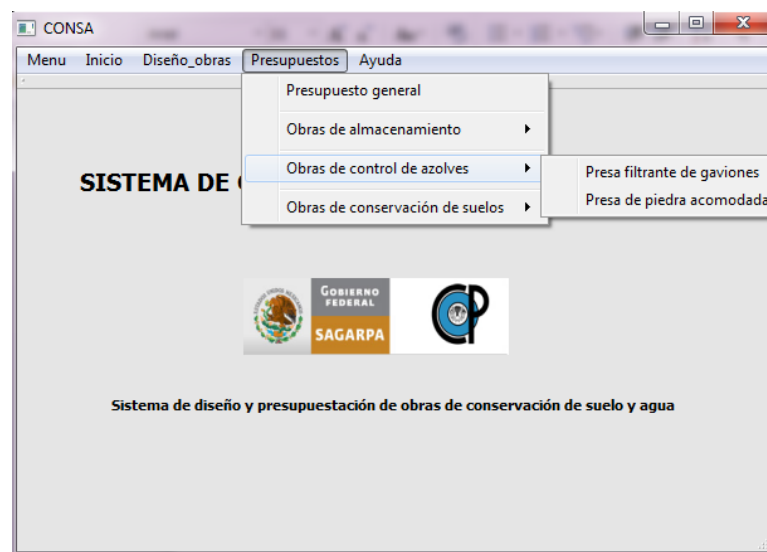


Figura 57. Módulos de presupuestos

Se muestra en la Figura 58, la interfaz que muestra la lista de precios, las cuales son la base para la aplicación del módulo de presupuestos.

datos_presupuesto

Lista de precios

	Categoria	Clave	Concepto	Unidad	Precio_sin_iva	Precio_con_iva
1	MANO DE OBRA	MDO	PEON	JOR	130.43	130.43
2	MANO DE OBRA	MOBR	CUADRILLA (1 ...	JORNAL	373.91	429.9
3	INDUSTRIALIZA...	INDS	VARILLA FY=42...	KG	14.35	16.5
4	PIEZAS ESPEICI...	MOBR	OPERADOR DE ...	JOR	130.46	150
5	PIEZAS ESPEICI...	PZES	VALVULA DE C...	PZA	3913.04	4500
6	INDUSTRIALIZA...	INDS	CARRETE DE HL...	ROLLO	17.39	20
7	MAQUINARIA	MAQN	NIVEL PARA ME...	HORA	0.95	1.1
8	MAQUINARIA	MAQN	TRANSITO PAR...	HORA	1.28	1.472
9	PIEZAS ESPEICI...	PZES	REJILLA DE PRO...	PZA	145	166.75
10	PIEZAS ESPEICI...	PZES	REGISTRO A BA...	PZA	1467.88	1688
11	PETREOS	PTRS	PIEDRA BRAZA ...	M3	226.09	300
12	PÉTREOS	PTRS	ARENA	M3	217.39	250
13	PÉTREOS	PTRS	GRAVA	M3	173.91	130.43
14	PÉTREOS	PTRS	AGUA	M3	26.09	260.87
15	INDUSTRIALIZA...	INDS	CEMENTO NOR...	TON	1869.57	1869.57
16	INDUSTRIALIZA...	INDS	CALHIDRA EN ...	TON	1043.48	217.39

guardar_modificaciones

Figura 58. Ventana donde se muestran la lista de precios

La Figura 59, muestra las tarjetas unitarias, en las cuales es posible definir un precio directo o un precio alzado por la utilidad, los gastos indirectos y el financiamiento.

tar_mampoteria_presa

Targetas de precios unitarios

	concepto	unidad	cantidad	precio_unitario	importe
1	PEON	JOR	0.033	130.43	4.30419
2					0
3					0
4					0
5					0
6					0
7					0
8					0
9					0
10					0

Costo Directo Costo por financiamiento: Iva:

Costo Indirecto Indique% Indique %

Indique % Subtotal: Precio Unitario:

Subtotal: Cargo por utilidad:

Indique % Subtotal:

Figura 59. Ventana con las tarjetas de precios unitarios

En dicha interfaz hay un botón que permite obtener el precio que se requiere al presupuesto por obra y acción.

Se elaboraron los presupuestos por obra y acción de 12 componentes basándose en la experiencia adquirida en otras construcciones de índole semejante, los cuales son los siguientes:

1. Pequeña presa de mampostería
2. Pequeña presa de concreto ciclópeo
3. Bordo de tierra compactada
4. Olla de agua
5. Presa filtrante de gaviones
6. Presa de piedra acomodada
7. Zanja bordo
8. Zanja trinchera
9. Cabeceo de cárcavas
10. Cercado de exclusión
11. Terraza de base angosta
12. Plantación de barreras vivas.

El funcionamiento general del módulo se basa en llamar al precio de una ventana hija a una ventana padre, cada presupuesto por obra y acción permite acceder a la lista de precios o tarjeta de precios unitarios, posteriormente se captura en la tabla y se oprime el botón calcular, obteniendo el costo total de la obra correspondiente, este costo esta enlazado a otra ventana llamada presupuesto general (Figura 60), que por medio del botón “enviar precio” se va llenando hasta terminar.

Concepto de inversion	Unidad	Cantidad	Total
1 Pequeña presa de mamp			
2 Bordo de abrevadero			
3 Presa de piedra acomoc			
4 Zanja bordo			

Figura 60. Ventana para obtener el presupuesto general

4.2.4.4 Módulo Menú

En este módulo se integraron dos botones, uno para guardar el presupuesto previamente estimado y otro botón para de abrir el proyecto previamente guardado (Figura 61).

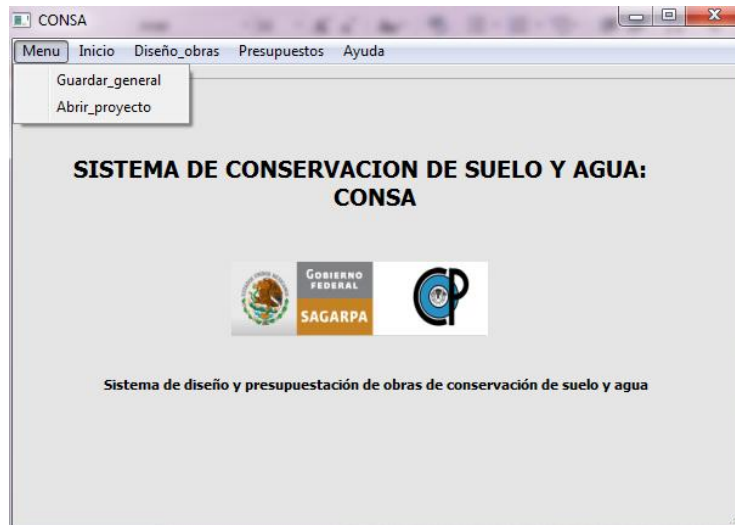


Figura 61. Ventana del modulo menú

4.2.5 Integración y prueba de unidades

El modelo de cascada utilizado para la elaboración del sistema CONSA consta de cinco etapas: 1) Análisis de requerimientos, 2) Diseño de software, 3) Desarrollo del código, 4) Integración y prueba de unidades y 5) Funcionamiento y mantenimiento. En el capítulo dos de este documento, se desarrollaron las primeras tres etapas del modelo de cascada y a continuación en este apartado se presenta la integración y prueba de unidades donde se analiza, revisa y se corrigen las subrutinas y componentes del sistema CONSA hasta tener la satisfacción de los requerimientos del sistema.

Para la integración y prueba de unidades se utilizó el proyecto autorizado en el componente de “Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua (COUSSA 2008)” del programa de “Sustentabilidad de los Recursos Naturales”, apoyado en el estado de Oaxaca con recursos de la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

El proyecto autorizado fue el denominado “Desarrollo de microcuenca San Juan Bautista” ubicado en el municipio de San Juan Bautista Cohixtlahuaca del estado de

Oaxaca y que era un proyecto integral para una pequeña área de drenaje con una obra ancla (presa de mampostería para almacenamiento de agua) con sus presas de control de azolves (gaviones y piedra acomodada), terrazas, cercado y plantaciones de especies nativas para captar agua de buena calidad y reducir el azolvamiento (Cuadro 17).

Cuadro 17. Proyecto de San Juan Bautista Cohixtlahuaca

CONCEPTO DE INVERSION	U DE M
Presa de mampostería	OBRA
Presa filtrante de gaviones	OBRA
Adquisición de planta y plantación de especies nativas	HA
Presas filtrantes de piedra acomodada	OBRA
Terrazas de zanja- bordo	HA
Cercado para el establecimiento de áreas de exclusión	KM

La calibración y prueba de unidades de los modelos matemáticos utilizados para el diseño del proyecto de conservación dentro del Sistema CONSA consta de tres secciones: 1) Variables hidrológicas, 2) Diseño de obras y volumetría y 3) Presupuesto de las obras y acciones de conservación. Los resultados de las tres secciones señaladas se discuten a continuación:

4.2.5.1 Cálculo de las variables hidrológicas con el sistema CONSA

Para el diseño de la cortina de la obra de almacenamiento de agua y de retención de azolves con sus vertedores de demasías respectivos, se calculó el volumen de escurrimiento medio anual utilizando el método racional y se estimaron los gastos máximos escurridos para las obras de excedencia con el método de las curvas numéricas usando la precipitación máxima en 24 horas para un período de retorno de 10 años estimada por los métodos probabilísticos de valores extremos Gumbel tipo 1, Log-Pearson III y el método de Weibull.

Volumen de escurrimiento medio anual: Para su estimación se utilizó la precipitación promedio anual de 528 milímetros, obtenida de la estación número 20019, denominada San Juan Bautista Cohixtlahuaca, el área de cuenca del proyecto de Cohixtlahuaca es de 143 ha y el uso del suelo se identificó como “cultivo” que permitió asignar un

coeficiente de escurrimiento de 0.21, obteniendo un volumen medio anual de 158, 558 m³.

Escurrecimiento máximo instantáneo en m³/s: La precipitación máxima en 24 horas para un periodo de registro de 33 años (Cuadro 18) fue utilizada en la subrutina de estimación de valores extremos del sistema CONSA que permitieron estimar la precipitación máxima para un periodo de retorno de diez años con valores de 69.84 mm, 70.09 mm y 68.15 mm con los métodos de Gumbel tipo I, Log-Pearson III y el método de Weibull respectivamente.

Cuadro 18. Proyecto de San Juan Bautista Cohixtlahuaca

Año	Precipitación máxima en 24 horas	Año	Precipitación máxima en 24 horas	Año	Precipitación máxima en 24 horas	Año	Precipitación máxima en 24 horas
1951	42	1961	48	1971	30.9	1981	76.8
1952	27	1962	51	1972	63	1982	30.5
1953	40	1963	29	1973	62	1983	18
1954	40	1964	31	1974	44	1984	40.6
1955	58.5	1965	60	1975	56		
1956	43.5	1966	100	1976	37		
1957	40	1967	53	1977	41		
1958	43	1968	42.5	1978	32		
1959	84	1969	30	1979	49		
1960	33.5	1970	40.7	1980	75		

El escurrimiento medio de la cuenca para una precipitación máxima en 24 horas para un período de retorno de 10 años se estimó con el método de curvas numéricas, para ello, se consideró la precipitación máxima en 24 horas de 69.84 mm, obtenida con la distribución probabilística Gumbel tipo 1, se consideró el uso del suelo: *suelo descanso con práctica mecánica de surcos rectos* y se obtuvo con la subrutina CONSA un escurrimiento medio para este evento máximo de 54.30 m³.

Con el valor del escurrimiento medio y la precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 10 años, se estimó un coeficiente de escurrimiento de 0.78. Se evaluó el tiempo de concentración que se utilizó para obtener la intensidad de la lluvia (precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno dado entre el tiempo de

concentración), con este valor y la superficie de la cuenca utilizando el método racional modificado programado en el sistema CONSA y se obtuvo un gasto máximo de 21.57 m³/s que se utilizó para el cálculo del vertedor de demasías de la presa de almacenamiento (Cuadro 19).

Cuadro 19. Resultado de las variables hidrológicas con el sistema CONSA

VARIABLES HIDROLOGICAS	CONSA	COHIXTLAHUACA
Área de la cuenca: 147 ha	143	
Estación:	San Juan Bautista Cohixtlahuaca No. 20019	
Precipitación media (mm)	528	
Escurrimiento medio (m ³)	158,558	
Precipitación máxima en 24 horas con periodo de retorno (10 años)mm con Log-Pearson III	70.09	
Precipitación máxima en 24 horas con periodo de retorno (10 años)mm con Weibull	68.15	
Precipitación máxima en 24 horas con periodo de retorno (10 años)mm con Gumbel (mm)	69.84	
Gasto máximo en 24 horas para un periodo de retorno de 10 años (m ³ /s)	21.57	11.30

En el Cuadro 19 se muestra los resultados de las variables hidrológicas generadas por el Sistema CONSA y las estimadas para el proyecto de Cohixtlahuaca, encontrando que en el citado proyecto, se reportó un gasto máximo en 24 horas para un periodo de retorno de 5 años de 11.30 m³/ s, un dato menor comparado con el que se obtuvo con el sistema CONSA que fue de 21.57 m³/s, esto se explica porque el gasto máximo del expediente del proyecto fue estimado para un período de retorno de 5 años y fue obtenido con el promedio de tres métodos empíricos utilizados (formula de Gete, formula de Morgan y la formula de Ryves), al cual se le restó un 25% de pérdidas.

Los métodos empíricos del proyecto de Cohixtlahuaca permiten conocer de una manera rápida la magnitud de tal avenida, sin tener que recurrir a la recopilación de datos directos o esperar varios años para disponer de la información hidrométrica adecuada, sin embargo los métodos hidrológicos (Curvas Numéricas) con métodos probabilísticos (Distribución Log - Pearson tipo III, Distribución Gumbel y Weibull) y el método racional del Sistema CONSA permiten obtener resultados muy aceptables, al

estimar la magnitud de la avenida máxima, a partir de un registro (serie) de gastos máximos anuales instantáneos conocidos, por su extrapolación mediante su probable distribución de probabilidad a diversos periodos de retorno.

Cabe destacar que en los métodos empíricos utilizados en el proyecto de Cohixtlahuaca se utilizó un coeficiente de escurrimiento promedio de 0.21 y no el coeficiente de escurrimiento máximo propuesto para un evento extremo de diseño como lo propone el método de curvas numéricas del Servicio de Conservación de Suelos del Unión Americana para el diseño de obras de este tipo.

Es importante destacar que la utilización de los modelos hidrológicos para estimar los volúmenes medios y los gastos máximos para el diseño de pequeñas obras de almacenamiento no está bien reglamentada por las áreas operativas de los programas de conservación del suelo en el país, por lo que los modelos hidrológicos propuestos en el Sistema CONSA han sido utilizados en otras partes del mundo con buen éxito, razón por lo cual, la estimación de la precipitación máxima para 24 horas para diferentes periodos de retorno con modelos probabilísticos de valores extremos es ampliamente utilizada en diferentes partes del mundo. El uso de la precipitación máxima en 24 horas que requieren los modelos hidrológicos propuestos en el Sistema CONSA es posible, ya que existen estaciones meteorológicas que reportan en estos datos en México (ERIC 3 de IMTA).

El problema del uso de estos modelos hidrológicos propuestos es la estimación de los coeficientes de escurrimientos o de las curvas numéricas según sea el caso a nivel de área de drenaje ya que se carece de datos de textura del suelo, manejo del suelo, porcentos de cobertura vegetal que son necesarios a nivel de campo para delimitar polígonos con diferentes valores de estos coeficientes para después promediarlos en forma ponderada a nivel de zona de drenaje.

4.2.5.2 Diseño de las obras y cálculos de las volumetrías con el sistema CONSA

La validación de los datos de diseño de las obras de infraestructura de conservación de suelos, se realizó al comparar las volumetrías que resultaron utilizando el Sistema CONSA y los valores reportados en el proyecto de Cohixtlahuaca, para ello, se

analizaron las estimaciones de las volumetrías de las obras para la presa de mampostería, la presa filtrante de gaviones y la presa filtrante de piedra acomodada, estimadas con el Sistema CONSA para compararlas con el proyecto y se obtuvieron los siguientes resultados:

Presa de mampostería: Las dimensiones del vertedor se calcularon utilizando la fórmula de Francis para un gasto máximo instantáneo de $21.57 \text{ m}^3/\text{s}$ para un periodo de retorno de 10 años. Con la selección del coeficiente del vertedor del tipo lavadero y descarga directa, se propuso una carga para el diseño del vertedor de 0.80 m de tirante y 0.20 m de bordo libre, obteniendo una longitud del vertedor de 20.78 m.

La estabilidad de la obra de almacenamiento se calculó utilizando como datos iniciales una altura de cortina de 6.5 m, un vertedor con un bordo libre de 0.20 m y una carga de 0.80 m, valores que fueron utilizado dentro de la subrutina del Sistema CONSA para calcular el ancho de la corona, obteniendo un ancho de 0.56 m.

Se propuso un ancho de base de 5.3 m y con el algoritmo definido en el Sistema CONSA se obtuvo un valor de seguridad de 92.79%. Los factores de seguridad por volteo y deslizamiento estimados con el Sistema CONSA fueron de 4.52 y 1.54 respectivamente, siendo positivos y mayores a 1.5 y a 2 por lo que se consideran estables. Esto coincide con los factores reportados en el expediente del proyecto de Cohixtlahuaca.

Las diferencias en los diseños de la presa utilizando el Sistema CONSA, en comparación con el proyecto de la presa de Cohixtlahuaca, radican principalmente en el ancho de la corona, ya que por fórmulas que se utilizan en el Sistema CONSA se propuso un ancho de corona de 0.56 m y en el proyecto de Cohixtlahuaca se propuso un ancho de 1 m, valor que se utiliza para presas tipo, dicho valor modifica la base de la presa, ya que el Sistema CONSA propuso una base de la presa de almacenamiento de 5.3 m y en contraste en el proyecto se propuso solo 5 m. Ambas presas son seguras al volteo y deslizamiento como los definieron los factores reportados previamente. Los valores que se utilizaron para realizar el análisis estructural de la cortina de mampostería en el Sistema CONSA y el proyecto de Cohixtlahuaca.

Cuadro 20. Resultado análisis estructural obtenido con el Sistema CONSA y el reportado en el proyecto de Cohixtlahuaca

Conceptos	U.M.	CONSA	COHIXTLAHUACA
Altura total de la presa sin desplante	m	6.5	6.50
Peso volumétrico del agua	Kg/m ³	1000	1000
Peso volumétrico de la mampostería	Kg/m ³	2400	2200
Capacidad de carga del terreno	Ton/m ³	nd	20
Ancho de corona	M	0.56	1.00
Ancho de base	M	5.3	5.00
Nivel de aguas normales	M	5.5	5.50
Longitud del vertedor	M	20.78	7.90
Carga del vertedor	M	0.8	0.80
Bordo libre	M	0.2	0.20
Peso específico del azolve (kg/m ³)	Kg/m ³	1,350	nd
Coeficiente de Supresión		0.5	nd
Factor de seguridad por volteo		4.0	4.02
Factor de seguridad por deslizamiento		1.56	1.57

Se observa en el Cuadro 20, que la longitud del vertedor propuesta por el Sistema CONSA es de 20.78 m y la del proyecto es de 7.9 m, dicha diferencia se explica porque el gasto máximo instantáneo para un periodo de retorno de 10 años obtenido con el Sistema CONSA fue mayor que el reportado en el expediente del proyecto como se señaló previamente.

Con los datos de levantamiento topográfico de la sección transversal de la boquilla propuesta para la presa de mampostería de Cohixtlahuaca, con el Sistema CONSA se graficó la sección transversal que se muestra en la Figura 62.

Encadenamiento	Profundidad
0	0
0.71	0.69
1.71	1.66
2.71	2.63
3.71	3.61
4.71	5.18
5.71	7.16
14.94	7.5
16.94	7.39
18.94	7.39
20.94	6.6
22.94	5.36
24.94	3
25.96	1.01
26	0

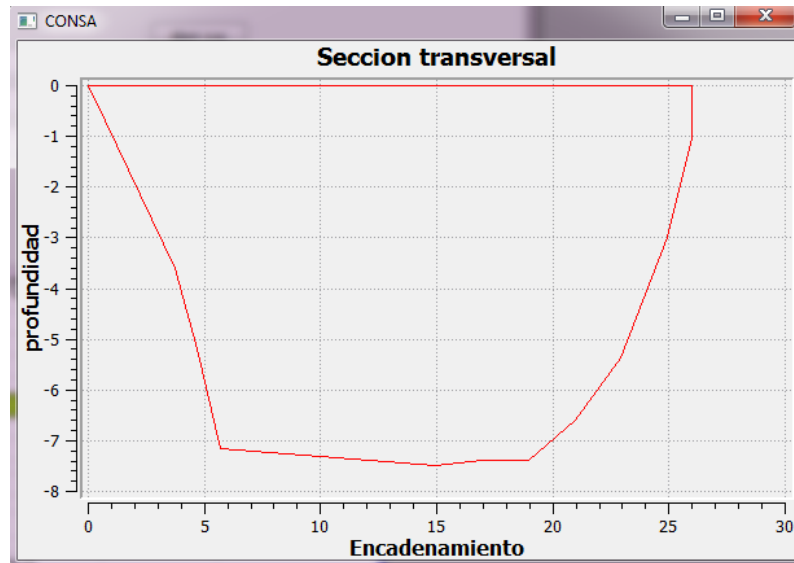


Figura 62. Sección transversal de la boquilla de la presa de mampostería de San Juan Bautista Cohixtlahuaca

Los valores que se utilizaron para estimar las volúmetrías de la presa de mampostería se muestran en el Cuadro 21 y fueron obtenidos del expediente del proyecto de Cohixtlahuaca, dichos datos se capturaron en el Sistema CONSA, obteniendo un volumen de cortina de la presa de 372.371 m³, un volumen de colchón hidráulico de 111.16 m³, un volumen de dentellón de 3.69 m³, un volumen de excavación de 226.341 m³ y un volumen de la pantalla de concreto de 100.35 m³.

La volúmetría de la presa de mampostería que se estimó con el Sistema CONSA se muestra en la columna 1 del Cuadro 22 que servirá de base para compararla con la volúmetría de la presa reportada para el proyecto y la que se obtuvo con el Sistema CONSA utilizando información reportada en el propio proyecto (Cuadro 21).

Cuadro 21. Valores de las secciones de la presa de mampostería

No.	Sección	Altura	Ancho
1	MI 8		
2	MI 7		
3	MI 6	0.6900	0.7100
4	MI 5	1.6600	1.0000
5	MI 4	2.6300	1.0000
6	MI 3	3.6100	1.0000
7	MI 2	5.1800	1.0000

No.	Sección	Altura	Ancho
8	MI 1	7.1600	1.0000
9	Sec	7.5000	9.2300
	Máx.		
10	MD 1	7.3900	2.0000
11	MD 2	7.3900	2.0000
12	MD 3	6.6000	2.0000
13	MD 4	5.3600	2.0000
14	MD 5	3.0000	2.0000
15	MD 6	1.0100	1.0200

Los resultados de volumetría obtenidos con el Sistema CONSA, los estimados con el Sistema con datos del proyecto y la volumetría reportada de la presa de mampostería del proyecto de Cohixtlahuaca (Columnas 2, 3 y 4 del Cuadro 22 respectivamente) muestran una gran similitud siendo prácticamente iguales.

Cuadro 22. Volumetría de la presa de mampostería obtenida con el Sistema CONSA y la reportada por el proyecto y la obtenida con el Sistema con datos del proyecto

VOLUMETRÍA	SISTEMA CONSA	PROYECTO COHIXTLAHUACA CON CONSA	PROYECTO COHIXTLAHUACA
Longitud total de cortina	25.94	25.94	25.94
Volumen de la cortina (m ³)	372.371	414.85	411.6
Volumen de colchón Hidráulico (m ³)	111.176	27.2	27.2
Volumen de dentellón (m ³)	3.692	3.69	4.43
Volumen de muros guía (m ³)	10.668	7.72	7.96
Volumen de excavación (m ³)	226.341	229.54	229.78
Área de Aplanado (m ²)	154.31	145.53	145
Volumen de pantalla de concreto (m ³)	100.35	100.35	ND
Volumen de la bóveda (m ³)	1.47	1.47	ND

Al comparar los datos de volumetría de la presa de mampostería del proyecto de Cohixtlahuaca con los estimados con el Sistema CONSA para el diseño estructural de la obra reportan algunas diferencias en la longitud de vertedor y ancho de la corona como ya se había reportado, razón por la cual la volumetría de la cortina de la presa obtenida con el Sistema CONSA es menor en relación con la reportada en el proyecto y con el Sistema con datos del proyecto y el volumen de colchón hidráulico de la presa obtenida con el Sistema CONSA es mayor que el reportado con el proyecto y el obtenido con el Sistema con datos del propio proyecto (Cuadro 22).

Es importante destacar que el diseño de pequeñas obras en la mayor parte de México ha carecido de especificaciones técnicas para el diseño estructurales y las especificaciones de presupuestos, razón por la cual se han elaborado y autorizados proyecto de obras de infraestructura siguiendo diferentes criterios para el diseño estructural y prevalecen los casos donde se utilizan diseños tipos que escalan para diferentes condiciones.

En este caso, se utilizaron las especificaciones de diseño de pequeñas obras de almacenamiento que se presentan en los libros de pequeñas obras de almacenamiento de Chapingo (Arteaga, 2008), las fichas técnicas elaboradas por el Colegio de Postgraduados para la SAGARPA (López y Oropeza 2010) y los diseños estructurales de pequeñas obras de almacenamiento que utiliza la CONAZA, mismas que sirvieron de base para definir los algoritmos para el diseño de este tipo de obras y que se validó con la presa de almacenamiento que proyectó y construyó la CONAZA en el Municipio de San Juan Bautista Cohixtlahuaca del estado de Oaxaca.

El éxito para la utilización del Sistema CONSA en el diseño de pequeñas obras de almacenamiento estriba en el levantamiento de la información de campo, de variables hidrológicas, boquilla, área de drenaje, áreas capacidades, condiciones de permeabilidad del área de almacenamiento y las ecuaciones que se utilizan para el diseño estructural que dará los factores de seguridad contra el volteo y el deslizamiento de la obra.

Presa filtrante de gaviones: Los cálculos para el diseño de la presa filtrante de gaviones se realizó tomando en cuenta el arreglo real en campo, cubicando los escalones con el Sistema CONSA al sustituir los datos del proyecto de Cohixtlahuaca, obteniendo una volumetría de mampostería de 54 m^3 y una volumetría de gavión de 32 m^3 , La volumetría reportada en el proyecto indican una volumetría de 52.26 y 25 m^3 respectivamente, siendo similares en la mampostería, y distintos en cuanto a la volumetría de gavión, esto se explica por presupuestos utilizados eran cada tipo de material utilizado.

Presas de piedra acomodada: Los cálculos de la volumetría de las presas de piedra acomodada obtenidos con el Sistema CONSA reportan una volumetría de piedra de 27.43 m³ para una altura total de 2 m, un ancho de base de la presa de 1.85 m y una longitud de la corona de 9 m. La volumetría de la presa de piedra acomodada reportada en el proyecto de Cohixtlahuaca fue de 32.10 m³, la diferencia que existe en la volumetría de la presa obtenida con el Sistema y la reportada en el proyecto se explica porque las presas filtrantes del proyecto Cohixtlahuaca son tipo y no se toma en cuenta la sección transversal de la boquilla donde se pretende construir la obra.

Para las obras de control de azolves como se trata de obras de menor costo, normalmente se utilizan diseños de presas de control de azolves tipos con diferentes materiales, en mayor parte de los casos se utilizan proyectos tipos que adecuan para diferentes condiciones y con las experiencias de los precios unitarios de la mano de obra se obtienen los presupuestos. Sin embargo, es recomendable para pequeñas presas de control de azolves de piedra acomodada de menos de 3 metros de altura utilizar las tablas de especificaciones de diseño reportadas en el Manual de Conservación del Suelo y del Agua del Colegio de Postgraduados como se utilizó en el Sistema CONSA y que solo fue comparado con la información obtenida de campo de las presas de gaviones y piedra acomodada que diseñó, presupuestó y construyó CONAZA. Cuando se tengan que construir presas de control de azolves de más de 3 metros de altura se recomienda que se utilicen los criterios de diseño que aparecen en las fichas técnicas elaboradas por el CP para la SAGARPA y que aparecen en la página:

<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Paginas/tecnologiasatualcance.aspx>

4.2.5.3 Generación de presupuestos con el Sistema CONSA

La validación de los presupuestos de las obras y prácticas obtenidas con el Sistema CONSA se realizó al compararlos con los presupuestos reportados en el proyecto de Cohixtlahuaca. Los presupuestos unitarios de la presa de mampostería, presa filtrante de gaviones, presa de piedra acomodada, zanjas bordo, plantación de especies nativas en barreras vivas y el cercado para establecimiento de áreas de exclusión, se discuten y se analizan a continuación:

Presupuesto de mampostería: Los conceptos de obra para conformar el presupuesto de la presa de mampostería se dividieron en trabajos preliminares y en obra civil, obteniendo un costo total de la obra principal de \$ 735,160.00 utilizando el Sistema CONSA que es mayor que el costo de \$ 661,474 reportado en el proyecto de Cohixtlahuaca. Esta diferencia se explica ya que los presupuestos de la presa de mampostería obtenida con el Sistema CONSA, consideró una cortina con un ancho de la corona de 0.56 m y un vertedor con una longitud de 20.78 m que aumentó el volumen de colchón hidráulico y los conceptos de obra como la pantalla de concreto como impermeabilizante en la cara interior de la presa de mampostería, lo cual elevó los costos de la presa.

Presa filtrante de gaviones: Los conceptos que se incluyen en el presupuesto de las presas filtrantes de gaviones se muestran en el Cuadro 23. Por unidad de obra, en el Sistema CONSA se obtuvo un costo de \$128,448.00 pesos, considerando un volumen de 32 m³ de gavión y 54 m³ de mampostería. Con los datos reportados en el proyecto Cohixtlahuaca y que se utilizaron en el Sistema CONSA se obtuvo un costo de las obras de \$107,792.00. El costo de la presa reportada en el expediente del proyecto fue de \$104,129.91 que es ligeramente menor que el estimado con el Sistema CONSA que se explica por las diferencias de las volúmenes de gavión utilizadas en el Sistema y en el proyecto.

Presas de Piedra acomodada: El costo de la presa filtrante de piedra acomodada estimada con el Sistema CONSA fue de \$9,125.00, el costo de la presa de piedra acomodada del proyecto Cohixtlahuaca en el sistema CONSA fue de \$9,455.00 y el costo que viene en expediente del proyecto fue de \$9,456.55 que son muy similares.

Zanjas bordo: Los conceptos de obra considerados en el presupuesto de las zanjas bordo son el trazo, la limpieza, la excavación y la herramienta menor. Con el Sistema CONSA se obtuvo un costo de \$2,677.00 por hectárea, considerando una zanja de 0.40 m de ancho por 0.40 m de profundidad, con un espaciamiento entre zanjas de 11.38 m, lo que generó una longitud de la zanja de 878 m y un volumen de excavación de 140 m³. El costo de la zanjas bordo reportadas en el expediente fue de \$3,870.00/ha

debido a que en el proyecto se consideró la compra total de la herramienta y en el Sistema CONSA solamente se consideró un 3% del costo de la mano de obra.

Para el diseño de las zanjas bordo y terrazas en general solo se toma la sección tipo o diseño tipo y las especificaciones de diseño se estiman por unidad de área, sin considerar la forma del área a beneficiar por lo que es recomendable que en base a la pendiente del terreno y la forma de la parcela se calcule el espaciamiento entre líneas y la longitud de la mismas como está planteado en el Sistema CONSA. Por lo que los presupuestos deberían quedar definidos por metro lineal de zanjas bordo o terrazas para inducir a definir un plano con la ubicación de las zanjas o terrazas y con sus costos por metro lineal o metros cúbicos de movimiento de tierra, situación que debe quedar definido con los operadores del gasto de las obras de conservación de suelos.

Cercado para establecimiento de áreas de exclusión: El costo del cercado por kilometro estimado con el Sistema CONSA fue de \$55,994.7 y el costo del cercado reportado en el expediente fue de \$54,104.59, lo cual muestra que las diferencia son mínimas ya que el presupuesto considera principalmente los materiales de construcción.

Plantación en barreras vivas de pino: La interfaz desarrollada en el Sistema CONSA considera un espaciamiento entre barreras vivas basándose en la pendiente y la precipitación. Las especies a utilizar pueden elegirse de la base de datos del Sistema y los espaciamientos entre plantas. Para este caso, las especies utilizadas y los espaciamientos entra plantas se presentan a continuación: agave 2.5 m; frutales 4 m; Nopal 0.40 m; Pino 1 m y Pitayo 4 m⁶.

De acuerdo con el Sistema CONSA la hectárea de barreras vivas con pino cuesta \$8,350.90, considerando el costo de adquisición de la planta puesta en la parcela, la apertura de cepas, la plantación, el abono y su aplicación, así como la herramienta. El costo de las plantaciones con especies nativas reportados en el expediente de proyecto

⁶ Estos son los espaciamientos entre plantas que se recomiendan a nivel operacional para prevenir los bajos índices de sobrevivencia de las plantaciones de especies nativas de estos programas de conservación

de Cohixtlahuaca fue de \$8,840.00, que es muy similar al estimado con el Sistema. En este caso es recomendable revisar los algoritmos de cálculos y las bases de datos que los alimentan para mejorar y precisar los costos de estas prácticas de conservación.

4.2.5.4 Resumen de presupuesto de inversión

En el Cuadro 23, se muestran presupuestos por cada tipo de obra o práctica propuesta considerando la unidad de medida que está de acuerdo con la apertura programática del componente COUSSA, los costos totales de los presupuestos obtenidos con el Sistema CONSA y los reportados en el expediente del proyecto Cohixtlahuaca obteniendo que el costo total del proyecto elaborado con el Sistema CONSA fue mayor con \$ 102, 084.73, al reportado en el expediente, situación que se explica en más del 75% de los incrementos en costos por los aumentos en los volúmenes de obra a realizar para la construcción del colchón hidráulico y de la pantalla de concreto, así como para la construcción del vertedor de demasías.

Cuadro 23. Resultados comparativos del costo total del proyecto obtenido con el Sistema CONSA y los reportados en el expediente del proyecto.

No.	CONCEPTO DE INVERSION	U DE M	CANT.	COSTO TOTAL EXPEDIENTE	TOTAL SISTEMA CONSA	DIFERENCIA
1	Pequeña presa de mampostería	Obra	1.00	\$657,269.82	\$735,160.00	\$77,890.18
2	Presa filtrante de gaviones	Obra	1.00	\$104,129.91	\$128,448.00	\$24,318.09
4	Presas filtrantes de piedra acomodada	Obra	1.00	\$9,456.55	\$9,125.00	-\$331.55
5	Terrazas de zanja- bordo	Ha	1.00	\$3,870.00	\$2,677.00	-\$1,193.00
3	Adquisición de planta y plantación de especies nativas 1	Ha	1.00	\$8,840.00	\$8,350.90	-\$489.10
6	Cercado para el establecimiento de áreas de exclusión	Km	1.00	\$54,104.59	\$55,994.70	\$1,890.11
TOTAL				\$837,670.87	\$939,755.60	\$102,084.73

El presupuesto de la construcción de la presa de gaviones fue objeto de cambios del presupuesto total, con una diferencia de \$24,318.09, debido a las diferencias entre la volumetría de gaviones y de concreto ciclópeo ya que fueron mayores en el Sistema CONSA por las dimensiones estipuladas en los cálculos del diseño de la presa. Esta situación es muy común para este tipo de presas por lo que es recomendable tener el

levantamiento de la sección transversal donde se va a construir la presa y el área de drenaje para realizar un mejor diseño de la presa y su presupuesto de obra.

Tomando en cuenta que se presentaron diferencia en la metodología utilizada en el diseño y especificaciones de las obras y prácticas propuestas en el proyecto de Cohixtlahuaca y las propuestas en el Sistema CONSA, se tomó la información reportada en el expediente del proyecto y se alimentó el Sistema para generar los presupuestos de las obras y prácticas del proyecto, mismos que se presentan en el Cuadro 24.

Los presupuestos obtenidos con el Sistema utilizando los datos del proyecto y los reportados en el mismo son muy similares existiendo una diferencia en costos totales de \$11,072.73, la cual se explican porque el IVA que se utilizó con el Sistema CONSA fue del 16% y el IVA que se utilizó para elaborar el expediente del proyecto fue del 15% (Cuadro 24).

Cuadro 24. Resultados comparativos de los presupuesto obtenido con el Sistema CONSA utilizando los datos del proyecto y los reportados en el expediente.

CONCEPTO DE INVERSION	U DE M	CANT.	COSTO TOTAL EXPEDIENTE	TOTAL SISTEMA CONSA-EXPEDIENTE	DIFERENCIA
Pequeña presa de mampostería	Obra	1.00	\$657,269.82	\$664,474.00	\$7,204.18
Presa filtrante de gaviones	Obra	1.00	\$104,129.91	\$107,792.00	\$3,662.09
Presas filtrantes de piedra acomodada	Obra	1.00	\$9,456.55	\$9,455.00	-\$1.55
Adquisición de planta y plantación de especies nativas 1	Ha	1.00	\$8,840.00	\$8,350.90	-\$489.10
Terrazas de zanja- bordo	Ha	1.00	\$3,870.00	\$2,677.00	-\$1,193.00
Cercado para el establecimiento de áreas de exclusión	Km	1.00	\$54,104.59	\$55,994.70	\$1,890.11
TOTAL			\$837,670.87	\$848,743.60	\$11,072.73

Debe señalarse que para obtener los presupuestos de las obras y prácticas de conservación del suelo y agua el Sistema CONSA se debe alimentar con los precios unitarios vigentes, mismos que forma parte importante del Sistema y que está diseñado para que el operador del Sistema los pueda cambiar, de acuerdo con la normatividad

establecida en cada programa de Conservación de suelos que se realiza en el país o en otra partes del mundo.

Para que el Sistema COUSSA opere de acuerdo con su diseño se debe revisar su funcionamiento con los operadores de los programas para continuar con la integración de otras obras y prácticas de interés de los programas, si fuera el caso, y para realizar las pruebas de unidades que reporta el Sistema y sobre todo en la definición de las normas para la elaboración de los proyectos de Conservación del Suelo y del Agua (CONSA) y Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua (COUSSA) que tiene definido el gobierno federal a través de la SAGARPA.

Finalmente, la última etapa del modelo en cascada es el funcionamiento y mantenimiento del Sistema CONSA por lo que se recomienda que este software diseñado pueda ser sometido a la consideración de las áreas operativas de los programa de conservación del suelo y agua en México para que lo utilicen y en caso de serles de utilidad le puedan dar mantenimiento para su utilización continua ya que podrá ayudar a los operadores a facilitar y sistematizar su trabajo en la elaboración de proyectos de conservación del suelo y agua en el país.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El trabajo de tesis presentado como un Sistema de Conservación del Suelo y Agua es un esfuerzo que trato de vincular a técnicos de las áreas operativas del sector público con personal académico de las instituciones de enseñanza e investigación para probar la hipótesis que los técnicos responsables de programas operativos de CONSA al decidir estudiar un postgrado pueden diseñar o plantear herramientas o instrumentos que sirvan para mejorar la operación de los programas institucionales de conservación de recursos.

La fortaleza de esta investigación se basó en el conocimiento de la operación de los módulos operativos de COUSSA que apoya la SAGARPA y de la necesidad de establecer en forma sistemática metodologías confiables para la elaboración de

proyectos de CONSA en el país, razón el Sistema de Conservación del Suelo y Agua (CONSA) es un resultado de este esfuerzo.

El Sistema CONSA es una herramienta confiable para diseñar y presupuestar obras y prácticas de CONSA que permite trabajar directamente con subsistemas o en su caso utilizar módulos completos, con la finalidad de elaborar los presupuestos de las mismas.

El Sistema CONSA es modular y se diseñó para un grupo de obras y prácticas que se utilizaron en algunos proyectos de COUSSA presentados y operados por la CONAZA en el estado de Oaxaca y que sirvieron de modelo para la elaboración de este software.

El Sistema CONSA permite realizar cambios en la lista de los precios unitarios para mantenerse actualizado. Se propone que los cambios se realicen en el programa ACCESS, por personal capacitado en programación, y que sea el administrador y usuario del Sistema el responsable de autorizar los cambios, situación que representa una seguridad para que los precios unitarios de las obras y prácticas no se manipulen por cualquier usuario.

El Sistema CONSA permite incluir nuevas obras y prácticas, utilizando una programación en lenguaje c++. Para cumplir con el funcionamiento y mantenimiento del sistema se recomienda dividir las acciones en componentes de obras que requieren de un diseño estructural y en obras y prácticas de conservación de suelo y del agua.

El Sistema CONSA se recomienda utilizar como una herramienta de apoyo y de trabajo para los técnicos que elaboran y supervisan los proyectos de conservación de suelo y agua a nivel nacional, ya que estandariza los cálculos y resultados en el diseño de las obras.

El sistema CONSA es eficiente para la generación de presupuestos unitarios, pero falta un largo proceso de programación para tener todas las prácticas de CONSA, por lo que se recomienda que sea un área operativa de estos programas la que continúe con actualización del sistema.

Existen dependencias que dado la necesidad de estas obras, han diseñado hojas de cálculo Excel para su utilización institucional que no han sido publicadas para que puedan ser utilizadas proyectistas de CONSA, por lo que es necesario que estos trabajos se den a conocer al público que es usuario de estos conocimientos.

6 LITERATURA CITADA

- Améndola, R. & Epigmenio C. & Pedro A. (Activo junio 2011) disponible en: http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Counprof/spanishtrad/Mexico_sp/Mexico_sp.htm#3b
- Arteaga, E.T. 2009. Presas de cortina y tierra compactada para abrevadero y pequeño riego, fichas técnicas de la SAGARPA elaboradas por el Colegio de Postgraduados. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Paginas/FichasCOUS SA.aspx>
- Boehm B. 1981. Software Engineering Economics, Englewood Cliffs, Nueva Jersey.
- Brian R. Bicknell & John C. Imhoff & John L. Kittle, Jr. & Thomas H. Jobes & Anthony S. Donigian, Jr. Hydrological simulation program - fortran (Activo Diciembre 2010), disponible en: www.epa.gov/waterscience/BASINS/b3docs/HSPF.pdf
- Brunner W., G. HEC-RAS, River Analysis System, Reference Manual, US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center. (Activo Diciembre 2010), disponible en: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>
- Cataldi, Z.1, Lage, , Pessacq, y García Martínez, Ingeniería de Software educativo, (Activo Diciembre 2010), disponible en: <http://www.iidia.com.ar/rgm/comunicaciones/c-icie99-ingenieriasoftwareeducativo.pdf>
- Craing D. I., 2007. Object-Oriented Programming Languages: Interpretation. Springer Edition.
- Chow V. T. 1954. The log-probability law and its engineering applications. Proc. Am. Soc. Civ. Eng. 80:1-25.
- Colegio de Postgraduados. 1991. Manual de conservación del suelo y del agua. Chapingo. Mx. Colegio de postgraduados
- COLPOS, 2010. Metodología técnica prototípica para el aprovechamiento de agua en proyectos COUSSA. Dr. Mario Martinez Menes, profesor investigador del Colegio de Postgraduados. (No publicado)
- E. Kendall, Kenneth & Kendall. 2005. Análisis y diseño de sistemas. Sexta edición Pearson Educación, México.
- EIAS, 2010. Grupo de investigaciones para agua y suelo. (Activo Diciembre 2010), disponible en: <http://eias.utralca.cl/hydrology/design/sscs.html>

- Flores-López, H.E.;Ramírez-Vega, H.;Byerly-Murphy, K.F.;Ruiz-Corral, J.A.;Martínez-Sifuentes, J.A.;Díaz-Mederos, P.;Alemán-Martínez, V. Estimación de escurrimiento superficial en la cuenca El Jihuite, México TERRA Latinoamericana, Vol. 21, Núm. 3, julio-septiembre, 2003, pp. 389-400 Universidad Autónoma Chapingo
- Garrido M. J. 2003. Object-Oriented Programming: From Problem Solving to Java, programming series.
- Gumbel. 1941. The return period of flood flows. The annals of mathematical statistics. 12(2):163-190.
- HEC-1, 2010. Hydrologic Engineering Center, HEC-1 Flood Hydrograph Package User's Manual. (Activo Diciembre 2010), disponible en: <http://www.hec.usace.army.mil/software/legacysoftware/hec1/hec1-download.htm>
- Heilman P. & Lawrence P. 2010, Watershed Planning with the Facilitator Decision Support System.(Activo Diciembre 2010), disponible en: <http://www.ars.usda.gov/pandp/people/publications.htm?personid=2424> and <http://www.tucson.ars.ag.gov/icrw/Proceedings/Heilman.pdf>
- Izquierdo R.L. 2010. Introducción a la programación orientada a objetos. (Activo Diciembre 2010), disponible en: <http://luis.izqui.org/resources/ProgOrientadaObjetos.pdf>
- Juan José López Aguilar., 2005 Análisis de Precios Unitarios, (Activo Diciembre 2010), disponible en: <http://documentos.arq.com.mx/Detalles/30784.html>
- Kernell G. Ries, 2007. The National Streamflow Statistics Program: A Computer Program for Estimating Streamflow Statistics for Ungaged Sites. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia
- Kruchten, P. (2000). *The Rational Unified Process: An Introduction*. Addison-Wesley, second edition.
- Lafore R. 2002. Object-Oriented Programming in C++, Fourth Edition, by Sams Publishing
- Laplante, Phillip A. 2003. Software engineering for image processing systems / (Image processing series), by CRC Press LLC.
- Laplante, Phillip A. 2007. What every Engineer should Know about Software Engineering, CRC Press is an imprint of the Taylor & Francis Group, 2007.
- Laplante, P.A., Neill, C.J., and Jacobs, C. 2002. Requirements Specification Practices: Some Real Data, paper presented at 27th NASA/IEEE Software Engineering Workshop, Greenbelt, MD, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA. Proceedings on disk.
- Lopez R.M. & Oropeza M. J.L. 2009. Presas de gaviones, fichas técnicas de la SAGARPA elaboradas por el Colegio de Postgraduados. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Paginas/FichasCOUS SA.aspx>

- MCMillan M. 2004. Object-oriented programming with visual basic.net, Cambridge, University press.
- Meyer, B. 1999. Construcción de Software Orientado a Objetos. 2ª Edición. Prentice Hall.
- Muñoz C.& Ritter R. 2005, Hidrología Agroforestal. Ediciones Muniprensa.
- NRCS 2010a. Natural Resources Conservation Services. WIN-TR20 (Activo Diciembre 2010), disponible en: http://www.wsi.nrcs.usda.gov/products/w2q/h&h/tools_models/WinTR20.html
- NRCS 2010b. Natural Resources Conservation Services. WIN-TR55 (Activo Diciembre 2010), disponible en: http://www.wsi.nrcs.usda.gov/products/w2q/h&h/tools_models/wintr55.html
- NSS 2010. National Streamflow Statistics program, (Activo Diciembre 2010), disponible en: <http://water.usgs.gov/software/NSS/>
- Peña, A. A. 2006. Sistemas basados en Conocimiento: Una Base para su Concepción y Desarrollo. Instituto Politécnico Nacional.
- Presman R.S. 2002. Ingeniería del Software un enfoque practico, Quinta edición Mc Graw Hill.
- Ponce, V. M. 1989. Engineering Hydrology, Principles and Practices, Prentice Hall.
- Ramírez M., Ghanem A., Lárez H., 2006. Estudio comparativo de los diferentes métodos utilizados para la predicción de intensidades máximas de precipitación para el diseño adecuado de estructuras hidráulicas. Saber, Universidad de Oriente, Venezuela. Vol. 18. Nº 2: 189-196. (2006)
- Rawls, W.J., S.L. Wong and R.H. McCuen, 1981, "Comparison of Urban Flood Frequency Procedures," Preliminary Draft, U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Beltsville, MD.
- Rojas, R.G. 2004. Sistema de información para el seguimiento y control del mantenimiento de distritos de riego. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillos.
- Rodríguez C.D. 2010. Creación de una aplicación web basada en software libre para la visualización y consulta de información catastral del ayuntamiento de Cerdanyola del Vallès. Proyecto Final del Máster en Tecnologías de la Información Geográfica, 11ª edición Departamento de Geografía Universidad Autónoma de Barcelona Febrero 2010. (Activo Diciembre 2010), disponible en: http://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2010/hdl_2072_83174/Treball+de+recerca.pdf
- Salazar L.J. 2000. Sistema basado en conocimiento y técnicas de información geográfica aplicado al manejo de cuencas hidrográficas. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados Campus Montecillos.
- SEMARNAT-UACH. 2002. Evaluación de la pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica, en la republica mexicana escala 1:1000 000 (Activo Diciembre 2010),

- disponible en:
http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/03_suelos/cap3_2.html
- SCS (Soil Conservation Service). 1972. National engineering handbook. Section 4. Hydrology. U. S. Department of Agriculture. Washington, DC, USA.
- Sigwart C. & Col. 1990. Software Engineering: a project oriented approach. Franklin, Beedle y Associates, Inc., Irvine, California, citado en Piattini (1996).
- Sommerville Y. 1985. Software Engineering. Addison Wesley.
- Sommerville, I. 2005. Ingeniería de software. Ed. Pearson educación S.A. Madrid. 712 pag. Pressman.
- Taylor, D.A. 1990 Object-Oriented Technology: A Manager's Guide, Addison-Wesley
- Torosi, M., G. 2010. Diseño estructurado, facultad regional de resistencia, diseño de sistemas, (Activo Diciembre 2010), disponible en:
http://www.chaco.gov.ar/utn/disenodesistemas/apuntes/de/dise%C3%B1o_estructurado.htm
- Thomas M. Cole, & Edward M. Buchak, 1995. CE-QUAL-W2: A Two-Dimensional, Laterally Averaged, hydrodynamic and Water Quality Model, Version 2.0, (Activo Diciembre 2010). Disponible en:
http://www.coe.uncc.edu/~jdbowen/neem/w2_v2_manual.pdf
- SEMARNAT-CONAFOR. 2007. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de Obras y Prácticas. Tercera edición. Jalisco, México.
- Sieber J. 2010. Water evaluation and planning System, User Guide, (Activo Diciembre 2010), disponible en: <http://www.weap21.org/>
- Vargas C.A. 2007. Análisis de sistemas. (Activo Diciembre 2010), disponible en: www.cs.umss.edu.bo/doc/material/mat_gral_122/DFdatos.pdf
- Vasconcelos S.J. 2000. Manual de construcción de programas, (Activo Diciembre 2010), disponible en:
http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/construccion_programas/programar.pdf
- Warner J.C. 2010. HEC-RAS River Analysis System Application Guide, US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center. (Activo Diciembre 2010), disponible en: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>
- Weibull W. 1939. A statistical theory of the strength of materials. Ingeniors Vetenskaps Akademien (The Royal Swedish Institute for Engineering Research). Proc. 51:5-45.
- Zuluaga R. J. 2010. Análisis de requerimientos. (Activo Diciembre 2010), disponible en: www.galeon.com/zuloaga/Doc/AnalisisRequer.pdf

ANEXO 1 .FACTORES DE FRECUENCIA PARA PEARSON III

TABLE A-6 FREQUENCY FACTORS K FOR PEARSON TYPE III DISTRIBUTIONS VERSUS SKEW COEFFICIENT C_s AND RETURN PERIOD T (OR PROBABILITY OF EXCEEDENCE P)

Skew Coefficient C_s	Return Period T (y)									
	1.05	1.11	1.25	2	5	10	25	50	100	200
	Probability of Exceedence P (percent)									
	95	90	80	50	20	10	4	2	1	0.5
3.0	-0.665	-0.660	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970
2.8	-0.711	-0.702	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.6	-0.762	-0.747	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.4	-0.819	-0.795	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584
2.2	-0.882	-0.844	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.075	4.444
2.0	-0.949	-0.895	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.398
1.8	-1.020	-0.945	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.6	-1.093	-0.994	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990
1.4	-1.168	-1.041	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.2	-1.243	-1.086	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.0	-1.317	-1.128	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
0.8	-1.388	-1.166	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.6	-1.458	-1.200	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.4	-1.524	-1.231	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.2	-1.586	-1.258	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.0	-1.645	-1.282	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
-0.2	-1.700	-1.301	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388
-0.4	-1.750	-1.317	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-0.6	-1.797	-1.328	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016
-0.8	-1.839	-1.336	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-1.0	-1.877	-1.340	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-1.2	-1.910	-1.340	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.4	-1.938	-1.337	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351
-1.6	-1.962	-1.329	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.8	-1.981	-1.318	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097
-2.0	-1.996	-1.302	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995
-2.2	-2.006	-1.284	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907
-2.4	-2.011	-1.262	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833
-2.6	-2.013	-1.238	-0.499	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
-2.8	-2.010	-1.210	-0.460	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-3.0	-2.003	-1.180	-0.420	0.393	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667

Source: U.S. Interagency Advisory Committee on Water Data, Hydrology Subcommittee (1983). "Guidelines for Determining Flood Flow Frequency," *Bulletin No. 17B*, issued 1981, revised 1983.

ANEXO 2. MANUAL DE USUARIO PROGRAMA CONSA

1 Procedimiento de instalación

El programa no requiere instalación, ya que es una aplicación directa, (copie la carpeta CONSA en C:/), por lo que para iniciar verifique que en la carpeta denominada CONSA, se encuentren los siguientes cinco archivos con extensión .dll: 1) libgcc_s_dw2-1.dll; 2) mingwm10.dll; 3) QtCored4.dll, 4) QtGui4.dll; 5) QtSql4.dll, así como dos carpetas con los nombres imageformats y sqldrivers y el archivo con extensión .exe denominado CONSA. (Figura 1)

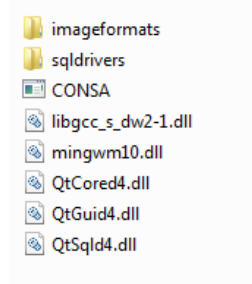


Figura 1. Archivos que se deben tener en la carpeta del archivo CONSA. Exe

2 Inicio del sistema

Para iniciar el programa seleccione el archivo CONSA.exe y ábralo el cual inmediatamente muestra la pantalla de presentación del sistema. (Figura 2)

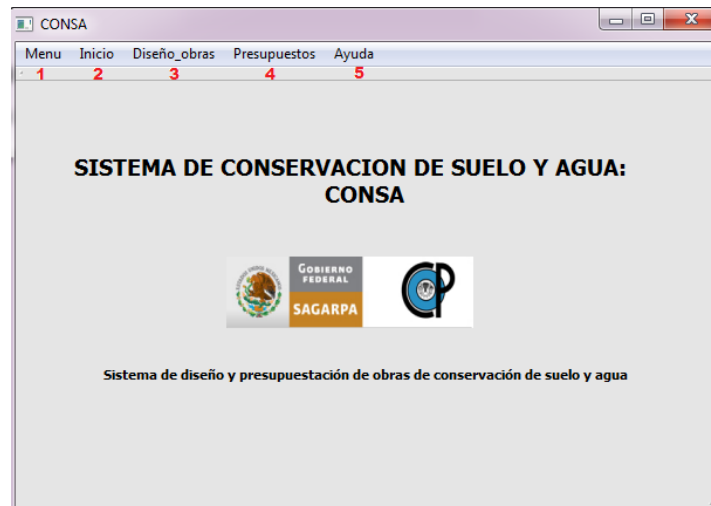


Figura 2. Pantalla de inicio

El sistema tiene cinco módulos:

1. Menú: Este modulo permite abrir o guardar un archivo que ya existe
2. Inicio: En este modulo se inicia un proyecto nuevo
3. Diseño de obras: En este modulo se encuentran todos los cálculos de diseño y volumetrías de las obras.
4. Presupuestos: Este modulo permite obtener los presupuestos del catalogo de obras.
5. Ayuda: El modulo permite abrir el manual de usuario, en un archivo en PDF.

El sistema CONSA puede trabajarse de dos maneras: 1) para realizar un proyecto completo ó 2) como consulta a fin de realizar cálculos rápidos, la diferencia radica que en el primero se guardan los datos en la computadora y en el segundo solo hace los cálculos sin guardar la información. A continuación se describirá el procedimiento para trabajar un proyecto completo.

Para realizar un proyecto completo se abre el modulo de inicio (Figura 3), se sigue el siguiente procedimiento:

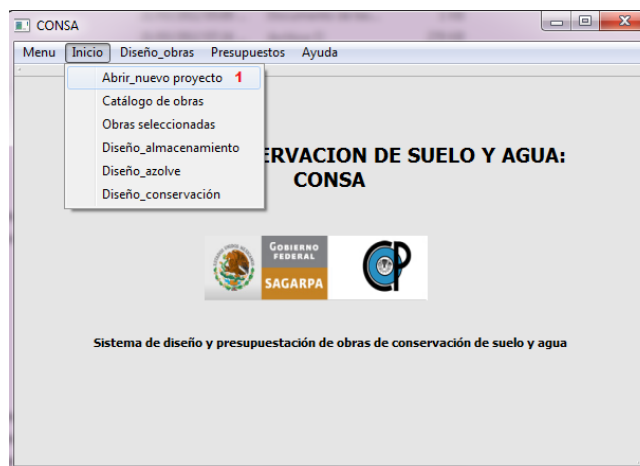


Figura 3. Procedimiento modulo inicio

1.- Abrir_ nuevo proyecto:

Abra la ventana Abrir _nuevo proyecto, se abrirá la ventana de datos generales del proyecto, esta ventana tiene la finalidad de crear un archivo con extensión .txt en el cual se guardaran los datos del proyecto (Figura 4).

2.- Capture la información que le solicita el sistema: nombre del proyecto, municipio, localidad, localización geográfica, nombre de la microcuenca, área de la cuenca, perímetro, longitud del cauce principal, cota inicial y cota final (Figura 4).

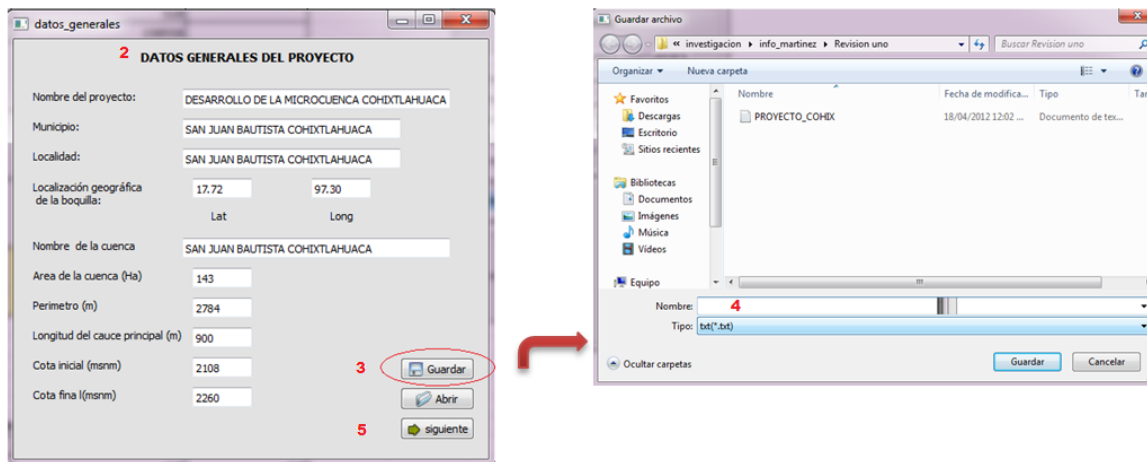


Figura 4. Procedimiento para guardar nuevo proyecto

3.- y 4.- Si ya tiene toda la información capturada, oprima el botón guardar y guarde la información en la carpeta que Usted quiera, la información se guarda en un archivo con formato .txt (Figura 4).

5.- Oprima el botón siguiente en el cual aparece la pantalla que se muestra en la Figura 5, que es el catalogo de obras del sistema, el cual comprende la lista de obras y acciones mostrada como un catalogo, dicha ventana le permite elegir las obras y acciones que necesite para trabajar.

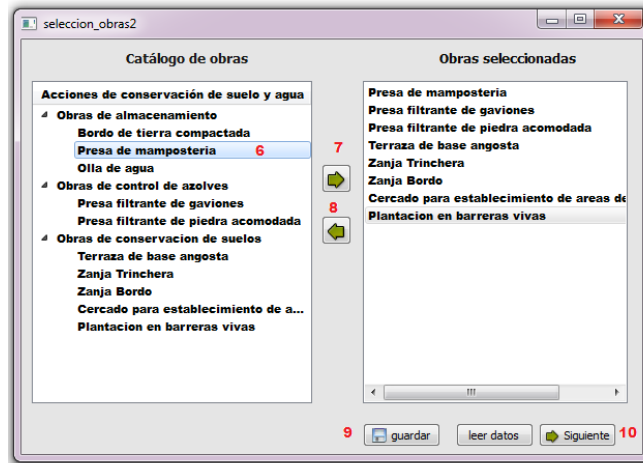


Figura 5. Procedimiento para seleccionar obras en el catalogo de obras

6.- Para seleccionar las obras del catalogo seleccione la obra que necesita y automáticamente se marca de un color azul claro.

7.- Oprima el botón que representa una flecha que señala hacia la derecha, a fin de enviarlo a la lista de obras seleccionadas.

8.- En caso de eliminar una acción seleccione el registro de la tabla obras seleccionadas y con el botón que marca una flecha hacia la izquierda puede eliminar el concepto que no necesita.

9.- Oprima el botón “guardar” y seleccione el botón “siguiente”.

10.- Se Abre la ventana de obras seleccionadas, esta ventana permite identificar las obras que se eligieron, permitiendo direccionar hacia el menú de cálculos que se tiene en el sistema para cada obra. (Figura 6).

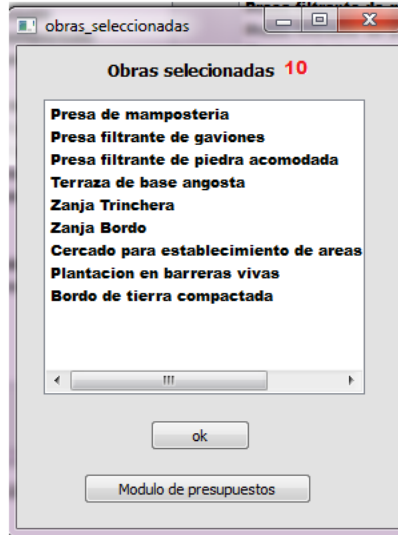


Figura 6. Ventana de las obras seleccionadas a trabajar

3 Procedimiento para calcular presas de mampostería y bordos de tierra compactada

A continuación se mostrara el ejemplo para estimar presas de mampostería y bordos de tierra compactada, ambas obras realizan los mismos cálculos de estimación de variables hidrológicas, la diferencia radica que en el caso de bordos de tierra compactada no se tiene estudios para realizar el análisis de la estructura ni el cálculo de la longitud del colchón hidráulico (este último se recomienda hacerlo en base al plano de la obra). Previamente en el catalogo de obras se seleccionaron las obras de interés.

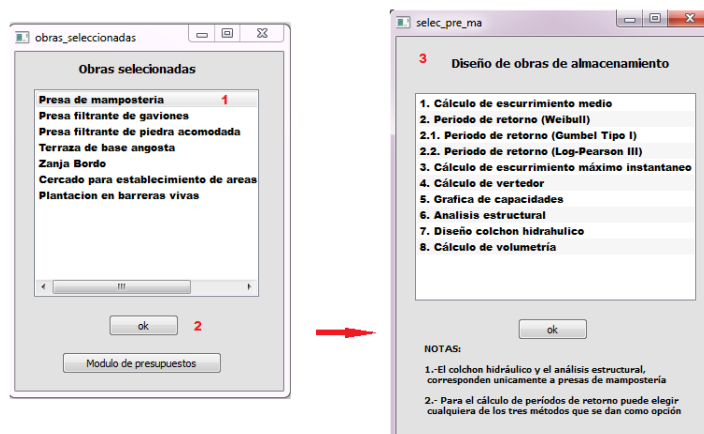


Figura 7. Procedimiento para diseñar y calcular presas de mampostería

1.- Elija la obra presa de mampostería de la ventana obras seleccionadas. (Figura 7)

2- Presione el botón de ok, en el cual abrirá una ventana que es un menú de cálculos ordenados, cuya finalidad es el de diseñar presas de mampostería.

3.- El menú que se despliega permite diseñar y estimar la volumetría de las presas de mampostería, de manera ordenada. La ventana que despliega el menú de cálculo se denominó diseño de obras de almacenamiento, esto es porque los bordos de cortina de tierra compactada siguen el mismo procedimiento en cuanto a la estimación de las variables hidrológicas. Dichos cálculos son los siguientes:

1. Cálculo de escurrimiento medio
2. Periodo de retorno (Weibull)
 - 2.1 Periodo de retorno (Gumbel tipo 1)
 - 2.2 Periodo de retorno (Log Pearson III)
3. Cálculo de escurrimiento máximo instantáneo
4. Cálculo de vertedor
5. Grafica de capacidades
6. Análisis estructural
7. Diseño de Colchón Hidráulico
8. Cálculo de volumetría

3.1 Cálculo de escurrimiento medio (Figura 8)

1.- Seleccione el subsistema cálculo de escurrimiento medio de la ventana de diseño de obras de almacenamiento y oprima el botón ok

2.- Se abre la ventana de escurrimiento medio anual por método racional, capture el número de áreas distintas que puede haber en el territorio (pastizal, bosque, área cultivada), pudiendo ser que el área de trabajo sea 100% agrícola, solo seria 1 y así sucesivamente.

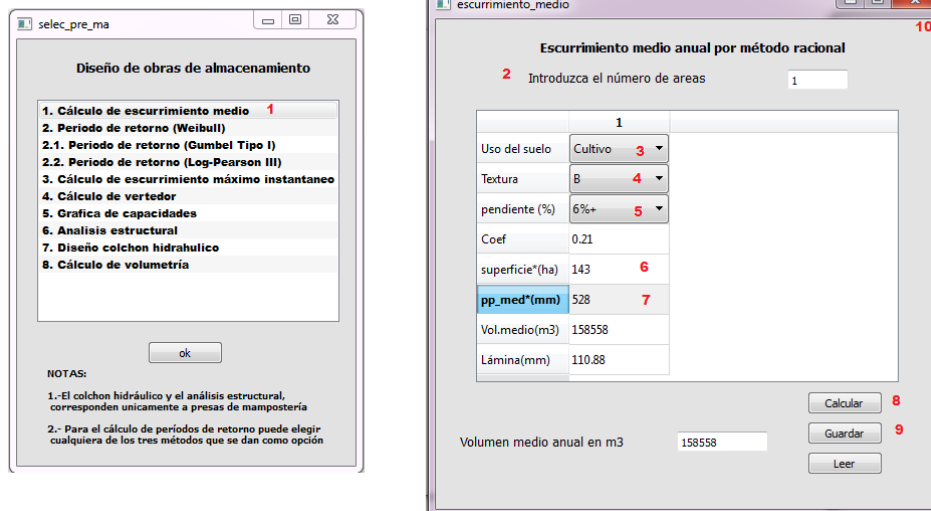


Figura 8. Procedimiento para el cálculo de escurrimiento medio en una microcuenca

- 3.- Seleccione el tipo de uso del suelo o cobertura vegetal a fin de elegir el coeficiente de escurrimiento. El registro tiene tres coberturas, cultivo, pastizal y bosque, al seleccionarlo automáticamente aparece el coeficiente de escurrimiento que se va a utilizar para la estimación del escurrimiento medio.
- 4.- Seleccione la textura del suelo en base a los grupos hidrológicos A, B, C, D.
- 5.- Seleccione la pendiente, pudiendo elegir de 0-2%, de 2-6% y >6%
- 6.- Capture el área de la cuenca en hectáreas.
- 7.- Capture la precipitación media anual en milímetros.
- 8.- Oprima el botón calcular para obtener los resultados.
- 9.- Guarde la información generada.
- 10.- Cierre la ventana para proceder al siguiente cálculo.

3.2 Precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno dado

Para estimar la precipitación máxima en 24 horas, seleccione la opción número 2 de la ventana diseño de obras de almacenamiento, esta parte del sistema tiene la finalidad de estimar **el periodo de retorno** para precipitaciones máximas en 24 horas, por lo que se da la opción de hacerlo por tres métodos:

2 Periodo de retorno (Weibull), Figura 9

2.1 Periodo de retorno (Gumbel tipo 1), Figura 10

2.2 Periodo de retorno (Log Pearson III), Figura 11

En los tres procedimientos se pide se tenga previamente llenado en una hoja de Excel guardada con extensión .csv, los datos de registro en la primera columna y las precipitaciones máximas en 24 horas en la segunda columna.

Estimación de periodos de retorno por el método de Weibull (Figura 9)

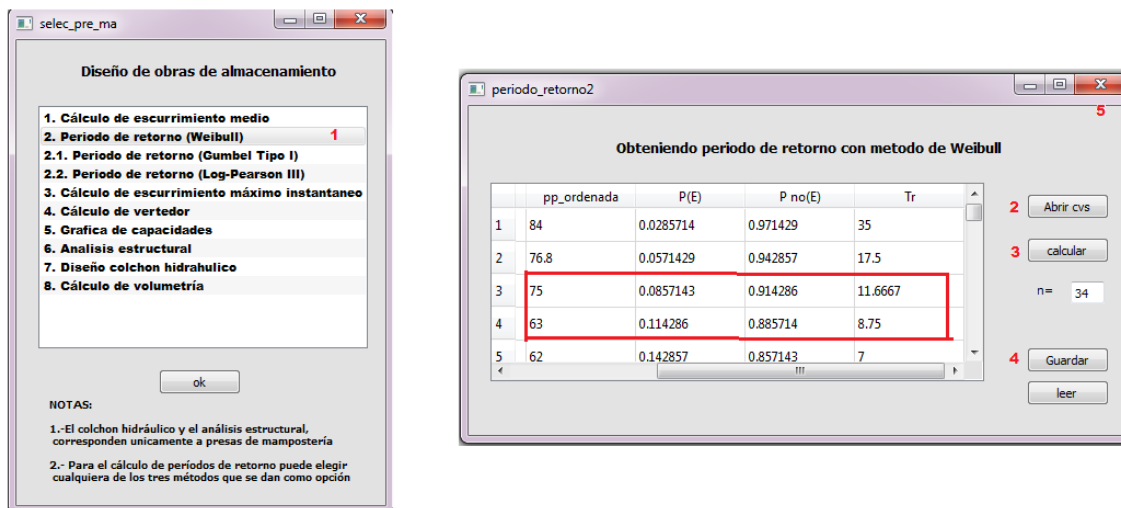


Figura 9. Procedimiento para estimar el periodo de retorno por el método de Weibull

1.-En la ventana de diseño de obras de almacenamiento debe seleccionar la opción 2 que es el periodo de retorno (Weibull) y presione el botón ok.

2.- Se abrirá la ventana “Obteniendo periodo de retorno con método de Weibull”, seleccione el botón Abrir cvs, el cual solicita un archivo guardado con extensión .cvs, que se genera en el programa Excel, dicho archivo debe tener dos columnas sin titulo, la primera con el año de referencia y la segunda con el dato de precipitación máxima en 24 horas.

3.- Oprime el Botón Calcular para obtener los periodos de retorno, y las probabilidades de ocurrencia, la columna de pp ordenada muestra el valor de precipitación que se tomaría en la hilera del periodo de retorno que necesita. Observando la Figura 7 se ejemplifica que para un periodo de retorno de 8.75 años se tiene una precipitación máxima de 63 mm, y para un periodo de 11.66 años se tiene una precipitación de 75. El periodo se calcula por interpolación cuando el periodo de retorno deseado no exceda el número de años de registro.

4.- Se guarda

5.- Se cierra la ventana.

Estimación de periodos de retorno por el método de Gumbel Tipo 1 (Figura 10)

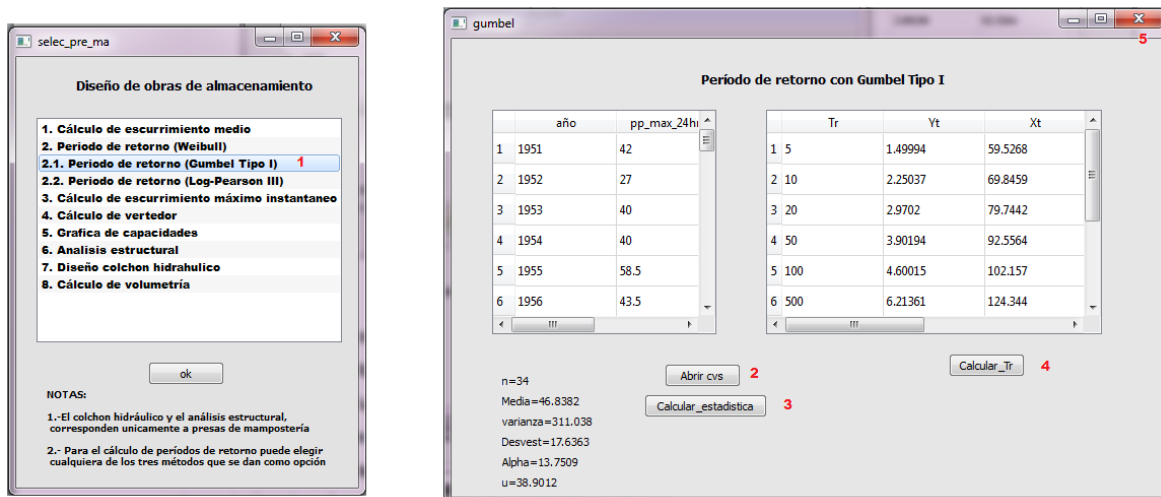


Figura 10. Procedimiento para estimar el periodo de retorno por el método de Gumbel Tipo 1

- 1.- Seleccione en la ventana diseño de obras de almacenamiento la opción 2.1, periodo de retorno (Gumbel tipo I) y oprima el botón ok.
- 2.- Se abrirá la ventana “Periodo de retorno con Gumbel tipo I”, seleccione el botón Abrir cvs, el cual solicita un archivo guardado con extensión .cvs, que se genera en el programa Excel, dicho archivo debe tener dos columnas sin titulo, la primera con el año de referencia y la segunda con el dato de precipitación máxima en 24 horas.
- 3.-Oprima el botón calcular estadística.
- 4.- Oprima el botón calcular Tr, obteniéndose automáticamente las precipitaciones para 5, 10, 20,100, 500, 10000 años de periodo de retorno, que corresponde al valor de la columna denominada Xt
- 5.- Cierre la ventana.

Estimación de periodos de retorno por el método de Log-Pearson III (Figura 11)

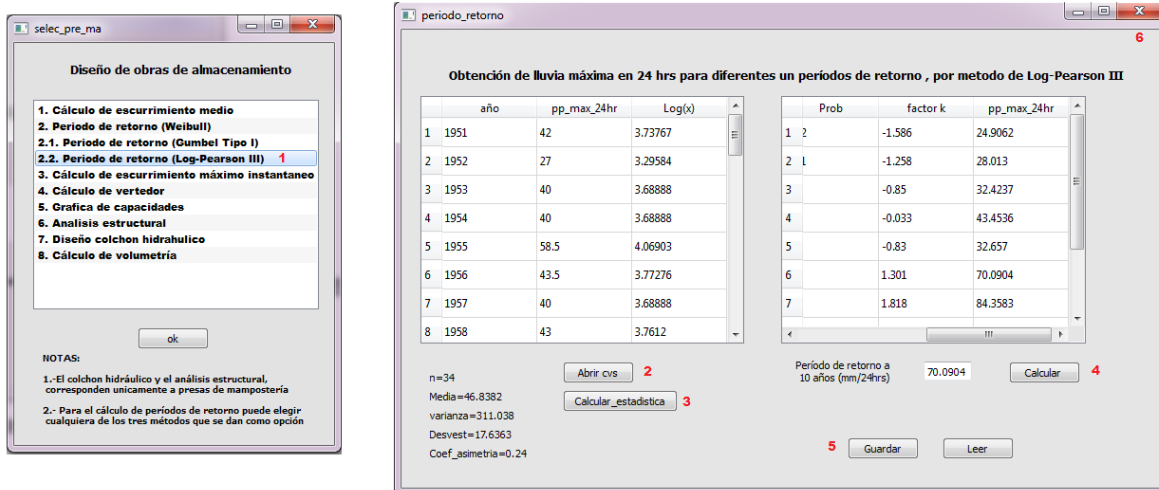


Figura 11. Procedimiento para obtener periodos de retorno por método de Log-Pearson

- 1.- Seleccione de la ventana Diseño de Obras de almacenamiento la opción 2.2 periodo de retorno (Log-Pearson III) y presione el botón ok.

2.- Se abrirá la ventana “Obtención de lluvia máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno, por método de Log-Pearson III”, seleccione el botón Abrir cvs, el cual solicita un archivo guardado con extensión .cvs, que se genera en el programa Excel, dicho archivo debe tener dos columnas sin título, la primera con el año de referencia y la segunda con el dato de precipitación máxima en 24 horas.

3.-Oprima el botón calcular_estadistica

4.-Oprima el botón calcular, obteniéndose las precipitaciones para los periodos de retorno de 1.05, 1.11, 1.25, 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 200, esto debido a que la información que se dispone para el coeficiente de asimetría es en base los periodos de retorno indicados. Anexo 1.

5.-Oprima el botón Guardar

6.- Cierre la ventana

3.3 Cálculo de escurrimiento máximo instantáneo en m^3/s (Figura 12)

Ya obtenida la precipitación máxima para un periodo de retorno dado, se procede a estimar el escurrimiento máximo instantáneo en m^3/s , para ello se sigue el siguiente procedimiento:

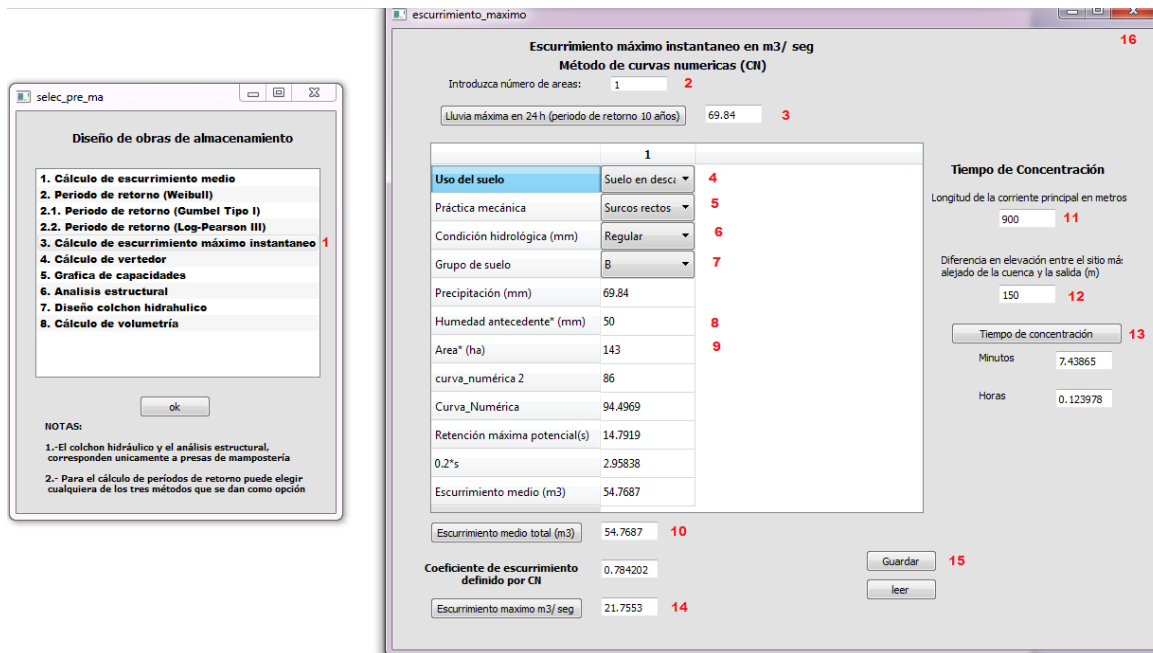


Figura 12. Procedimiento para estimar el escurrimiento máximo instantáneo m³/s

- 1.- De la ventana de diseño de obras de almacenamiento, seleccione la opción 3, el cálculo de escurrimiento máximo instantáneo, automáticamente aparecerá la ventana de “Escorrimento máximo instantáneo en m³/s, Método de curvas numéricas (CN).
- 2.- Introduzca el número de áreas que corresponden a las áreas de un territorio que pudieran tener diferentes tipos de vegetación.
- 3.-Capture la precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno dado, previamente estimado.
- 4.- Seleccione el tipo de uso del suelo.
- 5.-Seleccione la practica mecánica que se tenga en el territorio.
- 6.-Seleccione la condición hidrológica.
- 7.-Seleccione el grupo de suelo.
- 8.-Capture el valor de humedad antecedente en milímetros, (precipitación acumulada en los cinco días previos al evento).

- 9.- Capture el valor del área de la cuenca en hectáreas.
- 10.- Oprima el botón de escurrimiento medio total, para obtener el escurrimiento por evento ponderado en base a las áreas que previamente haya indicado.
- 11.- Capture la longitud de la corriente principal en metros
- 12.- Capture la diferencia de elevación en la microcuenca
- 13.- Oprima el botón de tiempo de concentración.
- 14.- Oprima el botón de escurrimiento máximo en m^3/s para obtener el resultado.
- 15.- Oprima el botón Guardar
- 16.- Cierre la ventana.

3.4 Cálculo del vertedor (Figura 13)

El siguiente punto corresponde al número cuatro, que es el cálculo del vertedor de la presa de mampostería, para estimarlo se sigue el siguiente procedimiento:

- 1.- Se selecciona de la ventana diseño de obras de almacenamiento la opción 4, cálculo de vertedor y se abre la ventana que realiza la estimación.
- 2.- Se captura el escurrimiento máximo instantáneo en m^3/s que previamente ya se estimó.
- 3.- Se selecciona si en el terreno existe una restricción topográfica (es decir que la sección es larga y no existe problema con la longitud del vertedor) o una restricción hidrológica (si la sección es corta y se puede tener problema en definir la longitud, por lo que se decide en base al plano).

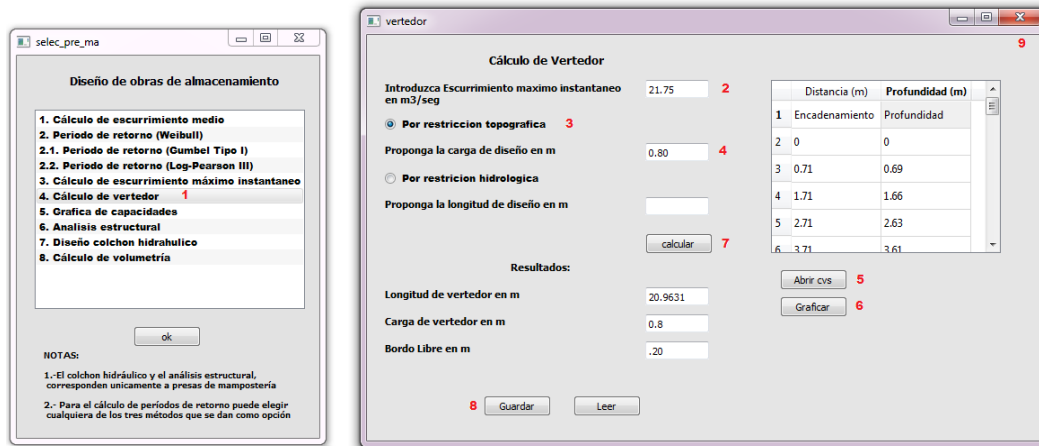


Figura 13. Procedimiento para estimar el vertedor de excedencias

4.- Se captura la carga de diseño o la longitud de vertedor.

5.- Se puede verificar la restricción correspondiente al observar la gráfica de la sección transversal. Para ello abra un archivo con extensión .cvs que se genera en Excel con dos columnas, la primera corresponde al encadenamiento y la segunda a la profundidad.

6.- Oprima el botón graficar, para poder ver la sección transversal en una grafica, a fin de verificar los datos que se proponen en el paso 4.

7.- Oprima el botón calcular y aparece automáticamente las dimensiones del vertedor que el sistema le propone.

3.5 Grafica de capacidades (Figura 14)

La grafica de áreas capacidades permite identificar la altura a la cual hay que diseñar la obra, sin comprometer mayor volumen de construcción por una mínima cantidad de agua almacenada.

1.- Para obtener la gráfica de áreas-capacidades se elige de la ventana diseño de obras de almacenamiento, la opción 5 que corresponde a “grafica de capacidades”, y se oprime el botón ok, automáticamente aparece la ventana denominada capacidad de almacenamiento del vaso.

2.- Capture el valor de intervalo vertical, es decir la altura a la que se calculará el volumen de almacenamiento entre cada sección del vaso.

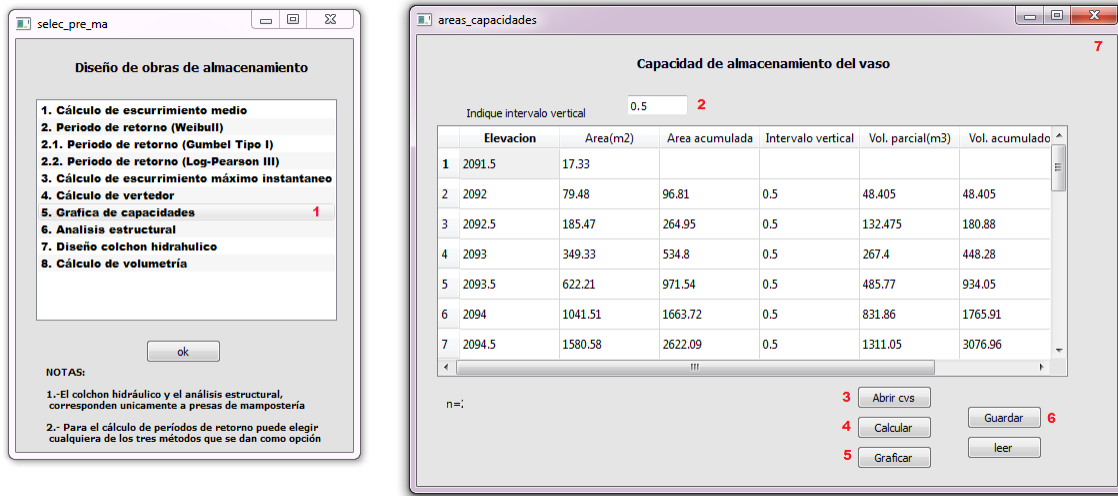


Figura 14. Procedimiento para obtener la gráfica de áreas capacidades

3.- Oprima el botón abrir cvs, previamente debe tener un archivo generado en Excel y guardado en formato .cvs, con dos columnas, la primera corresponde a la elevación de la presa medida en msnm y la segunda corresponde a el área de almacenamiento.

4.- Oprima el botón calcular y se obtiene una tabla con el volumen parcial y acumulado para cada sección.

5.- Oprima el botón graficar mostrándose automáticamente la gráfica de áreas capacidades.

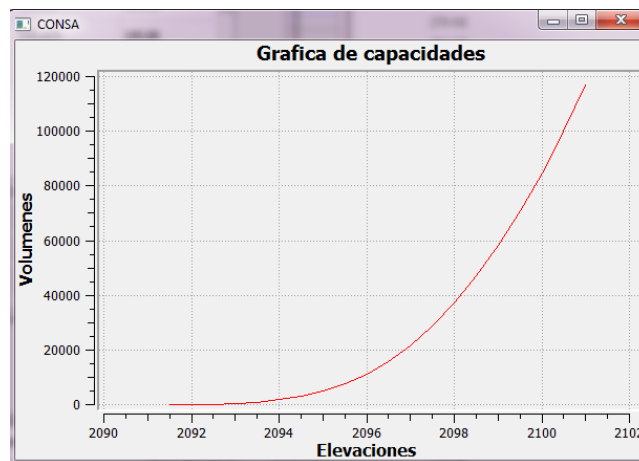


Figura 15. Gráfica de áreas capacidades

3.6 Análisis estructural de cortina (Solo para presas de mampostería) (Figura 16)

- 1.- Selecciones de la ventana diseño de obras de almacenamiento, la opción 6, que corresponde al análisis estructural, y oprima el botón ok.
- 2.- Capture el peso específico del material de la cortina en kg/m^3 , puede dejar la opción que se da por default.
- 3.- Capture el peso específico del agua con sedimentos en kg/m^3 , puede dejar la opción que se da por default.
- 4.- Capture el peso específico del azolve en kg/m^3 , puede dejar la opción que se da por default.
- 5.- Seleccione el coeficiente de supresión.
- 6.- Capture la altura de la presa desde el nivel del suelo hasta la corona.
- 7.- Capture el bordo libre, puede dejar la opción que se da por default.

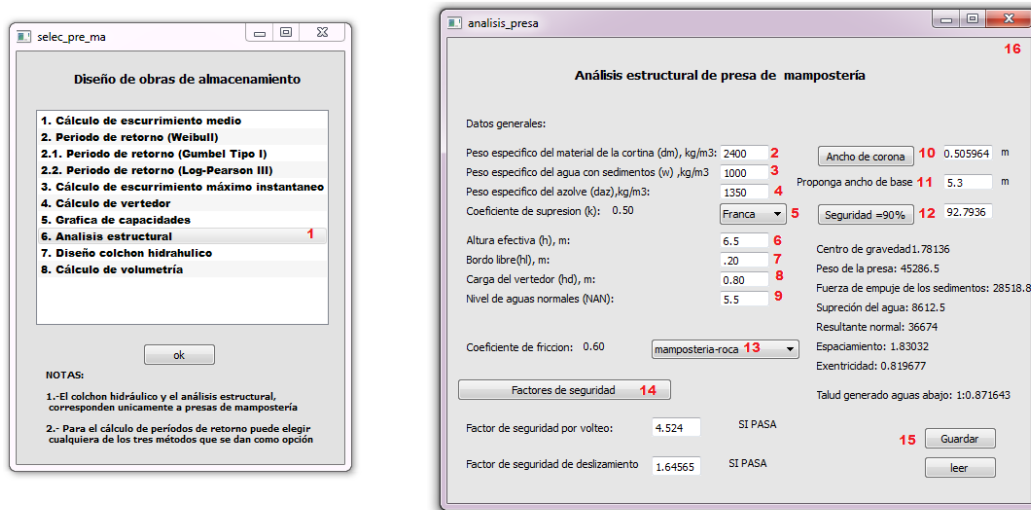


Figura 16. Procedimiento del análisis estructural de una presa de mampostería

- 8.- Capture la carga del vertedor en metros
- 9.- El nivel de aguas normales se estima automáticamente.

10.- Presione el botón Ancho de corona, para obtener dicho dato.

11.- Proponga el ancho de base.

12.-Presione el botón seguridad al 90% y repita el paso 11 y 12 a prueba y error para que el valor sea igual a 90.

13.- Seleccione el coeficiente de fricción, de la lista desplegable.

14.-Presione el botón de factores de seguridad, y si aparecen las leyendas de “si pasa” se considera que el diseño de su presa es estable.

15.- Guarde y 16.- Cierre y regrese a la ventana diseño de obras de almacenamiento.

3.7 Diseño del Colchón Hidráulico (Solo para presas de mampostería)

1.- Seleccione de la ventana diseño de obras de almacenamiento la opción 7, que es el diseño del colchón hidráulico, automáticamente se abrirá la ventana que hace el cálculo

2.-Capture la altura de la presa desde nivel del suelo hasta la corona.

3.- Capture el escurrimiento máximo en m^3/s , previamente estimado.

4.- Capture la longitud de la cresta vertedora en metros, previamente estimada.

5.- Oprima el botón longitud de colchón, para obtener el resultado.

6.- Guarde y 7.- Cierre la ventana y regrese la ventana diseño de obras de almacenamiento.

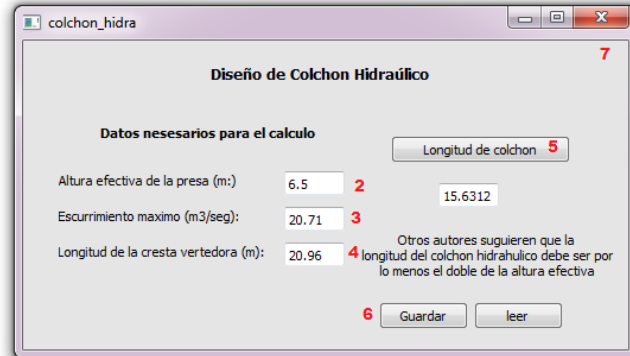
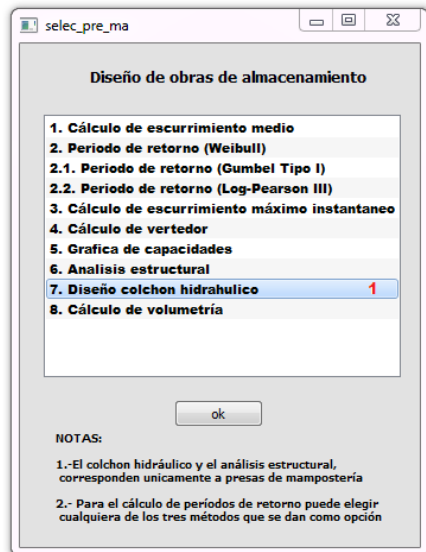


Figura 17. Diseño de colchón hidráulico

La opción número ocho de la ventana de diseño de obras de almacenamiento varia en caso de ser presa de mampostería o bordo de tierra compactada, se muestra a continuación las ventanas que estiman las volumetrías por tipo de obra.

3.8 Volumetría de la presa de mampostería

1.- Capture los datos de la tabla para graficar la sección transversal de la cortina, esta tabla tiene dos columnas, llamadas 1) distancia y 2) profundidad, en la cual la distancia corresponde a la distancia acumulada entre los encadenamientos y la profundidad a la altura de la presa en cada encadenamiento.

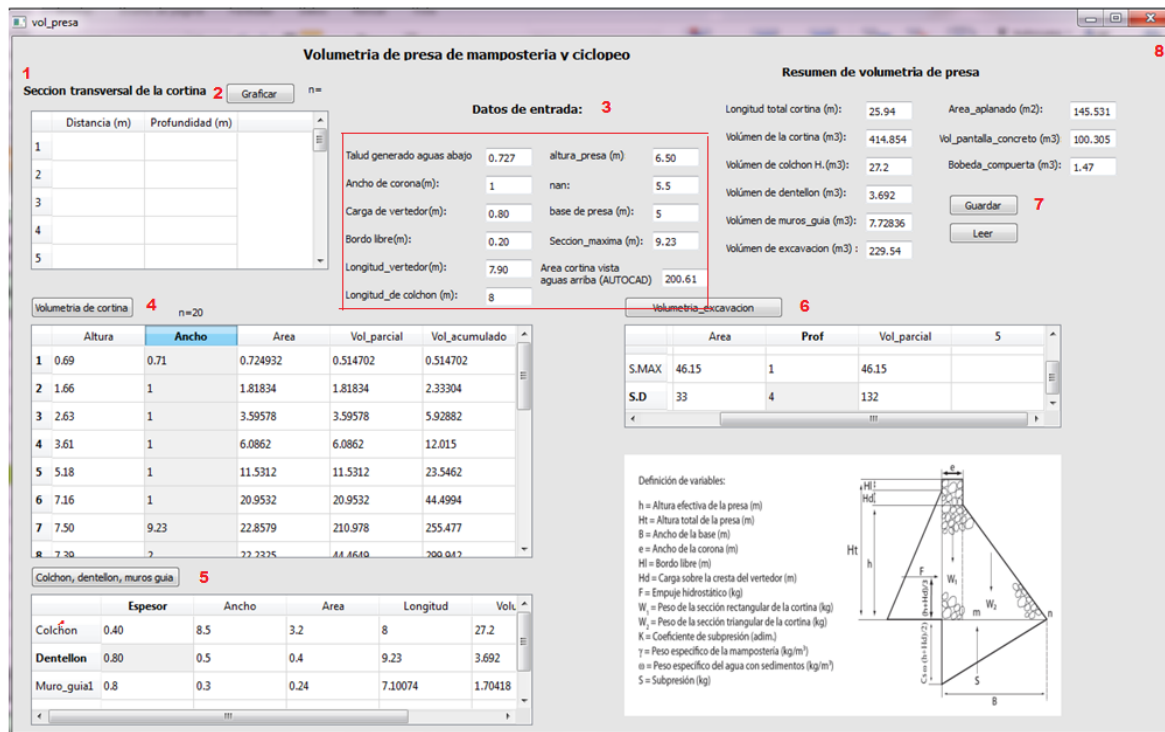


Figura 18. Procedimiento para estimar la volumetría de una presa de mampostería

2.- Oprima el botón “Graficar” y se muestra la gráfica en la que se aprecia la sección transversal.

3.- Capture los datos de entrada.

4.- Capture los datos de las primeras dos columnas de la tabla, altura y ancho, la altura corresponde a la distancia vertical desde la altura total hasta la roca firme (incluida la profundidad de desplante) para cada encadenamiento y el ancho a la distancia entre cada encadenamiento. Presione el botón Volumetría de Cortina. Obteniendo automáticamente el volumen, siendo la celda final, la cual se repite varias veces, el volumen total, que también se muestra en el campo de volumen total en la ventana.

5.- Se continúa con el siguiente cálculo que es volumen del colchón hidráulico en el cual se solicita se llenen las columnas de espesor contra las hileras de colchón y dentellón. Se oprime el botón (Colchón, dentellón, muros guía) automáticamente se transcriben los resultados en el área de resultados.

6.- Lo siguiente seria la volumetría_excavacion del cual hay que llenar las columnas de ancho (longitud de sección izquierda, sección derecha y sección máxima) y profundidad (profundidad de excavación para cada sección), se oprime el botón de volumetría_excavacion y se obtienen los resultados correspondientes.

7.- Oprima el botón guardar y 8.- Se cierra la ventana y se regresa al menú de diseño de obras de almacenamiento.

3.9 Volumetría de bordo de cortina de tierra compactada

1. Se tiene que tener previamente un archivo en formato cvs guardado en Excel con dos columnas, la primera corresponde al encadenamiento y la segunda a la profundidad, oprima el botón abrir.
2. Capture los datos de entrada que son el talud aguas arriba, talud aguas abajo, profundidad de despalme, altura a nivel de la corona, carga de vertedor, longitud de vertedor, largo de vertedor y sección máxima.
3. Capture los datos de las primeras dos columnas de la tabla, altura y ancho, la altura corresponde a la distancia vertical desde la altura total hasta la roca firme (incluida la profundidad de desplante) para cada encadenamiento y el ancho a la distancia entre cada encadenamiento. Presione el botón Volumetría de Cortina. Obteniendo automáticamente el volumen, siendo la celda final, la cual se repite varias veces, el volumen total, que también se muestra en el campo de volumen total en la ventana.
4. Para obtener la volumetría del vertedor solo oprima el botón de la volumetría de vertedor de demasías, obteniéndose los resultados automáticamente.

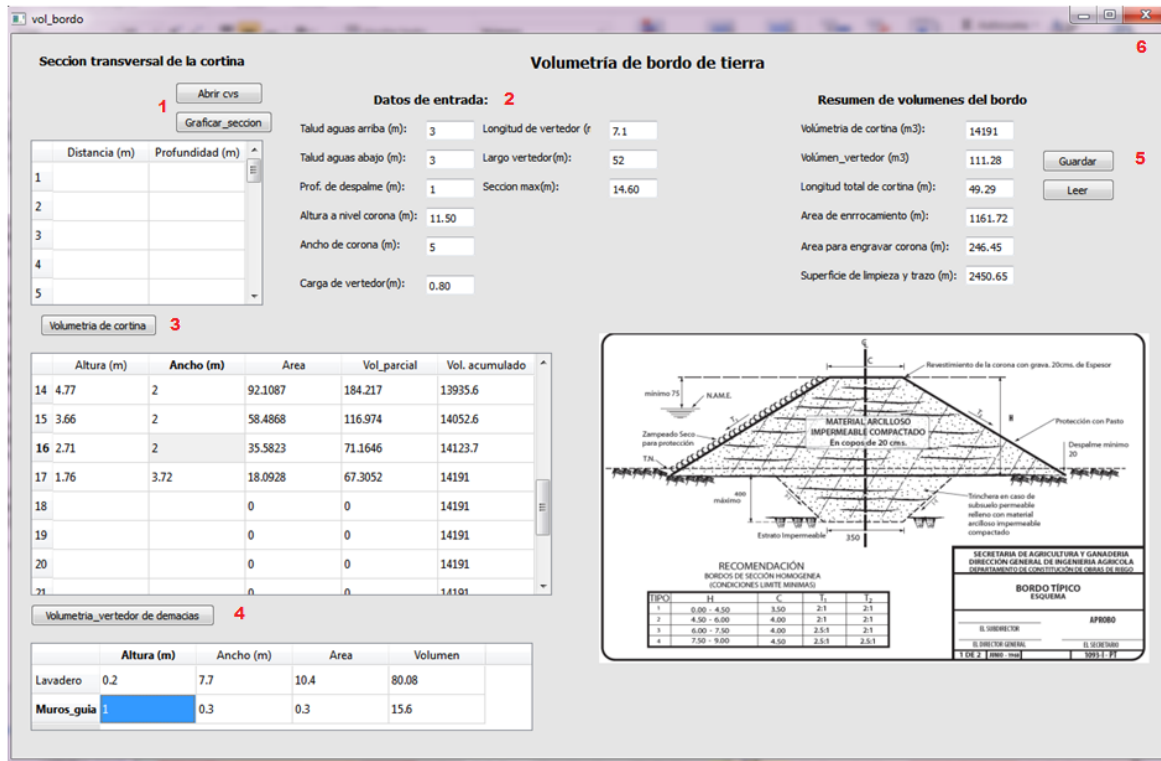


Figura 19 Volumetría de bordo de tierra compactada

4 Procedimiento para calcular presas filtrantes de gaviones y presas de piedra acomodada.

En el apartado 2 de este documento se eligieron las obras con las cuales se pretende trabajar, si en esta sección eligió trabajar con presas filtrantes de gaviones y presas de piedra acomodada. Se tendrá de opción en la interface diseño de obras de control de azolve tres cálculos, 1) Cálculo de escurrimiento máximo instantáneo, 2) Cálculo de vertedor, 3) Cálculo de Volumetría (Figura 19). Para los cálculos 1 y 2 se realiza el procedimiento descrito en este documento en el apartado 3.3 y 3.4 respectivamente.

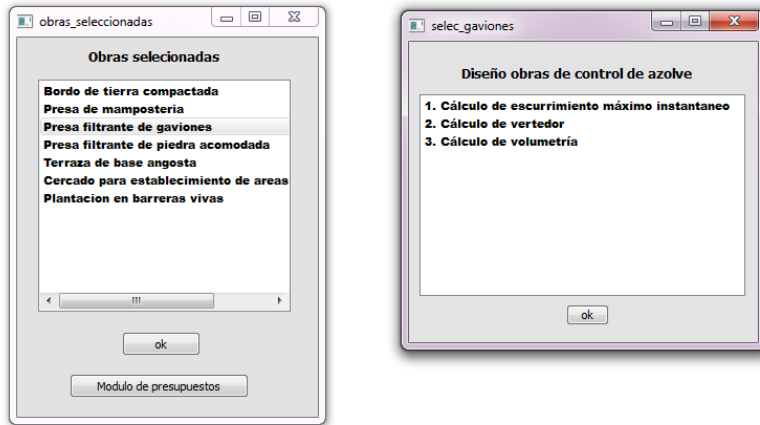


Figura 20. Diseño de obras de control de azolve

El cálculo de la volumetría de la presa filtrante de gaviones se realiza con la interface de la Figura 21 se sigue el siguiente procedimiento:

Volumetría de presa filtrante de gaviones

	Ancho	Altura	Log. de gavion	Log. de mampostería	Vol_gavion
Base	3	1	0	12	0
Escalon 1	3	1	4	3	12
Escalon 2	2	1	8	3	16
Escalon 3	1	1	4	3	4
Escalon 4					0

Datos de entrada:

Longitud de vertedor (m): Volumetría Gabion (m³):

Carga del vertedor (m): Volumetría de mampostería para empotramiento (m³):

Longitud de colchon hidraulico (m): Volumetría de colchon hidraulico+muros (m):

Desplante (m): Altura efectiva (m):

Espesor del colchon hidraulico (m): Altura total (m):

Los muros del colchon hidraulico m
0.30m de ancho
0.60m de altura

Ancho del colchon hidraulico (m):

Longitud de cortina con empotramientos (m):

Limpieza para desplante (m):

Volumetría de excavación (m):

Dimensiones de una presa filtrante de gaviones base a la figura *

Concepto	Carga sobre el vertedor, (acotaciones en cm)															
	30				50				100				150			
H1	200	300	400	500	200	300	400	500	200	300	400	500	200	300	400	500
h, L	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
H2	50	50	50	50	100	100	100	150	150	150	150	200	200	200	200	200
L	300	300	400	400	600	600	700	700	800	900	1000	1000	1100	1200	1300	1300
P	50	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100
E	50	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100
D	50	100	150	150	50	100	150	150	100	150	150	150	100	150	150	150
B	150	200	300	400	150	200	300	400	150	200	300	400	150	200	300	400

Figura 21. Volumetría de presas filtrante de gaviones

1. El Cuadro 1, permite elegir las dimensiones de un gavión hasta una altura máxima de 5 metros, por lo que si no tiene ya un diseño previamente elaborado, utilice la tabla para seleccionar las dimensiones.

2. Llene la tabla que se tiene en la ventada, las columnas de ancho, altura, longitud de gavión, longitud de mampostería, para la base y cada escalón que integra el gavión tomando en cuenta la Figura 22.
3. Capture los datos de entrada, longitud del vertedor, carga del vertedor, longitud de colchón hidráulico, la profundidad de desplante, y el espesor del colchón hidráulico.
4. Oprima el botón calcular volumetría para obtener los resultados automáticamente.
5. Guarde y cierre la ventana.

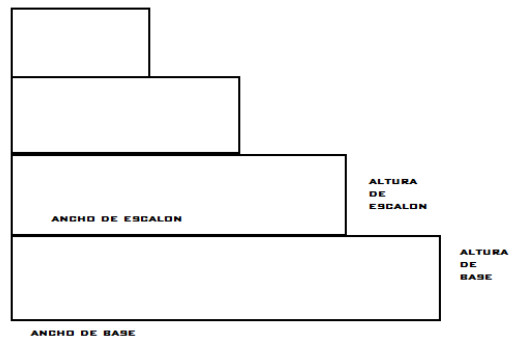


Figura 22. Figura para la volumetría de un gavión

El cálculo de las presas de piedra acomodada es similar que el procedimiento de las presas filtrantes de gaviones, la diferencia radica en el cálculo de la volumetría (Figura 23)

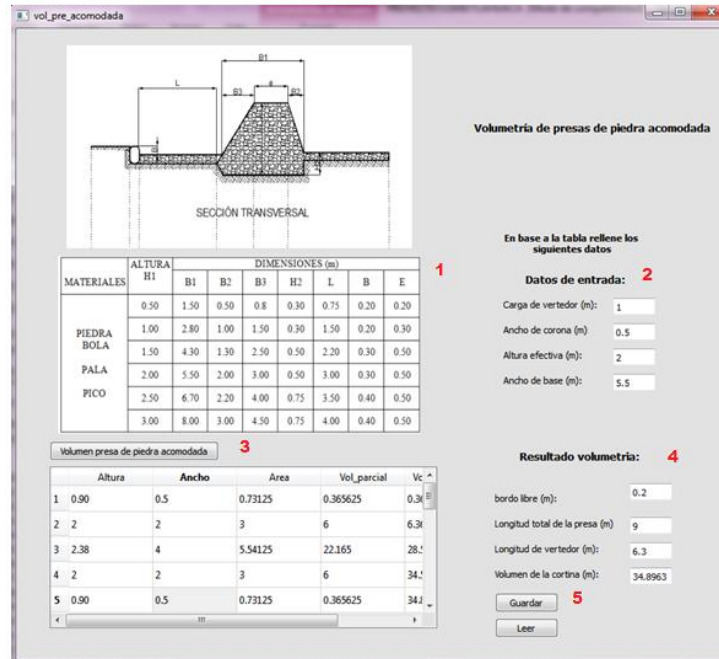


Figura 23. Cálculo de volumetría de presa de piedra acomodada

El procedimiento es el siguiente:

- 1.- Se muestra una tabla la cual contiene los datos necesarios para diseñar un presa de piedra acomodada con piedra bola y doble escorpio, con una altura no mayor de tres metros, estos los valores que se recomiendan para el diseño consideran la seguridad por estabilidad de la presa.
- 2.- Con los datos ya elegidos de la tabla, se rellenan los datos de entrada carga de vertedor, ancho de corona, altura efectiva, ancho de base.
- 3.- Para obtener la volumetría se debe rellena de la tabla en la interfaz las columnas de altura y ancho, donde la altura corresponde a la distancia vertical desde la altura total hasta la roca firme (incluida la profundidad de desplante) para cada encadenamiento y el ancho a la distancia entre cada encadenamiento.
- 5.- Oprima el botón de volumen de presa de piedra acomodada, obteniendo los resultados correspondientes
- 6.- Se guarda y cierra la ventana

5 Procedimiento para calcular Ollas de agua

Al seleccionar olla de agua siguiendo el procedimiento del apartado 2 de este documento (Figura 24), se abre una ventana que corresponde al diseño de Olla que ofrece el cálculo de la volumetría de la olla.

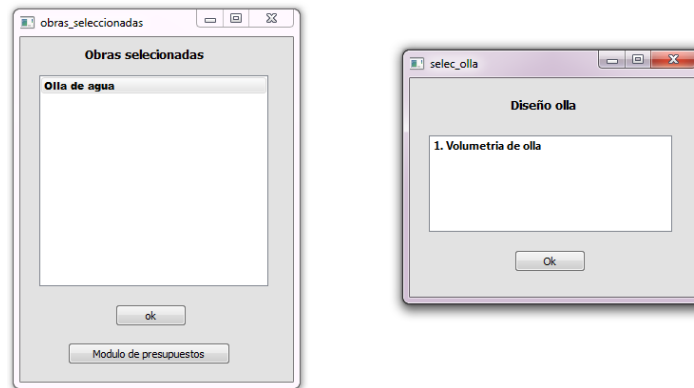


Figura 24. Selección de olla de agua

Al seleccionar “Volumetría de olla” se abre la ventana de cálculo respectiva (Figura 25) y se sigue el siguiente procedimiento.

vol_olla

Volumetría de olla de agua

Dimensiones básicas 1

Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Talud (m)
40	20	3	2.5

Taludes

Ancho real (m)	Longitud (m)	Area (m)
8.07775	60	184.665

Andaje

Ancho Corona (m)	Altura Bordo (m)	Profundid Zanja(m)	Ancho Zanja(m)
0.5	0.5	0.5	0.4

Taludes

Ancho real (m)	Longitud (m)	Area (m)
1.34629	129	73.672

Base

Largo (m)	Ancho (m)	Area (m)
25	5	125

Esquinas

Largo (m)	Ancho (m)	Area (m)
1.07775	7.5	242.333

Corona

Ancho (m)	Longitd (m)	Area (m)
0.5	122	61

Zanja

Ancho (m)	Longitd (m)	Area (m)
1.4	137.2	192.08

Calcular 2

Resultados

Geomembrana necesaria (m2)	Volumen de excavación (m3)	Area de afine (m2)	Long. de cercado (m)	Superficie protegida (m2)
1342.69	1363.42	1105.08	160	1500

Guardar 3

leer

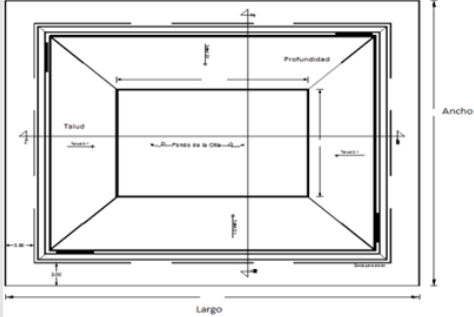


Figura 25. Volumetría de Olla de Agua

- 1.- Capture los datos de las dimensiones básicas, (largo (m), ancho (m), profundidad (m), talud (m)).
- 2.- Oprima el botón calcular y obtenga los resultados automáticamente.
3. Guarde y cierre el sistema.

6 Procedimiento para calcular terrazas de base angosta.

En caso de que haya elegido en sus opciones las terrazas de base angosta, puede acceder a la interfaz que se muestra en la Figura 15, la cual calcula el espaciamiento entre terrazas, siguiendo el siguiente procedimiento:

- 1.- Seleccione si en el lugar de trabajo la precipitación es mayor o menor de 1200 mm, debe indicar la pendiente en porcentaje, la longitud de la terraza en metros, y los valores de H1 y Y1 en base a la figura que se muestra en dicha ventana.

2.- Le oprime el botón “calcular” y automáticamente se obtienen los resultados.

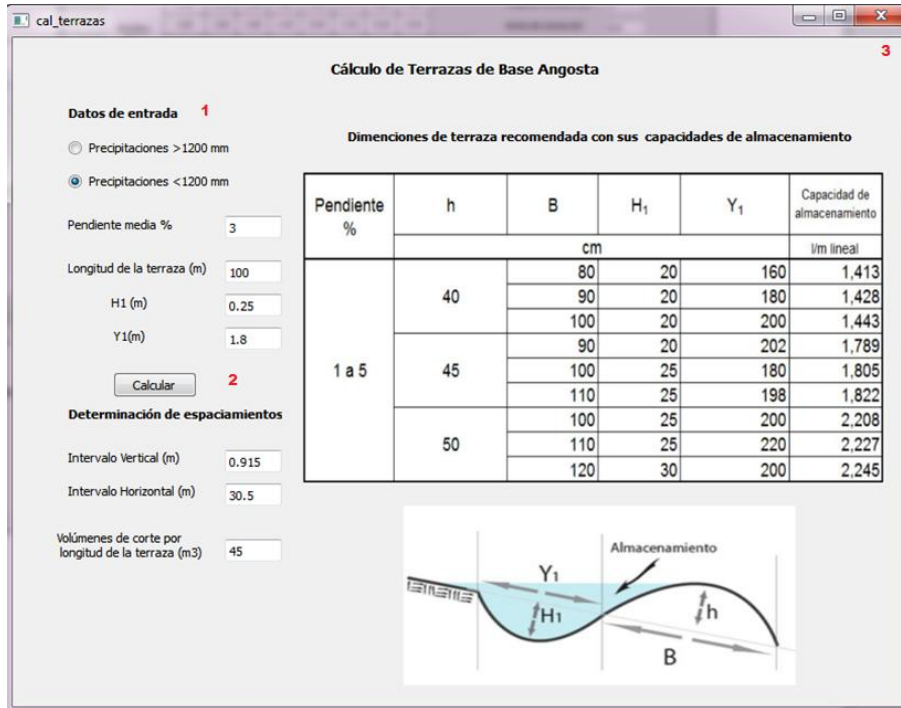


Figura 26. Cálculo de terrazas de base angosta

Cuando haya concluido los cálculos correspondientes, se cierra la ventana y se regresa al menú obras seleccionadas a partir del cual oprime el botón de “Módulos de presupuestos”, y se abrirá la interfaz para presupuestar las obras.

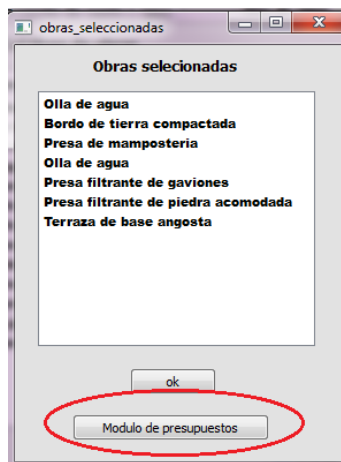


Figura 27. Como acceder al modulo de presupuestos

Modulo de presupuesto

La interfaz de inicio del modulo de presupuestos se presenta en la Figura 16. Para su funcionamiento se sigue el siguiente procedimiento:

1.- Oprima el botón de lista de precios, para que observe los precios de los materiales que son utilizados en el análisis de precios unitarios. Si requiere alguna modificación cambio, solicítelo al administrador del programa.

The screenshot shows a software window titled 'presupuesto_general'. The main heading is 'Presupuesto de obras de conservacion de suelo y agua'. Below this, there is a button labeled 'Lista de precios' with a red '1' next to it. A text prompt reads '1. Introduzca el numero de acciones de su proyecto:' followed by a text input field containing the number '6' and a red '2' next to it. Below this is a table with four columns: 'Concepto de inversion', 'Unidad', 'Cantidad', and 'Total'. The table contains six rows, each with a dropdown menu in the first column. The dropdowns are: '1 Pequeña presa de mamp...', '2 Presa filtrante de gavior', '3 Presa de piedra acomoc', '4 Zanja bordo', '5 Plantaciones en barrera:', and '6 Cercado de exclusion'. To the right of the table is a button labeled 'Abrir_subpresupuesto' with a red '4' next to it. Below this button are three smaller buttons: 'Total', 'Guardar', and 'leer'. At the bottom of the window, there is a footer note: 'Para abrir presupuestos debe seleccionar una hilera y posteriormente presionar el boton Abrir subpresupuesto'.

Concepto de inversion	Unidad	Cantidad	Total
1 Pequeña presa de mamp...			
2 Presa filtrante de gavior			
3 Presa de piedra acomoc			
4 Zanja bordo			
5 Plantaciones en barrera:			
6 Cercado de exclusion			

Figura 28. Módulo de presupuestos, interfaz inicial

2.- Elija el número de obras de las cuales requiere realizar el presupuesto, (para presas de piedra acomodada en dado caso que fuera un número considerable se hace la recomendación de que sean presas tipo).

3.- Aparecerá en la tabla un combobox en la primera columna para cada hilera, que le permitirá elegir entre once obras y pueden repetirse el número de veces que requiera, ejemplo 3 presas de mampostería distintas quedando en tres hileras distintas.

4.- Seleccione el primer presupuesto que desea trabajar posicionándose sobre la hilera correspondiente, y presione el botón abrir_subpresupuesto el cual muestra una ventana

que se llama presupuesto (para cada obra hay uno distinto que se propone) que funciona de la siguiente forma:

Primeramente hay que llamar los precios unitarios de los conceptos que conforma el presupuesto de la obra, para esto debe seleccionar la primera hilera y presionar el botón abrir fichero, que abre una ventana que se llama tarjetas unitarias que muestra en la tabla los conceptos que componen el presupuesto, materiales, jornales etc. Debe definir que % se sumaran al costo directo y escribirlos en el campo correspondiente, posteriormente oprima el botón calcular precio unitario, y automáticamente se rellenaran otros campos entre ellos precio unitario, después oprime el botón “enviar precio unitario”, cierra la ventana y confirma que ese precio se paso a la ventana de presupuesto por obra o acción.

En el presupuesto por obra y/o acción usted llena la cantidad correspondiente, que en algunos casos vienen de los cálculos de diseño de obra que realiza anteriormente. Hay ciertos conceptos que vienen solos, es decir no provienen de una tarjeta unitaria, Usted se dará cuenta que cuando desee abrir la ficha o tarjeta unitaria no abrirá, por lo que esto indica que debe abrir la lista de precios, y buscar el concepto en la lista correspondiente, de la cual selecciona la hilera donde se encuentra el concepto que necesita y oprime el botón de enviar precio unitario. Cuando tenga rellenado la cantidad y el precio oprima el botón de costo total, mostrando el costo total, y para enviar el costo total al presupuesto general, oprima el botón de enviar total al presupuesto general. Recuerde que para guardar su presupuesto, será en el menú principal en guardar general.

En la ventana de presupuesto general, aparecerá el monto correspondiente. Para continuar se elige la siguiente obra y se realiza el mismo procedimiento hasta terminar. Mostrándose el total del proyecto en el campo de presupuesto total.

Nota: El procedimiento anterior aplica para todos los presupuestos.