

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA**



**“DISEÑO Y CALCULO PARA LA CONTRUCCIÓN DE UNA PRESA DE  
MAMPOSTERIA” EN EL EJIDO SANTA EULALIA, MUNICIPIO DE ZARAGOZA,  
COAHUILA.**

**Por:**

**JOSE ANGEL MARROQUIN MORALES**

**TESIS**

**Presentación como requisito parcial**

**Para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACIÓN**

**Saltillo, Coahuila, México**

**Marzo 2015**

# UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



“DISEÑO Y CALCULO PARA LA CONTRUCCIÓN DE UNA PRESA DE  
MAMPOSTERIA” EN EL EJIDO SANTA EULALIA, MUNICIPIO DE ZARAGOZA,  
COAHUILA.

POR:

JOSE ANGEL MARROQUIN MORALES

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACIÓN

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, MARZO 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

A TI DIOS por haberme dado la oportunidad de estar aquí y darme las fuerzas y herramientas necesaria para poder cumplir una de mis más grandes metas en la vida, a pesar de los obstáculos que pase durante el camino, por haberme dado la sabiduría y fortaleza durante mi carrera y mi vida, gracias por cuidar a toda mi familia y a mi **“MUCHAS GRACIAS”**.

A mis padres por haberme apoyado siempre y por darme los consejos que necesite en los momentos difíciles de mi carrera.

A mi Alma Terra Mater que me acobijo para poder lograr este sueño, por las grandes experiencias que me permitió vivir en ella y por medio del departamento riego y drenaje, lugar donde forje mis conocimientos para mi vida profesional que va dar inicio este camino si Dios así me lo permite.

**Al Dr. Felipe de Jesús Ortega** mi asesor principal que me dio la oportunidad de formar parte de este trabajo y desarrollo desde el inicio hasta el final, por darme la confianza de encomendarme esta tarea tan maravillosa y por darme los consejos, experiencias y conocimientos que me fueron de gran ayuda, la gran amistad de que se generó a raíz del proyecto.

**Al Dr. Raúl Rodríguez García** por darme los conocimientos y cometarios y sugerencias para poder realizar este trabajo y la gran amistad que él me brindo.

**Al MC. Tomas Reyna Cepeda** por su apoyo recibido para la revisión, análisis para la culminación de este trabajo de tesis.

**Al MC. Carlos Rojas Peña** por el apoyo para poder resolver dudas durante el desarrollo del proyecto, por sus conocimientos y experiencias compartidas.

## **DEDICATORIAS**

### **A MIS PADRES:**

#### **Efraín Marroquín Gómez Y Nelly Morales Guzmán**

Por el gran esfuerzo y sacrificio que hicieron para que yo pudiera lograr esta meta, por creer siempre en mí, porque sin su apoyo no hubiera sido posible la culminación de mi carrera profesional, porque siempre me apoyaron a pesar de mis errores nunca me abandonaron, pero sobre todo por todas las enseñanzas y el gran ejemplo que me dieron.

### **A MIS HERMANOS:**

#### **Elías, Joel, Pablo, Karen Maythe.**

Por brindarme siempre su apoyo y porque son una parte esencial de mi vida, por los buenos y malos momentos que hemos pasados, por darme siempre palabras de ánimo con tal verme lograr este objetivo.

### **A MI NOVIA:**

#### **DREYLI HIDALGO RAMOS**

Con mucho amor y cariño por el gran apoyo que me brindo durante todos estos años juntos, por estar conmigo en los momentos más importantes de mi vida, por su apoyo y comprensión.

### **A MIS AMIGOS.**

#### **Luis Gustavo, Luis yojan, Fredy, Toño,**

Por compartir momentos de tristezas, alegrías, éxitos y fracasos, por ofrecerme su amistad y por brindarme apoyo en los momentos difíciles.

## **INDICE DE CONTENIDOS**

|                        |      |
|------------------------|------|
| AGRADECIMIENTOS.....   | I    |
| DEDICATORIAS .....     | II   |
| ÍNDICE DE TABLAS ..... | VII  |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | VIII |

|                                                                      |          |
|----------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>                                         | <b>1</b> |
| 1.1 Situación actual del agua en Coahuila.....                       | 2        |
| 1.2 Justificación.....                                               | 3        |
| 1.3 Objetivo general.....                                            | 4        |
| 1.4 Objetivos específicos.....                                       | 4        |
| 1.5 Hipótesis.....                                                   | 4        |
| <b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>                               | <b>5</b> |
| 2.1. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN APROVECHAMIENTO SUPERFICIAL ..... | 5        |
| 2.2. PRECIPITACIÓN .....                                             | 7        |
| 2.3. Tipos de precipitaciones .....                                  | 7        |
| 2.3.1. Precipitación convectiva .....                                | 7        |
| 2.3.2. Precipitación Ciclónica.....                                  | 7        |
| 2.3.3 Precipitación Orográfica .....                                 | 8        |
| 2.4. Precipitación en zona áridas y semiáridas .....                 | 8        |
| 2.5. Escurrimientos .....                                            | 8        |
| 2.6. Clases de escurrimiento.....                                    | 9        |
| 2.6.1. Escurrimiento superficial directo .....                       | 9        |
| 2.6.2. Escurrimiento sub-superficial .....                           | 9        |
| 2.6.3. Escurrimiento derivado de aguas subterráneas.....             | 9        |
| 2.7. Irrigación.....                                                 | 10       |
| 2.8. Clasificación de tipos de presas.....                           | 11       |
| 2.8.1 Generalidades.....                                             | 11       |
| 2.9. Clasificación según su uso (Arthur, 1976).....                  | 11       |
| 2.9.1. Presas de almacenamiento.....                                 | 11       |
| 2.9.2 Presa de derivación .....                                      | 11       |

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.9.3 Presas reguladoras .....                                              | 12 |
| 2.10. Clasificación según su funcionamiento hidráulico (Arthur, 1976) ..... | 12 |
| 2.10.1. Presas vertedoras .....                                             | 12 |
| 2.10.2. Presas no vertedoras .....                                          | 12 |
| 2.11. Clasifica según los materiales (Arthur, 1976). .....                  | 13 |
| 2.11.1 Presas de tierra .....                                               | 13 |
| 2.11.2. Presas de enrocamiento .....                                        | 13 |
| 2.11.3. Presas de concreto del tipo de gravedad.....                        | 13 |
| 2.11.4. Presas de concreto tipo de arco.....                                | 14 |
| 2.11.5 Presas de concreto del tipo de contrafuertes .....                   | 14 |
| 2.11.6. Otros tipos de presa .....                                          | 14 |
| 2.12. Factores físicos que gobiernan la selección de la presa. ....         | 15 |
| 2.12.1. Topografía.....                                                     | 15 |
| 2.12.2. Las condiciones geológicas y la cimentación (Arthur, 1976).....     | 15 |
| 2.12.3. Cimentación de roca sólida.....                                     | 15 |
| 2.12.4. Cimentación de grava .....                                          | 16 |
| 2.12.5. Cimentación de limo o de arena fina.....                            | 16 |
| 2.12.6. Cimentación de arcilla .....                                        | 16 |
| 2.13. LOCALIZACIÓN .....                                                    | 16 |
| 2.14. Presas de almacenamiento .....                                        | 17 |
| 2.14.1. Definición de terminos de la presa de almacenamiento. ....          | 17 |
| 2.15. PRESA DE ALMACENAMIENTO DE MAMPOSTERÍA.....                           | 18 |
| 2.15.1. Definición.....                                                     | 18 |
| 2.15.2. Proceso de construcción .....                                       | 19 |
| 2.16. Fuerzas que obran sobre la presa. ....                                | 20 |
| 2.17. Requisitos de estabilidad de la presa. ....                           | 20 |
| 2.18. Vaso de la presa.....                                                 | 20 |
| 2.19. Obras de toma de la presa. ....                                       | 21 |
| 2.20. Consideraciones necesarias. ....                                      | 21 |
| 2.20.1. Clasificación.....                                                  | 21 |
| 2.21. Vertedor de demasías.....                                             | 22 |
| 2.22. Estudio de avenidas .....                                             | 22 |

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.23. Métodos para calcular el gasto de la avenida máxima probable ..... | 24        |
| 2.23.1. Método directo. ....                                             | 24        |
| 2.23.2. Métodos indirectos: .....                                        | 24        |
| 2.23.3 Curva envolvente.....                                             | 24        |
| 2.24. Formula racional.....                                              | 24        |
| <b>III. MATERIALES Y METODOS .....</b>                                   | <b>25</b> |
| 3.1. Datos generales.....                                                | 25        |
| 3.2. Propósito de la obra .....                                          | 26        |
| 3.3. Localización.....                                                   | 26        |
| 3.4. Climatología.....                                                   | 28        |
| 3.5. Precipitaciones.....                                                | 31        |
| 3.6. Estudios Hidrológicos.....                                          | 33        |
| 3.7. Avenida máxima .....                                                | 34        |
| 3.8. Características ambientales.....                                    | 36        |
| 3.8.1. Vegetación .....                                                  | 36        |
| 3.8.2. Características del suelo .....                                   | 36        |
| 3.9. Estudios hidrológicos.....                                          | 37        |
| 3.10. Coeficiente de escurrimiento .....                                 | 37        |
| 3.11. Ecuación para determinar el coeficiente de escurrimiento. ....     | 38        |
| 3.13. Calculo del volumen medio anual escurrido .....                    | 40        |
| 3.14. Calculo del volumen aprovechable medio anual .....                 | 41        |
| 3.15. Cálculo de la avenida máxima por el método de Dickens .....        | 41        |
| 3.16. Métodos para calcular avenidas de cuencas no aforadas.....         | 42        |
| 3.16.1. Método de Ryves.....                                             | 43        |
| 3.16.2. Método de Valentini .....                                        | 43        |
| 3.16.3. Método de kuichling.....                                         | 43        |
| 3.18. Diseño de la presa.....                                            | 44        |
| 3.18.1 Características de la presa. ....                                 | 44        |
| 3.19. Obra de excedencia .....                                           | 45        |
| 3.20. Obra de toma .....                                                 | 47        |
| 3.21. Estimación de la estabilidad del muro de la presa .....            | 48        |
| 3.22. Cálculo de la fuerza resultante de la presión hidrostática. ....   | 49        |

|                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------|-----------|
| 3.23. Cálculo del peso del muro (W).....                  | 49        |
| 3.24. Volumen del muro .....                              | 49        |
| 3.25. Peso del muro.....                                  | 50        |
| 3.26. Cálculo de la fuerza resultante.....                | 50        |
| 3.27. Revisión por volteo .....                           | 51        |
| 3.28. Línea de conducción .....                           | 51        |
| 3.29. CALCULO DE EL GASTO EN LA LINEA DE CONDUCCION ..... | 52        |
| 3.30. Atraques de mampostería.....                        | 53        |
| <b>3.35. Conclusiones</b> .....                           | <b>56</b> |
| <b>3.36. LITERATURA CITADA</b> .....                      | <b>57</b> |
| <b>3.37. ANEXOS</b> .....                                 | <b>59</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Factores que afecta el escurrimiento superficial. ....                                                                          | 10 |
| Tabla 2 Concentrado de la zona de estudio.....                                                                                          | 25 |
| Tabla 3 Normales climatológicas .....                                                                                                   | 32 |
| Tabla 4 Concentrado del estudio hidrológico de acuerdo a el SIALT.....                                                                  | 33 |
| Tabla 5 Datos de la cuenca hidrológica .....                                                                                            | 37 |
| Tabla 6 Coeficiente de escurrimiento en la cuenca.....                                                                                  | 38 |
| Tabla 7 Coeficiente de escurrimiento de la cuenca en estudio .....                                                                      | 39 |
| Tabla 8 Valores de C para obtener la avenida máxima. ....                                                                               | 42 |
| Tabla 9 Cálculo de avenidas máximas por métodos empíricos. ....                                                                         | 44 |
| Tabla 10 Datos de la línea de conducción .....                                                                                          | 52 |
| Tabla 11 Relación de agregados para un m <sup>3</sup> de construcción.....                                                              | 54 |
| Tabla 12 Componente de mezclas para la construcción total de la obra. ....                                                              | 54 |
| Tabla 13 Fuente de financiamiento de la obra .....                                                                                      | 54 |
| Tabla 14 Cuadro de costos y financiamiento de la presa de mampostería, en el ejido santa eulalia, municipio de Zaragoza, Coahuila ..... | 55 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 Aprovechamiento hidráulico.....                                                           | 5  |
| Figura 2 Micro localización.....                                                                   | 26 |
| Figura 3 Macro localización.....                                                                   | 27 |
| Figura 4 Rutas de acceso al ejido santa Eulalia, Municipio de Zaragoza, Coahuila<br>.....          | 28 |
| Figura 5 Carta de efectos climáticos .....                                                         | 29 |
| Figura 6 Carta hidrología superficial .....                                                        | 30 |
| Figura 7 Mapa de isoyetas normales anuales.....                                                    | 31 |
| Figura 8 Indicadores del cauce principal.....                                                      | 33 |
| Figura 9 Cuenca hidrológica de la presa santa Eulalia, Municipio de Zaragoza,<br>Coahuila.....     | 34 |
| Figura 10 Gráficas de gastos propuestos para proyectos de puentes en la<br>República Mexicana..... | 35 |
| Figura 11 Análisis del presupuesto .....                                                           | 53 |
| Figura 12 Línea de conducción .....                                                                | 59 |
| Figura 13 Perfil de la línea de conducción. ....                                                   | 59 |
| Figura 14 Levantamientos topográficos. ....                                                        | 60 |
| Figura 15 Cauce del arroyo los árboles. ....                                                       | 61 |
| Figura 16 Encofrado de la línea de conducción. ....                                                | 61 |

## I. INTRODUCCION

El agua es un elemento esencial para mantener la vida y está profundamente arraigada en la cultura de todos los pueblos. Las necesidades básicas de todos los seres vivos dependen de ella. El desarrollo humano y el desarrollo económico se basan asimismo en la disponibilidad de agua.

A los Manantiales, generalmente se les conoce como nacimientos de agua; ellos son solamente el afloramiento del nivel freático a la superficie. Cuando el nivel freático, de aguas relativamente quietas, queda por encima del terreno natural, se forma lagos y lagunas. Cuando uno y otro tienen aproximadamente la misma elevación se forma las Ciénegas. Encontrándose también la región de los cinco manantiales.

El planeta Tierra, también llamado el planeta azul, tiene la característica de poseer un 70 % de agua en su superficie, siendo el otro 30 % tierra firme. Ahora bien, toda el agua del planeta no puede usarse ni para el consumo humano, ni para la industria, ni para la agricultura, ya que el 97,5 % de dicho agua es agua salada. El agua restante es agua dulce, pero el 75% de dicho agua potable se encuentra inaccesible en forma de hielo en los casquetes polares, en Groenlandia y en el Océano Antártico. La minúscula proporción de agua dulce que nos queda es justo la que necesitamos para la vida y es la que resulta verdaderamente importante para los procesos vitales del planeta.

Cabe destacar que el agua dulce, dos tercios es agua polar y un tercio es agua de lluvia. Estamos hablando de unos 70.000 millones de metros cúbicos de agua que se evaporan sin interrupción y que caen en cualquier parte del planeta donde llueva.

En México, en las zonas áridas y semiáridas, la escasez y errática distribución de la lluvia genera fuertes limitaciones para la producción agrícola y pecuaria y es frecuente la pérdida de grandes superficies de cultivo y cabezas de ganado por sequía. Las lluvias en estas zonas son de carácter torrencial, lo que ocasiona que sólo se aproveche una parte mínima de lluvia y el resto se pierda como escurrimiento superficial.

## **1.1 Situación actual del agua en Coahuila**

El estado de Coahuila se localiza en el noreste de México. Está situado, en su mayor parte, en el oriente de una gran área climática denominada como Desierto de Chihuahua, o Desierto del Norte de México. Se caracteriza por poseer climas continentales, secos y muy secos, que van desde los semiáridos, predominantes en los bolsones coahuilenses, hasta los templados de las partes más altas y las más septentrionales.

El estado tiene un bajo potencial hidrológico; ocupa el tercer lugar nacional con menor precipitación pluvial con una media anual de poco más de 327 mm por año. Cuenta con regiones donde la escasez de este líquido es evidente, lo cual genera una presión y sobreexplotación de los recursos hídricos.

A pesar de las condiciones de aridez que caracterizan a la entidad, numerosas corrientes cruzan el estado, alimentadas principalmente por aguas subterráneas, las que, por accidentes geológicos, afloran a la superficie.

Los habitantes de las zonas áridas y semiáridas, tiene como actividad el dedicarse a la agricultura de temporal y al pastoreo de ganado caprino, ovino y vacuno. Actualmente los productores de la llamada agricultura de temporal, tiene los rendimientos muy bajos pues su agricultura es muy deficiente en lo que se refiere al aprovechamiento del escurrimiento superficial.

## 1.2 Justificación

El estudio tiene como meta el desarrollo integral de las zonas áridas por que poseen un gran potencial, en sus suelos y en su gente, para integrar una sociedad más armónica y más justa. La extensión y la distribución de las zonas áridas de México y la diversidad de recursos que ahí se localizan, han hecho que se desarrolle una compleja estructura productiva, de gran importancia por su magnitud y su peso en la economía nacional. El grado de desarrollo alcanzado por la mayor parte de las entidades federativas localizadas en el territorio árido sitúa a esta en una posición de ventaja frente a muchas de las que se ubican en regiones con condiciones más favorables. Los niveles de educación, salud e ingresos más altos en el país corresponden a estados de las zonas desérticas y semidesérticas.

Desde el punto de vista agropecuario las zonas desérticas y semidesérticas del país presentan una gran cantidad de problemas , debido a las bajas y erráticas precipitaciones, la alta evaporación y sus temperaturas extremas, lo que obligan a la población rural a realizar enormes esfuerzos a cambio de mínimas remuneraciones con su limitada infraestructura y uso de los recursos naturales. La promoción del desarrollo en las áreas rurales de las zonas debería realizarse, considerando siempre que estas se hagan con una estrategia que forme parte del progreso de los agricultores.

Las obras hidráulicas tienen como fin solventar las necesidades de la producción agropecuaria, mejorando las condiciones socioeconómicas de las comunidades en el campo.

Con la aplicación de la presa de almacenamiento de mampostería en las zonas áridas y semiáridas a futuro se reducirán los índices de siniestralidad por sequía. Contribuirá al incremento de la productividad y la producción de alimento básicos y fortalecerá la relación estado-productores, así como también fomentara las bases para la autonomía-económica y crecimiento sostenido de los productores.

### **1.3 Objetivo general**

Aprovechar los escurrimientos superficiales y los pequeños manantiales en zonas de escasa precipitación.

### **1.4 Objetivos específicos**

- Diseñar una presa de mampostería para la captación de los escurrimientos, agua de manantial y control de avenidas.
- Mejorar la eficiencia de conducción hasta en un 95% del agua almacenada entubándola desde la presa hasta el ejido Santa Eulalia.

### **1.5 Hipótesis**

- a) La construcción de obras hidráulicas pueden ser una solución práctica y que ataca directamente la escases, por lo tanto se plantea como alternativa para la captación de los escurrimientos para las zonas áridas y semiáridas.
- b) Con la línea de conducción con tubería de 2" de diámetro, se pretende tener una eficiencia de conducción mayor del 95%, en la distribución del agua para consumo doméstico.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN APROVECHAMIENTO SUPERFICIAL

Los elementos que forman un aprovechamiento hidráulico son en general siete, los que se agrupan y relacionan en la Fig. 1 que se presentan a continuación para su mejor comprensión.

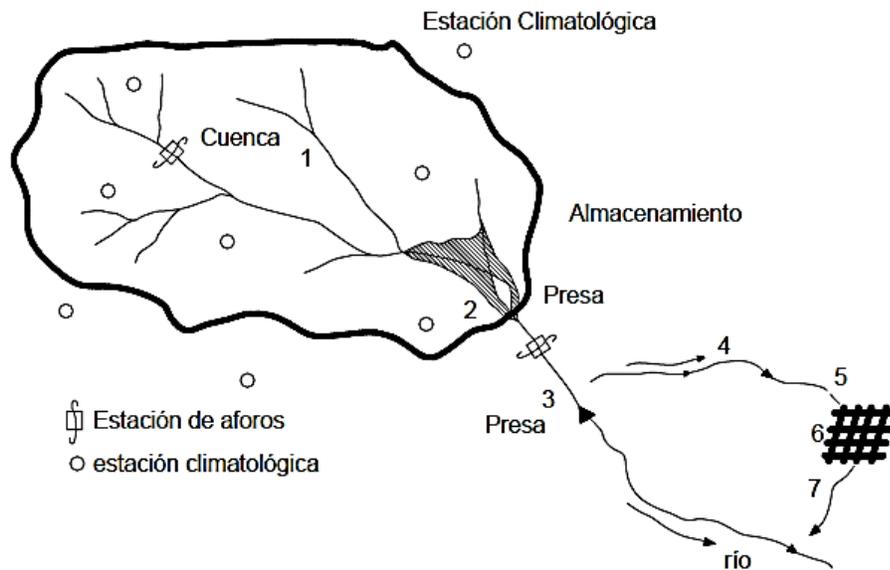


Figura 1 Aprovechamiento hidráulico.

1. Área de captación o cuenca hidrográfica de un río, definida a partir del sitio de almacenamiento.
2. Almacenamiento, formado por una presa, en un sitio previamente escogido, que es donde se cambia el régimen natural del escurrimiento al régimen artificial de la demanda, de acuerdo con el fin o los fines a que se destine. Aquí es conveniente recordar que una presa consta, en lo general, de las partes siguientes: vaso, cortina, obra de desvió, obra de toma y obras de excedencias.

3. Derivación, en donde, por medio de una presa, se deriva el escurrimiento del río hacia el sistema de conducción, el que, por conveniencia, a menudo se localiza a niveles superiores a los del lecho del río.
4. Sistema de conducción que puede estar formado por conductos abiertos o cerrados y sus estructuras; a través del cual se conduce el agua desde el punto de derivación hasta la zona de aprovechamiento.
5. Sistema de distribución, el cual se constituye de acuerdo con el fin específico de aprovechamiento. Por ejemplo: canales para riego por gravedad, tuberías a presión para plantas hidroeléctricas, tomas domiciliarias en el caso de abastecimiento, procedimientos directos de riego, etc.
6. Utilización directa del agua, la cual se efectúa también mediante elementos específicos según el fin de que se trate. Por ejemplo, turbinas en el caso de plantas hidroeléctricas, toma domiciliaria en el caso de abastecimiento, procedimientos directos de riego, etc.
7. Eliminación de volúmenes sobrantes, la cual se efectúa por medio de un conjunto de estructuras especialmente construidas al efecto: sistema de alcantarillado en el caso de abastecimiento; drenes, en el caso de sistema de riego; estructura de desfogue, en el caso de plantas hidroeléctricas, etc. En la Fig. 1 se indica que los retornos o sobrantes del agua utilizada se regresan al cauce en la misma cuenca, condición que, desde el punto de vista del derecho humano, se debe procurar que se respete cuando las condiciones sanitarias o ecológicas lo permitan.

## 2.2. PRECIPITACIÓN

Se entiende por precipitación la caída de partículas líquidas de agua, la precipitación se deriva del vapor de agua atmosférico y su forma y cantidad dependen de factores climáticos tales como temperatura, viento, y presión atmosférica. La humedad atmosférica es pues condición necesaria pero no suficiente para la ocurrencia de la precipitación. Previamente la precipitación de la humedad presente, la masa de aire que la contiene se ve sujeta a un ciclo de cambios, para el que las siguientes condiciones son necesarias:

- a) Un suministro amplio de humedad, generalmente en la forma de vapor de agua, debe existir.
- b) El aire conteniendo la humedad debe ser enfriado a temperaturas inferiores a su punto de condensación.
- c) El vapor de agua atmosférico debe agregarse, o condensarse para formar partículas líquidas o sólidas.
- d) Las partículas formadas deben aumentar su tamaño hasta que, por razón del mismo, caen y alcanzan el terreno.

## 2.3. Tipos de precipitaciones

**2.3.1. Precipitación convectiva:** es la más común en los trópicos se origina por el levantamiento de masas de aire más ligero y cálido al encontrarse a su alrededor las masas de aire densas y frías.

**2.3.2. Precipitación Ciclónica:** está asociada al paso de los ciclones y ligada a los planos de contacto entre masas de aire de diferentes temperaturas y contenido de humedad. El levantamiento de aire se origina por convergencia horizontal en la entrada de masa de aire en un área de baja presión.

**2.3.3 Precipitación Orográfica:** la precipitación debida al levantamiento del aire producido por las barreras montañosas. El efecto de las montañas ejerce una acción directa de su sustentación o se induce a turbulencia y corrientes de convecciones secundarias de las masas de aire en un área de baja presión.

#### **2.4. Precipitación en zona áridas y semiáridas**

La zona árida se caracteriza por tener una precipitación anual 325 mm. y una epoca de secas de 8 a 12 meses, y la semiárida por tener una precipitación anual entre 400 a 700 mm. Con 6 a 8 meses seca.

#### **2.5. Escurrimientos**

Garcia( 1985), indica que la cantidad de agua que cae sobre una cuenca, una parte se evapora, otra se infiltra y una tercera escurre por las laderas. La primera debe considerarse como pérdida, pero la segunda y la tercera va aparar a los ríos, constituyendo su canal, pero influyendo en distinta manera, las aguas que escurren por la superficie y que rápidamente se reúnen en las vaguadas dan origen a las riadas, mientras que las infiltraciones tienen a mantener la constancia del caudal.

Comisión Federal de Electricidad (1981 b), Manual de Diseño de obras Civiles A1.3, menciona que cuando la lluvia es de tal magnitud que exceda la capacidad de infiltración o retención del terreno y vegetación, el excedente da origen al proceso de escurrimiento.

## **2.6. Clases de escurrimiento**

De acuerdo con la fuente de la cual el escurrimiento proviene, éste puede consistir de escurrimientos superficial directo, escurrimiento sub-superficial o interflujo, y escurrimiento derivado de mantos subterráneos, o flujo base.

### **2.6.1. Escurrimiento superficial directo**

Se mueve sobre la superficie del terreno en la red de drenaje superficial, hasta alcanzar el punto de drenaje de la cuenca, y por tanto, no incluye aportaciones derivadas de la descarga natural de aguas subterráneas.

### **2.6.2. Escurrimiento sub-superficial**

Es debido a aquella parte de la precipitación que se infiltra y se mueve luego lateralmente, a través de los horizontes superiores hacia la red de drenaje, en la forma de un manto freático efímero y superficial de carácter suspendido por arriba del nivel principal del manto freático.

### **2.6.3. Escurrimiento derivado de aguas subterráneas**

Es la parte del escurrimiento total debida a la percolación profunda del agua infiltrada, que después de convertirse en agua subterránea, es descargado en la red de drenaje.

**Tabla 1 Factores que afecta el escurrimiento superficial.**

| <b>Factor</b>        | <b>Variable</b>                      | <b>Características</b>                                                                                                                                                               |
|----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Climáticos</b>    | Precipitación                        | Forma, tipo, intensidad, duración, distribución espacial y temporal: frecuencia, dirección de movimiento, precipitación antecedente, y humedad del suelo.                            |
|                      | Evaporación                          | Temperatura, viento, presión atmosférica, tipo de superficie evaporativa.                                                                                                            |
|                      | Transpiración                        | Temperatura, radiación solar, viento, humedad relativa, humedad del suelo, clase de vegetación.                                                                                      |
| <b>Fisiográficos</b> | Características de la cuenca         | Tamaño, forma, pendiente, orientación, elevación, densidad de drenaje, uso de la tierra y tipo de cobertura, capacidad de infiltración, condiciones geo hidrológicas y topográficas. |
|                      | Características de la red de drenaje | Capacidad de conducción, tamaño, forma de área seccional, pendiente, rugosidad, longitud, tributarios.                                                                               |

## **2.7. Irrigación**

Es considerada como un punto de vista de la ingeniería en irrigación incluyendo la observación y almacenamiento del suministro de agua, para este recurso y distribuirlo en las áreas irrigables, siendo esto una actividad desarrollada por nuestros antepasados para producir su propio alimento.

Bajo a la aplicación en la agricultura, incluye todas las operaciones y prácticas artificialmente aplicada para el agua en el suelo para la producción de cosechas.

## **2.8. Clasificación de tipos de presas**

### **2.8.1 Generalidades.**

Las presas se pueden clasificar en un número de categorías diferentes, que dependen del objeto de estudio, es conveniente considerar tres amplias clasificaciones de acuerdo con: el uso, el funcionamiento hidráulico, o los materiales que forman la estructuras (Arthur, 1976).

## **2.9. Clasificación según su uso (Arthur, 1976).**

Las presas se pueden clasificar de acuerdo con la función más general que van a desempeñar, como de almacenamiento, de derivación, o regulación. Se puede precisar más las clasificaciones cuando se consideran sus funciones específicas.

**2.9.1. Presas de almacenamiento,** se construyen para embalsar el agua en los periodos en que sobra, para utilizar cuando se escasea. Estos periodos pueden ser estacionarios, anuales, o largos. Muchas presas pequeñas almacenan los escurrimientos de primavera para usarse en la estación seca de verano. Las presas de almacenamiento se pueden a su vez clasificar de acuerdo con el objeto de almacenamiento, como abastecimiento de agua, para la generación de energía hidroeléctrica, irrigación, etc. El objeto específico u objetos en los que se va a utilizar el almacenamiento tienen a menudo influencia en el proyecto de la estructura, y puede determinar conceptos como el de la magnitud de las fluctuaciones del nivel que pueda esperarse en el vaso y el del volumen de filtración que pueden permitirse.

**2.9.2 Presa de derivación,** se construyen ordinariamente para proporcionar la carga necesaria para derivar el agua hacia zanjas, canales, u otros sistemas de conducción hasta el lugar en el que se va a usar. Se utilizan los sistemas de riego, para la derivación de una corriente natural hacia un vaso de almacenamiento que se localiza fuera del cauce natural de la corriente, para usos municipales e industriales o para la combinación de los mismos.

**2.9.3 Presas reguladoras**, se construyen para recargar el escurrimiento de las avenidas y disminuir el efecto de las ocasionales. Las presas reguladoras se dividen en dos tipos. En uno de ellos, el agua se almacena temporalmente, y se deja salir por una obra de toma con un gasto que no exceda de la capacidad del cauce aguas abajo. En el otro tipo, el agua se almacena tanto tiempo como sea posible y se deja infiltrar en las laderas del valle o por los estratos de grava de la cimentación. A este tipo se le llama algunas veces de distribución o dique, porque su principal objeto es recargar el acuífero. Las presas reguladoras también se construyen para detener los sedimentos. A menudo a estas se le llama para arrastres

## **2.10. Clasificación según su funcionamiento hidráulico (Arthur, 1976)**

Las presas se pueden clasificar también como presas vertedoras o no vertedoras.

**2.10.1. Presas vertedoras**, se proyectan para descargar sobre su cresta vertedora. Deben estar hecha de materiales que no se erosionen con tales descargas. Es necesario emplear concreto, mampostería, acero y madera, excepto en las estructuras vertedoras muy bajas de unos cuantos pies de altura.

**2.10.2. Presas no vertedoras**, son las que se proyectan para que no rebasen el agua por su cresta vertedora. Este tipo de proyectos permiten ampliar la elección de materiales incluyendo las presas de tierra y las de enrocamiento.

Con frecuencia se combinan los dos tipos, para formar una estructura compuesta, que consiste, por ejemplo, una parte vertedora de concreto de gravedad con extremos formados por terraplenes.

## **2.11. Clasifica según los materiales (Arthur, 1976).**

La clasificación más común que se usa en la discusión de los procedimientos de construcción, se basa en los materiales que forma la estructura. En esta clasificación se menciona el tipo básico de proyecto como, por ejemplo, presa de concreto de gravedad, o de concreto de tipo arco.

**2.11.1 Presas de tierra,** las de tierra constituyen el tipo de presas más común, principalmente por que en su construcción intervienen materiales en su estado natural que requieren el mínimo de tratamiento. Además, los requisitos para sus cimentaciones son menos exigentes que para los otros tipos. Es probable que las presas de tierra continúen prevaleciendo sobre los demás tipos para fines de almacenamiento parcialmente, debido a que el número de emplazamientos favorables para las estructuras de concreto está disminuyendo como resultado de los numerosos sistemas de almacenamiento de agua que se han emprendido, especialmente en las regiones áridas y semiáridas en las que la conservación del agua para riego es una necesidad fundamental.

**2.11.2. Presas de enrocamiento,** en las presas de enrocamiento se utiliza roca de todos los tamaños para dar estabilidad a una membrana impermeable. La membrana puede de ser una capa de material impermeable del lado del talud mojado, una losa de concreto, un recubrimiento de concreto asfáltico, placas de acero, o cualquier otro de dispositivo semejante; o puede ser un núcleo interior delgado de tierra impermeable.

El tipo de enrocamiento se adapta a los emplazamientos remotos donde abunda la roca buena, donde no se encuentra tierra buena para una presa, y donde la construcción de una presa de concreto resultaría muy costosa.

**2.11.3. Presas de concreto del tipo de gravedad:** Son estructuras de tales dimensiones que por su propio peso resisten las fuerzas que actúan sobre ellas. Las presas de gravedad, de concreto se adaptan a los lugares en los que si disponen de una cimentación de roca razonablemente sana, aunque las

estructura bajas se pueden establecer sobre estratos aluviales si se construyen los dados adecuados.

Se adaptan bien para usarse como cresta vertedora y, debido a esta ventaja, a menudo se usan formando la parte vertedora de las presas de tierra y de erocamiento o de una presa.

**2.11.4. Presas de concreto tipo de arco,** las presas de concreto del tipo de concreto de arco se adaptan a los lugares en los que la relación de la distancia entre los arranques del arco a la altura no es grande y donde la cimentación en estos mismos arranques es roca sólida capaz de resistir el empuje del arco.

**2.11.5 Presas de concreto del tipo de contrafuertes,** las presas del tipo de contrafuerte comprenden las de losa y las de arco. Requieren aproximadamente el 60% menos de concreto que las presas macizas de gravedad pero los aumentos debido a los moldes y al esfuerzo de acero necesario, generalmente contrarrestan las economías de concreto. Se construyeron varias presas de contrafuerte en la década de los 30's, cuando la relación del costo de la mano de obra al costo de los materiales era comparativamente baja. Este tipo de construcción no se puede competir generalmente con los otros tipos de presas cuando la mano de obra es cara.

**2.11.6. Otros tipos de presa,** se han construido presas de otros tipos aparte de los mencionados, pero la mayor parte de los casos satisfacen los requisitos de los usuales o son de naturaleza experimental. En pocos casos, se ha usado acero estructural para la pantalla de aguas arriba y en armaduras de soporte en las presas. Antes de 1920, se construyeron numerosas presas de madera, especialmente en el noreste. La cantidad de mano de obra necesaria en la construcción de las presas de madera, combinada con la corta vida de la estructura, hace que este tipo sea antieconómica en la construcción moderna.

## **2.12. Factores físicos que gobiernan la selección de la presa.**

### **2.12.1. Topografía.**

La topografía en gran parte, dicta la primera elección del tipo de presa. Una corriente angosta corriendo entre desfiladeros de roca sugiere una presa vertedora.

Las llanuras bajas, onduladas, con las misma propiedad, sugieren una presa de tierra con vertedor de demasías separado. Cuando las condiciones son intermedias, otras consideraciones toman importancia, pero el principio general de la conformidad con las condiciones naturales siguen siendo la guía principal.

La localización del vertedor es un factor importante que dependerá en gran parte de la topografía local y que, a su vez, tendrá una gran importancia en la selección final del tipo de presa (Arthur, 1976).

### **2.12.2. Las condiciones geológicas y la cimentación (Arthur, 1976).**

Las condiciones de la cimentación depende de las características geológicas y del espesor de los estratos que van a soportar el peso de la presa; de su inclinación, permeabilidad, y la relación con los estratos subyacentes, fallas y fisuras.

La cimentación limitará la elección del tipo de presa en cierta medida, aunque estas limitaciones se modifican con frecuencia al considerar la altura de la presa propuesta. Se discuten en seguida las diferentes cimentaciones comúnmente encontradas.

**2.12.3. Cimentación de roca sólida,** debido a su relativamente alta resistencia a las cargas, y resistencia a la erosión y filtración, representa pocas restricciones por lo que al tipo de presas que puede construirse encima de ellas el factor decisivo será la economía que se pueda obtener en los materiales o en el costo total. Con

frecuencia será necesario remover la roca desintegrada y tapar grietas y facturas con inyección de cemento.

**2.12.4. Cimentación de grava**, si está bien compactada, es buena para construir presas de tierra, de enrocamiento, y presas bajas en concreto como la cimentaciones de grava son con frecuencia muy permeables, deben tomarse precauciones especiales construyendo dados efectivos o impermeabilizantes.

**2.12.5. Cimentación de limo o de arena fina**, se pueden utilizar para apoyarse presas de gravedad de poca altura si están bien proyectadas, pero no sirve para las presas de enrocamiento. Los principales problemas son los asentamientos, evitar las tubificaciones y las pérdidas excesivas por filtración, y la protección de la cimentación al pie del talud, contra la erosión.

**2.12.6. Cimentación de arcilla**, se pueden usar para apoyar las presas, pero requieren un tratamiento especial. Como pueden producirse grandes asentamientos de la presa si la arcilla no está consolidada y su humedad es elevada, las cimentaciones de arcilla, generalmente no son buenas para la construcción de presas de escolleras. Generalmente es necesario efectuar pruebas del material en su estado natural para determinar las características de consolidación del material y su capacidad para soportar la carga que va a sostener.

## **2.13. LOCALIZACIÓN**

La localización de una presa de almacenamiento está definida primordialmente por la topografía del cauce, así como de la conducción, que definen a su vez las alternativas económicas de las obras.

Se debe elegir un tramo de río lo más recto posible y el ancho del cauce deberá ser lo bastante amplio para tener una longitud vertedora apropiada para hacer

frente a las avenidas que se presenten, la roca o material de la cimentación deberá ser adecuada para apoyar las diferentes estructuras.

La alternativa más económica es un factor decisivo para su localización; esta puede comprender un sitio lejano al centro de consumo del agua, presentando una longitud de conducción larga y un dique de poca altura, o la localización de un sitio cercano con una conducción corta y un dique de mayor altura.

## **2.14. Presas de almacenamiento**

Mora (1993), menciona que a partir de las estadísticas, sean de operación o de proyecto, es muy importante tener una clara apreciación de la capacidad de la presa en relación con los escurrimientos del río; si es menor, los frecuentes derrames del vertedor de excedencia los harán evidentes en la estadística; si es mayor, la presa raramente alcanzará su capacidad de almacenamiento.

Además no debe ignorarse que el comportamiento meteorológico es variable y que las avenidas de los ríos, producto de la captación y del escurrimiento de agua meteórica de su cuenca, suelen tener para distinta magnitud ciclos de retorno mucho mayores que el tiempo de registro estadístico.

Por lo que siempre podrá presentarse una avenida fuerte, para la que no fue calculada la presa, sin que esto signifique falla para el proyecto. No así el vertedor, que tiene o debe tener una base de cálculo para su capacidad mucho más conservadora.

### **2.14.1. Definición de términos de la presa de almacenamiento.**

**Cortina:** estructura que tiene por objeto crear un almacenamiento de agua.

**Boquilla o sitio:** lugar escogido para construir la cortina.

**Sección de la cortina:** en general, es cualquier corte transversal de la presa.

**Altura de la cortina:** es la distancia vertical máxima entre la corona y la cimentación.

**Corona o cresta:** es la superficie superior de la cortina, normalmente, es parte de la protección de la presa contra oleaje y sismo, y sirve de acceso a otras estructuras.

**Talud:** es cualquier plano que constituye una frontera entre los materiales de la cortina o con el medio circundante.

**El corazón impermeabilizante:** es el elemento de la presa que sierra el valle al paso del agua contenida en el embalse o vaso.

**Respaldo impermeable:** Son las masas granulares que integran, con el corazón impermeable, la sección de la cortina, puede estar formados por filtros, transiciones y enrocamiento.

**NAME:** abreviación del nivel de aguas, máximo extraordinario; es la elevación del agua en el vaso cuando la presa esta llena y además funciona el vertedor a su máxima capacidad. La diferencia entre la elevación de la corona y el NAME es el bordo libre (Marsal y Resendiz, 1983).

## **2.15. PRESA DE ALMACENAMIENTO DE MAMPOSTERÍA**

### **2.15.1. Definición**

Las presas de almacenamiento tienen la función del suministro de agua a una población, ya sea para uso doméstico, agrícola y/o pecuario. Independientemente de cuál sea el uso que se le dará una presa de almacenamiento, su función principal es mantener el depósito lleno para asegurar la disponibilidad del recurso en tiempos de sequía.

### **2.15.2. Proceso de construcción**

Después de haber cumplido con los requerimientos mínimos de diseño para una presa de mampostería, se puede comenzar a construir siguiendo los pasos que a continuación se describen:

**Primer paso.** Se realiza el trazo de empotramiento, que consiste en marcar, con cal o pintura, el área a excavar para el empotramiento.

**Segundo paso.** La excavación del empotramiento y el delantal se realiza para impedir que el agua y los sedimentos flanqueen la estructura y evitar socavaciones que pongan en peligro la obra.

**Tercer paso.** Se realiza el transporte de materiales, que incluye la piedra, la arena o el cemento, dentro de los costos.

**Cuarto paso.** Se procede a la conformación del empotramiento, la base y el delantal según se muestra en la imagen.

**Quinto paso.** Se construyen las paredes y el vertedor. Para las paredes se debe seguir con la misma forma con que se construyó la base. Al final, se le da forma el vertedor.

## **2.16. Fuerzas que obran sobre la presa.**

United States Departamen of Interior Bureau of Reclamation (1978), manifiesta que en el proyecto de las presas de gravedad, es necesario determinar las fuerzas que se pueden suponer que afectan la estabilidad de las estructuras. Las que deben de considerarse para las presas de gravedad son las debidas a: la presión del agua, (o subpresión), la presión del azolve, la presión del hielo, las fuerzas producidas por el terremoto, el peso de la estructura y la reacción resultante de la cimentación. Otras fuerzas, entre las que se incluyen los vientos y las olas, son insignificantes para las presas pequeñas y no es necesario considerarlas en los análisis de estabilidad

## **2.17. Requisitos de estabilidad de la presa.**

United States Departamen of Interior Bureau of Reclamation (1978), menciona que las presas de concreto de gravedad deben proyectarse para que resistan, con un amplio factor de seguridad, estas tres causas de destrucción : el vuelco, el deslizamiento y ezfuerzos excesivos.

El calculo de la estabilidad se hace comparando las fuerzas que tienen al producir el deslizamiento de una cierta masa de tierra (fuerzas desestabilizadora) con aquellas que tienden acontraerse al movimiento (fuerzas resistentes) (lambe y whitman, 1984).

## **2.18. Vaso de la presa.**

Comisión Federal de Electricidad (1980c), Manual de Diseños de Obras Civiles Número A 1.9. menciona que un vaso de almacenamiento cumple una función esto es, permite almacenar los volúmenes que escurren en exceso para que pueden aprovecharse cuando los escurrimientos sean escasos.

## **2.19. Obras de toma de la presa.**

Comisión Federal de Electricidad (1983), Manual de Diseños de Obras Civiles Número A 2.2. señalan que la función principal de una obra de toma es permitir y controlar las extracciones del agua de una presa o un río, en la cantidad y momento que se requiera. Los elementos indispensables de una obra de toma deben diseñarse de tal manera que cumplan los propósitos siguientes:

- a) Regular y conducir el gasto necesario.
- b) Asegurar, con pequeñas pérdidas de energía, el gasto en la conducción.
- c) Evitar la entrada de basura, escombros y otros materiales flotantes.
- d) Prevenir, o al menos reducir, el azolvamiento de la conducción.

El colegio de posgraduados de Chapingo (1980), define la obra de toma de un bordo de almacenamiento como una estructura que tiene como función, regular las extracciones que se haga de él para satisfacer las demandas de agua, en el tiempo oportuno y en cantidad necesario para riego, abrevadero y uso doméstico.

## **2.20. Consideraciones necesarias.**

Las obras de toma se deben planear de manera que las extracciones se pueden hacer con un mínimo de disturbios de flujo, así como de pérdidas de carga a través de compuertas, rejillas y transiciones.

### **2.20.1. Clasificación.**

El colegio de posgraduados de Chapingo (1980), las clasifica como: obras de toma de válvulas a la salida y obra de toma con muros de cabeza de mampostería y compuertas deslizables, la selección de tipo de obra a escoger estará determinada por la cantidad de agua que se maneje y el aspecto económico de la obra.

## **2.21. Vertedor de demasías**

United States Departamen of Interior Bureau of Reclamation (1978), la función de los vertedores de demasías en las presas de almacenamiento y en las reguladores es dejar pasar el agua excedentes o de avenidas que no cabe en el espacio destinado para el almacenamiento y en las presas derivadoras dejar pasar los excedentes que no se envían al sistema de derivación. La importancia que tiene un vertedor seguro no se puede exagerar, muchas de las fallas de las presas se a debido a vertedores mal proyectados o de capacidad insuficiente. Además de tener suficiente capacidad, el vertedor debe ser hidráulico y estructuralmente adecuado, y debe estar localizado de manera que las descargas del vertedor no erosionen ni socaven el talón de aguas abajo de la presa. Las superficies que forman el canal de descarga del vertedor deben ser resistente a las velocidades erosivas creadas por la caída desde la superficie del vaso a la de descarga y generalmente es necesario algún medio para disipación de la energía al pie de la caída.

## **2.22. Estudio de avenidas**

La Avenida es el producto del escurrimiento por la lluvia, el control de avenidas es la prevención de daños por desbordamiento o derrames de las corrientes naturales, las medidas comúnmente aceptadas para reducir los daños de las avenidas son: reducir el escurrimiento máximo con vasos de almacenamientos y encauzamiento del escurrimiento dentro de la sección de un cause previamente determinado por medio de bordos, muros de encauzamiento, o un conducto cerrado.

La función de un vaso para control de avenidas, es almacenar una porción del escurrimiento de la avenida, de tal manera que se reduzca el máximo de la avenida en el punto de protegerse. En un caso ideal el vaso está situado

inmediatamente aguas arriba del área protegida y se opera "cortar" el pico o máximo de avenida (Linsley y Franzini, 1975).

Comisión Federal de Electricidad (1980 d), Manual de Diseño de Obras Civiles Número A.1.10, que recomienda para diseñar una obra de excedencia se necesita determinar las avenidas con las que supuestamente va a trabajar, ya sea las que se presentan únicamente en condiciones extraordinarias, o las que frecuentemente se tendrán que manejar.

Secretaría de Recursos Hidráulicos (1973), la determinación de la máxima avenida probable se basa en la consideración racional de las probabilidades de la ocurrencia simultánea de los diferentes elementos o condiciones, que contribuyen a la formación de la avenida. Uno de los factores más importantes, es la determinación del escurrimiento que pueda resultar de la ocurrencia de una tormenta máxima probable, basada en factores meteorológicos.

Comisión Federal de Electricidad (1980), Manual de Diseño de Obras Civiles Número A 2.9, cita que el escurrimiento se origina cuando la lluvia es de tal magnitud que excede la capacidad de infiltración o retención del terreno y vegetación, el excedente da origen al proceso de escurrimiento y se desplaza por efecto de gravedad hacia las partes más bajas de la cuenca, reconociendo arroyos más cercanos. También cita que las estimaciones del gasto por medio del método de secciones y pendientes es un problema hidráulico distinto para cada avenida, pero puede utilizarse para tomarse un parámetro y situar la magnitud de las avenidas, basándose en las huellas dejadas por la corriente y a la topografía de la sección transversal esto utilizando la fórmula de Manning bajo ciertas recomendaciones.

Secretaría de Recursos Hidráulicos (1975), menciona que un gran porcentaje de fracaso en las obras hidráulicas se deben a la subestimación de las avenidas máximas de la corriente que es posible esperar, y por lo tanto a la diferente capacidad de la obra de excedencia para dar paso a la dicha avenida.

## 2.23. Métodos para calcular el gasto de la avenida máxima probable

### 2.23.1. Método directo.

Secretaría de Recursos Hidráulicos, (1975); dice que la determinación del gasto de una avenida utilizando el método de sección y pendiente y servirá de comparación con el gasto determinado con las curvas ensolventes.

### 2.23.2. Métodos indirectos:

**2.23.3 Curva envolvente:** Creager obtuvo sobre avenidas máximas registrada en diferentes cuencas del mundo y se formó una grafica de envolventes mundiales en las que se relaciona el área de cada cuenca (A), con el gasto por unidad de área (q), trazó una envolvente cuya ecuación resultó.

$$Q=1.303(C(0.386 A)) A^{-1}$$

Donde:

A= área de la cuenca, en  $km^2$

Q= gasto máximo por unidad de área de la cuenca, en  $m^3/seg$ .

**2.24. Formula racional.** Es de las más antiguas (1889) y probablemente todavía unas de las más utilizadas, considera que el gasto máximo se alcanza cuando la precipitación se mantiene con una intensidad constante durante un tiempo igual al tiempo de concentración. La fórmula racional es:

$$Q_p = 0.278 C I A$$

Donde:

Q<sub>p</sub>= gasto máxima o de pico, en  $m^3/seg$

C= coeficiente de escurrimiento

I = intensidad media de lluvia para una duración AL tiempo de concentración de la cuenca, mm/h.

A= área de la cuenca, en  $km^2$

Para calcular el tiempo de concentración se utiliza la forma de Kirpich

$$t_c = ( 0.86 L^3 / H )^{0.325}$$

Donde:

$t_c$  = tiempo de concentración, en hrs.

L = longitud del cauce principal, en  $km^2$

H= desnivel entre los extremos del cauce principal, en m.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Datos generales

El concentrado siguiente es para dar a conocer el nombre de la zona de estudio, la cual se utilizó para poder buscar fuentes de información y consultar recursos en línea para planear la forma de trabajo acorde al lugar.

**Tabla 2 concentrado de la zona de estudio.**

|                        |                                                                                            |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre de la obra:     | presa de almacenamiento de mampostería                                                     |
| Comunidad beneficiada: | Ejido santa Eulalia                                                                        |
| Municipio:             | Zaragoza                                                                                   |
| Estado:                | Coahuila                                                                                   |
| Inversión:             | \$ 2,490,560.40                                                                            |
| Finalidad de la obra:  | Almacenar 68,250 m3 del manantial y del escurrimiento superficial derivado de las lluvias. |
| Programa:              | COUSSA                                                                                     |

### 3.2. Propósito de la obra

Utilizar racionalmente el agua de escurrimientos superficiales derivados de las lluvias y almacenarlos en la presa.

### 3.3. Localización.

La presa derivadora se pretende construir en el arroyo los árboles, La ubicación geográfica de la presa es  $29^{\circ}04'31.86''$  latitud norte y  $101^{\circ}27'02.99''$  longitud oeste a 565 msnm. La presa tendrá la finalidad de almacenar el agua y conducirla hacia el ejido santa Eulalia.

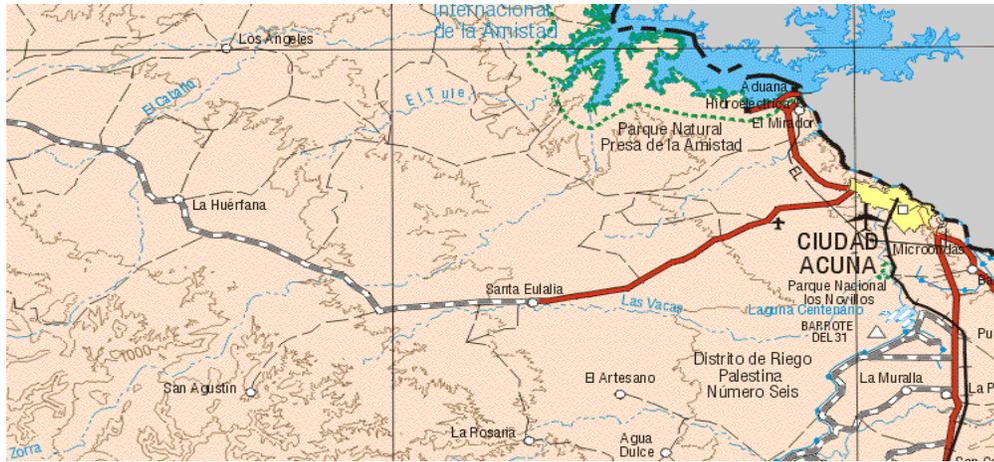
**Figura 2 micro - localización.**



Figura 3 Macro - localización.



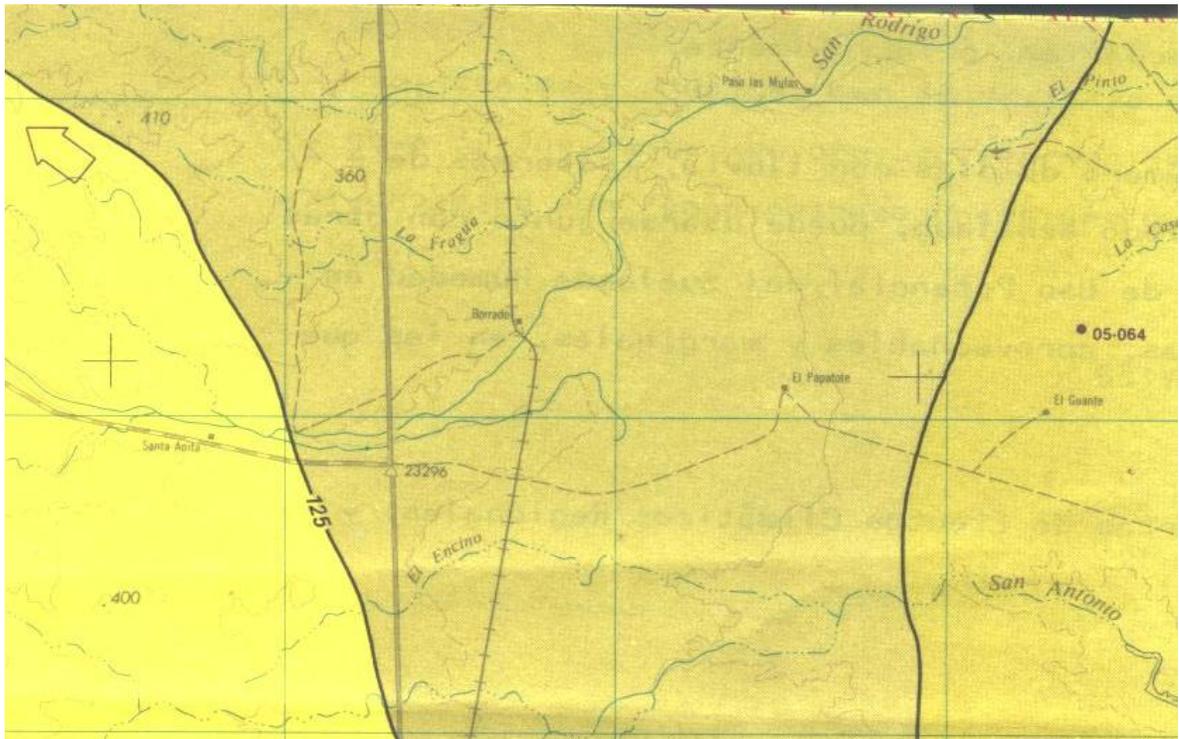
**Figura 4 Rutas de acceso al ejido santa Eulalia, Municipio de Zaragoza, Coahuila**



### **3.4. Climatología.**

En el área que comprende la comunidad Santa Eulalia, municipio de Zaragoza, el tipo de clima es Bsohx" (e), clasificación que se interpreta como clima seco, semicálido, extremoso, con invierno fresco. La precipitación media anual total es de 374.0 mm. Llueve todo el año pero no abundantemente. El mes más lluvioso es septiembre y el menos lluvioso marzo. Las granizadas son más probables en abril y mayo aunque la probabilidad es mínima. El rocío se acentúa en verano, otoño e invierno aunque puede haber durante todo el año. Lluvias escasas todo el año, con precipitación invernal superior al 10%. La temperatura media anual es de 21.4 °C. Los meses más calientes son junio, julio y agosto, aunque se presentan temperaturas de 40°C desde marzo hasta septiembre. Las heladas son más severas y numerosas en enero, aunque ocurren desde noviembre hasta marzo. Muy ocasionalmente pueden presentarse heladas tardías en abril.

**Figura 5 CARTA DE EFECTOS CLIMÁTICOS**

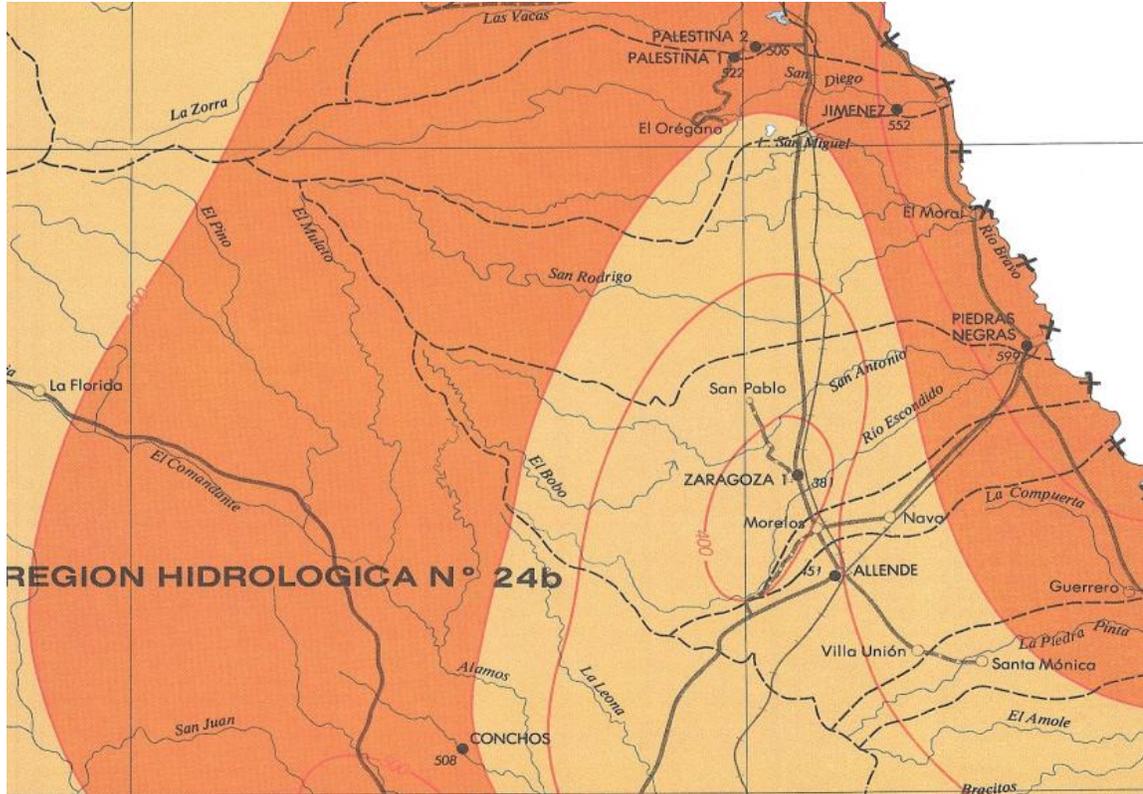


**PRECIPITACIÓN TOTAL EN mm NOV-ABR**





**Figura 7 MAPA DE ISOYETAS NORMALES ANUALES**



### **3.5. Precipitaciones**

Durante el periodo de 1951-2010 las estadísticas reportan por las normales climatológicas de la precipitación media anual del municipio de zaragoza es de 400 mm, registrandose normalmente en los meses de mayo a septiembre, con datos de escasos el resto del año.

### Tabla 3 NORMALES CLIMATOLÓGICAS

ESTADO DE: COAHUILA DE ZARAGOZA

PERIODO: 1951-2010

ESTACION: 00005186 CABECERAS  
MSNM.

LATITUD: 29°02'17" N.

LONGITUD: 101°04'59" W.

ALTURA: 348.0

| ELEMENTOS ANUAL           | ENE     | FEB     | MAR     | ABR     | MAY     | JUN     | JUL     | AGO     | SEP     | OCT     | NOV     | DIC     |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ---<br>TEMPERATURA MAXIMA |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| NORMAL                    | 18.7    | 21.0    | 25.4    | 29.5    | 32.9    | 35.7    | 36.2    | 36.6    | 33.1    | 28.5    | 22.7    | 18.5    |
| 28.2                      |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| MAXIMA MENSUAL            | 28.7    | 29.3    | 30.0    | 33.1    | 36.7    | 39.1    | 41.5    | 40.8    | 37.9    | 32.3    | 28.7    | 22.2    |
| AÑO DE MAXIMA             | 1971    | 1971    | 1972    | 2006    | 1998    | 2001    | 2009    | 2009    | 2005    | 1971    | 1971    | 2008    |
| MAXIMA DIARIA             | 35.0    | 40.0    | 38.0    | 42.0    | 44.0    | 48.0    | 48.0    | 47.0    | 46.0    | 39.0    | 37.0    | 31.0    |
| FECHA MAXIMA DIARIA       | 28/1971 | 21/1996 | 11/1967 | 17/1995 | 06/2009 | 05/1994 | 30/1999 | 07/2001 | 05/2000 | 18/1966 | 04/1988 | 12/1973 |
| AÑOS CON DATOS            | 28      | 28      | 29      | 28      | 27      | 28      | 26      | 26      | 26      | 27      | 24      | 25      |
| ---<br>TEMPERATURA MEDIA  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| NORMAL                    | 11.7    | 13.8    | 18.1    | 22.2    | 26.2    | 29.2    | 29.7    | 29.8    | 26.8    | 21.9    | 15.9    | 11.5    |
| 21.4                      |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| AÑOS CON DATOS            | 28      | 28      | 29      | 28      | 27      | 28      | 26      | 25      | 26      | 27      | 24      | 25      |
| ---<br>TEMPERATURA MINIMA |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| NORMAL                    | 4.6     | 6.5     | 10.8    | 15.0    | 19.5    | 22.6    | 23.2    | 22.9    | 20.4    | 15.3    | 9.2     | 4.5     |
| 14.5                      |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| MINIMA MENSUAL            | 1.4     | 3.8     | 6.1     | 10.5    | 16.7    | 20.5    | 20.5    | 21.0    | 17.5    | 11.8    | 6.1     | 1.2     |
| AÑO DE MINIMA             | 1999    | 2010    | 1996    | 1997    | 1997    | 2004    | 2004    | 1973    | 2000    | 1999    | 1972    | 1997    |
| MINIMA DIARIA             | -11.0   | -7.0    | -7.0    | 0.0     | 2.0     | 11.0    | 1.0     | 11.0    | 5.0     | 0.0     | -4.0    | -8.0    |
| FECHA MINIMA DIARIA       | 09/2010 | 09/1973 | 03/2002 | 02/2005 | 16/1997 | 02/1990 | 19/2004 | 31/1996 | 26/1973 | 30/1993 | 13/1987 | 12/1966 |
| AÑOS CON DATOS            | 28      | 28      | 29      | 28      | 27      | 28      | 26      | 25      | 26      | 27      | 24      | 25      |
| ---<br>PRECIPITACION      |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| NORMAL                    | 13.2    | 19.9    | 26.7    | 39.7    | 59.4    | 68.4    | 52.6    | 69.0    | 99.4    | 58.3    | 24.8    | 14.1    |
| 400.00                    |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| MAXIMA MENSUAL            | 52.0    | 124.0   | 135.0   | 135.0   | 156.0   | 321.0   | 259.0   | 334.0   | 338.0   | 337.0   | 123.0   | 113.0   |
| AÑO DE MAXIMA             | 2010    | 1992    | 2004    | 1966    | 2010    | 2000    | 1990    | 1971    | 1991    | 2005    | 2004    | 1991    |
| MAXIMA DIARIA             | 25.0    | 40.0    | 89.0    | 85.0    | 93.0    | 212.0   | 70.0    | 135.0   | 172.0   | 170.0   | 43.0    | 62.0    |
| FECHA MAXIMA DIARIA       | 13/1966 | 23/1992 | 11/2004 | 03/2004 | 17/2010 | 09/2000 | 29/2002 | 23/1998 | 18/1991 | 12/2005 | 15/2004 | 07/2001 |

### 3.6. Estudios Hidrológicos

De acuerdo con la ayuda del software satelital, simulador de flujo de aguas de cuencas hidrológicas (SIALT). La presa de mampostería tiene una cuenca de  $97.02\text{km}^2$ , tomando en cuenta las precipitaciones medias anuales, el volumen de escurrimiento anual es de  $38,808,000\text{ m}^3$

**Tabla 4 Concentrado del estudio Hidrológico de acuerdo el SIALT.**

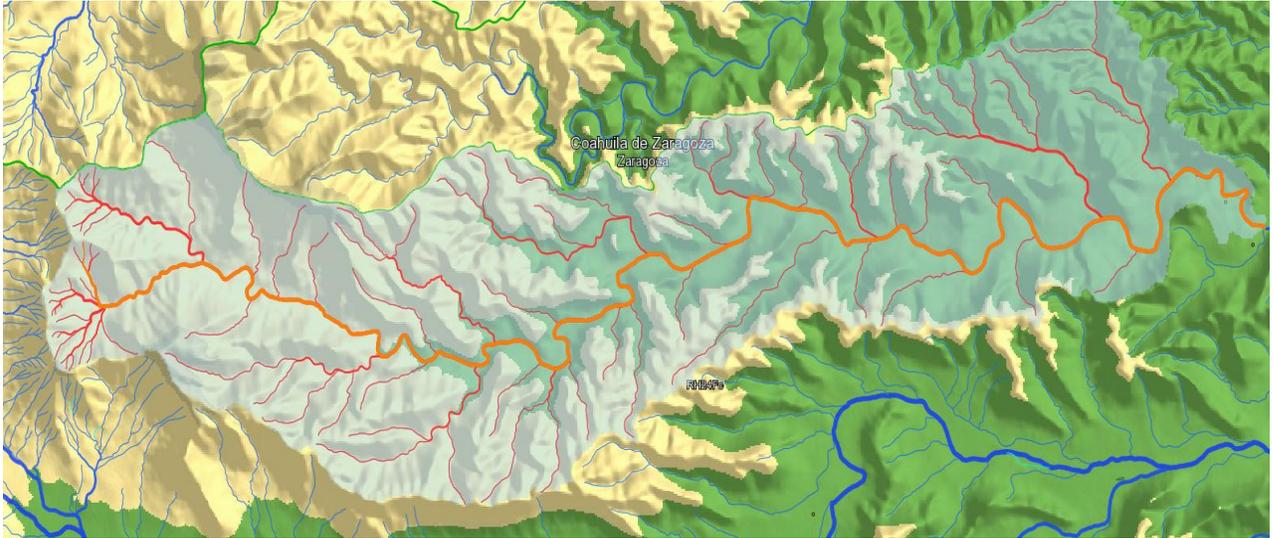
|                                       |                                             |
|---------------------------------------|---------------------------------------------|
| Área de la cuenca                     | $97.02\text{ km}^2 = 97,020,000\text{ m}^2$ |
| Precipitación media anual             | $400\text{ mm} = 0.40\text{ m}$             |
| Volumen anual para lluvia precipitada | $38,808,000\text{ m}^3$                     |
| Coefficiente de escurrimiento         | $0.25 = 25\%$                               |
| Volumen anual escurriendo             | $9,702,000\text{ m}^3$                      |
| Volumne aprovechable                  | $70\% = 6,791,400\text{ m}^3$               |

**Figura 8 indicadores del cauce principal.**



| Propiedad               | Valor            |
|-------------------------|------------------|
| Elevación máxima        | 1092 m           |
| Elevación media         | 835 m            |
| Elevación mínima        | 579 m            |
| Longitud                | 34348 m          |
| Pendiente Media         | 1.4935 %         |
| Tiempo de Concentración | 303.27 (minutos) |
| Área Drenada            | 97.02 km2        |

**Figura 9 Cuenca hidrológica de la presa santa Eulalia, Municipio de Zaragoza, Coahuila**

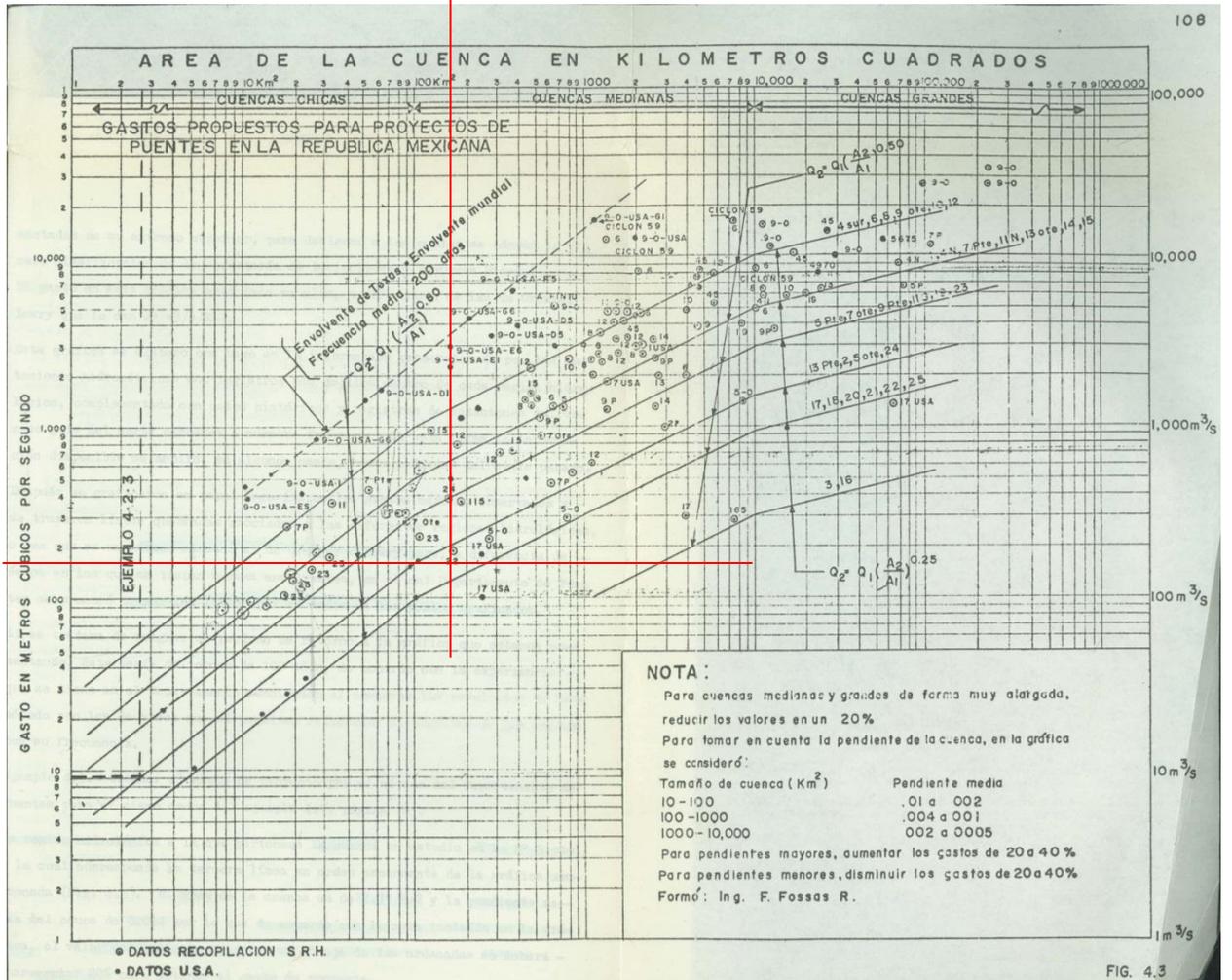


### **3.7. Avenida máxima**

Para determinar la avenida máxima, utilizaremos gráficas de gastos propuestos para proyectos de puentes en la república mexicana en el cual el gasto está en función del área de la cuenca en  $km^2$ . El gasto obtenido con la gráfica es de  $170 m^3/seg.$  para una cuenca de  $97.02 km^2$ .

Figura 10 Gráficas de Gastos Propuestos para Proyectos de Puentes en la República Mexicana.

Por el método de Puentes  $Q_{max} = 170 \text{ m}^3/\text{seg.}$



### **3.8. Características ambientales**

#### **3.8.1. Vegetación**

La comunidad de Santa Eulalia se caracteriza por presentar mezquiales y huizaches que son árboles bajos espinosos de 2 a 5 m de altura, predominando los mezquites (*Prosopis glandulosa*) y huizache (*Acacia farnesiana*), desarrollados en terrenos con suelo profundo y disponibilidad de agua subterránea o superficial, por lo que parte de su área de distribución está ocupada por agricultura. También presenta formación de matorrales como el matorral xerófilo y el matorral espinoso como: el chaparro prieto y amargoso, guajillo, guayacán, nopal, cenizo, entre otros. Otro tipo de vegetación que predomina en el área del ejido es la halófila *Pleura phis jamesii*, *P. mutica*, *Sporobolus airoides*, etc., en formación por un conjunto de herbáceas bajas, de hojas pequeñas y carnosas, con alturas menores de un metro como la *Clappia suaedifolia*, *Suaeda mexicana*, *Atriplex acanthocarpa* y *A. canescens*.

#### **3.8.2. Características del suelo**

El suelo es arcilloso con contenidos de 35 a 45% de arcilla, mediano en contenido de materia orgánica, pobre en nitrógeno, mediano en fósforo, medianamente pobre en potasio y contenido moderado de carbonatos con alcalinidad moderada (pH de 8.2) y no contiene sales

### 3.9. Estudios hidrológicos

La presa de mampostería tiene una cuenca de  $97.02 \text{ km}^2$ . Tomando en cuenta las precipitaciones medidas anuales, el volumen de escurrimiento anual es de  $9,702,000 \text{ M}^3$ .

**Tabla 5 Datos de la cuenca Hidrológica**

|                                       |                                               |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Área de la cuenca                     | $97.02 \text{ km}^2 = 97,020,000 \text{ m}^2$ |
| Precipitación media anual             | $400 \text{ mm} = 0.40 \text{ m}$             |
| Volumen anual para lluvia precipitada | $38,808,000 \text{ m}^3$                      |
| Coefficiente de escurrimiento         | $0.25 = 25\%$                                 |
| Volumen anual escurrido               | $9,702,000 \text{ m}^3$                       |
| Volumne aprovechable                  | $70\% = 6,791,400 \text{ m}^3$                |

### 3.10. Coeficiente de escurrimiento

Para calcular el coeficiente de escurrimiento tenemos que conocer las variables como el área de la cuenca, la precipitación media anual, el tipo de terreno, que suelo es y la vegetación que existen, para esto nos basamos en las cartas de INEGI como son las edafológica, topográficas y las del uso de suelo para obtener valores planteados. En los cuadros anteriores podemos ver los coeficientes en función de las características de las variables mencionadas.

### 3.11. Ecuación para determinar el coeficiente de escurrimiento.

$$Ce = (Ce/Ac + Ce/Pm + Ce/Cv + Ce/Gs) / 4$$

Dónde:

Ac = Área de la Cuenca

Pm = Precipitación Media

Cv = Cobertura Vegetal

Gs = Tipo de suelo

**Tabla 6 Coeficiente de escurrimiento en la cuenca.**

| <b>Coeficientes de escurrimientos</b>                             |                                              |                    |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------|
| <b>Coeficiente de escurrimiento por área de cuenca</b>            | <b>Área de la cuenca (<math>km^2</math>)</b> | <b>Ce/Ac</b>       |
|                                                                   | <b>Menor de 10</b>                           | <b>0.20</b>        |
|                                                                   | <b>11 a 100</b>                              | <b>0.15</b>        |
|                                                                   | <b>101 a 500</b>                             | <b>0.10</b>        |
| <b>Coeficiente de escurrimiento por área de cuenca</b>            | <b>Precipitación media anual (mm)</b>        | <b>Ce/Pm</b>       |
|                                                                   | <b>Menor de 800</b>                          | <b>0 a 0.05</b>    |
|                                                                   | <b>801 a 1,200</b>                           | <b>0.06 a 0.15</b> |
|                                                                   | <b>1,201 a 1,500</b>                         | <b>0.16 a 0.25</b> |
|                                                                   | <b>Mayor de 1,500</b>                        | <b>0.35</b>        |
| <b>Coeficiente de escurrimiento por cubierta vegetal</b>          | <b>Cubierta vegetal</b>                      | <b>Ce/Cv</b>       |
|                                                                   | <b>Bosque matorral</b>                       | <b>0.05 a 0.20</b> |
|                                                                   | <b>Pastos y cultivos</b>                     | <b>0.01 a 0.30</b> |
|                                                                   | <b>Sin vegetación</b>                        | <b>0.25 a 0.50</b> |
| <b>Coeficiente de escurrimiento por permeabilidad del terreno</b> | <b>Grupos de suelo</b>                       | <b>Ce/Gs</b>       |
|                                                                   | <b>Alta permeabilidad</b>                    | <b>0.05 a 0.25</b> |
|                                                                   | <b>Moderado permeabilidad</b>                | <b>0.01 a 0.30</b> |
|                                                                   | <b>Baja permeabilidad</b>                    | <b>0.25 a 0.60</b> |

**Tabla 7 Coeficiente de escurrimiento de la cuenca en estudio.**

| <b>Descripción</b>               | <b>Datos</b>                  | <b>Coeficiente de escurrimiento</b> |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Área de la cuenca</b>         | <b>97.02 km<sup>2</sup></b>   | <b>0.10</b>                         |
| <b>Precipitación</b>             | <b>400 mm</b>                 | <b>0.04</b>                         |
| <b>Cubierta vegetal</b>          | <b>Bosque matorral</b>        | <b>0.15</b>                         |
| <b>Permeabilidad del terreno</b> | <b>Moderado permeabilidad</b> | <b>0.20</b>                         |

Ahora con los valores obtenidos sustituimos en la ecuación para obtener el coeficiente de escurrimiento.

$$C_e = (C_e/A_c + C_e/P_m + C_e/C_v + C_e/G_s) / 4$$

$$C_e = (0.10 + 0.05 + 0.15 + 0.20) / 4$$

$$C_e = 0.125$$

Finalmente obtenemos que el coeficiente de escurrimiento sea de 0.125

### **3.12. Escurrimiento medio anual**

Considerando el área de la cuenca (97.02 km<sup>2</sup>) y considerando la precipitación media anual de la zona de los últimos años (400 mm). El cálculo del escurrimiento medio anual se realizó aplicando la siguiente fórmula:

$$E_mA = (A \times C_e \times P_m)$$

Donde:

$EmA$  = Escurrimiento medio anual ( $m^2$ )

$A$  = Área de la cuenca  $m^2$

$Ce$  = Coeficiente de escurrimiento

$Pm$  = Precipitación media anual (m)

$EmA = (97,020,000 m^2 \times 0.125 \times 0.40 m)$

**$EmA = 4,851,000 m^3$**

### 3.13. Calculo del volumen medio anual escurrido

Tenemos que estimar el valor del volumen anual escurrido para que nos pueda llevar a un volumen anual por lluvia, esta operación es muy sencilla y consiste en multiplicar el coeficiente de escurrimiento que obtuvimos de la cuenca de estudio por el escurrimiento medio anual y así obtenemos el volumen anual escurrido .

$Va_{esc} = (Ce \times EmA)$

Donde:

$Ce$  = coeficiente de escurrimiento

$EmA$  = escurrimiento medio anual  $m^3$

$Va_{esc} = (0.125 \times 4,851,000 m^3)$

**$Va_{esc} = 606,375 m^3$**

### 3.14. Cálculo del volumen aprovechable medio anual

Para este cálculo vamos hacer la siguiente operación estimando a un 70% ya que dado el coeficiente es 0.10 o 10 % y le sumamos las pérdidas por evaporación e infiltración obtenidas al 0.20 o 20%, por esa razón decimos que es al 70%.

$$VAMA = 0.7 (EMA)$$

$$VAMA = 0.7 (4,851,000 \text{ m}^3)$$

$$\mathbf{VAMA = 3,395,700 \text{ m}^3}$$

### 3.15. Cálculo de la avenida máxima por el método de Dickens

En 1865 C.H. Dickens publicó un artículo llamado Gasto de Avenidas de rios en donde planteó usar para el cálculo de las avenidas máximas la siguiente ecuación.

$$Q = 0.0139 C (A)^{0.75}$$

Donde:

Q= gasto del proyecto en (m<sup>3</sup>/seg)

A= área de la cuenca en km<sup>2</sup>

C = coeficiente que depende de las características de la cuenca y de la precipitación.

0.0139 = factor de conversación y de homogeneidad de unidades

$$Q = 0.0139 (325) (97.02)^{0.75}$$

$$\mathbf{Q = 139.65 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

Así tenemos cual es nuestra avenida máxima dato de suma importancia ya que con este es la base para el diseño de la presa, es decir la diseñaremos con este gasto máximo. Ya que se implemento este método para determinar las avenidas máximas a diferencia de muchos autores esta ecuación relaciona las variables de la precipitación, de hecho de ahí el coeficiente “C” de la ecuación ya que los parámetros que establece dan valores dependiendo de las precipitaciones y tipo de suelo. A continuación se presenta la siguiente ta

La secretaria de comunicaciones y transporte propone valores de C extraído del “Manual para Ingenieros de Carreteras” de Harger y Bonney.

**Tabla 8 Valores de C para obtener la avenida máxima.**

| <b>Características topográficas de la cuenca</b> | <b>Para precipitación de 10 cm en 24 horas</b> | <b>Para precipitaciones de 15 cm en 24 horas</b> |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Terreno del plano                                | 200                                            | 300                                              |
| Con lomerío suave                                | 250                                            | 325                                              |
| Con mucho lomerío                                | 300                                            | 350                                              |

### **3.16. Métodos para calcular avenidas de cuencas no aforadas**

Los métodos estarán en función de los datos que se tengan en cuanto a parámetros de precipitación, características de la cuenca, y además datos que pueda haber en la región, en todos estos métodos es indispensable tener la carta topográfica del área que se va a estudiar. Es necesario tener en cuenca, que los datos de precipitación, no precisamente son de la cuenca en estudio dado que los mayores problemas que existen es la falta de estaciones climatológicas. En algunas estaciones climatológicas solo existen pluviómetros, razón de tomar como dato la lluvia máxima en 24 horas y en otras, no se tiene la descripción de la lluvia, lo cual nos indica que se debe tomar los datos de precipitación de la estación más cercana, asumiendo que las características de la lluvia son semejantes, por una región con características similares (árida y semiárida).

### 3.16.1. Método de Ryves

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

A = área de la cuenca en km<sup>2</sup>

$$A = 97.02 \text{ km}^2$$

$$Q = 10.106 (97.02 \text{ km}^2)^{0.67}$$

$$\mathbf{Q = 216.65 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

### 3.16.2. Método de Valentini

$$Q = 27 (A)^{0.5}$$

A = área de la cuenca en km<sup>2</sup>

$$A = 97.02 \text{ km}^2$$

$$Q = 27 (97.02 \text{ km}^2)^{0.5}$$

$$\mathbf{Q = 265.94 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

### 3.16.3. Método de Kuichling

$$Q = \left( \left( \frac{3596.24}{A+958.296} \right) + 0.081 \right) * A$$

A = área de la cuenca en km<sup>2</sup>

$$A = 97.02 \text{ km}^2$$

$$Q = \left( \left( \frac{3596.24}{97.02+958.296} \right) + 0.081 \right) * 97.02$$

$$\mathbf{Q = 338.47 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

**Tabla 9 Cálculo de avenidas máximas por métodos empíricos.**

| <b>Método</b>    | <b>Avenida máxima<br/>en m<sup>3</sup>/seg.</b> |
|------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Dickens</b>   | <b>139.65</b>                                   |
| <b>Ryves</b>     | <b>216.65</b>                                   |
| <b>Valentini</b> | <b>265.94</b>                                   |
| <b>Kuichling</b> | <b>338.47</b>                                   |

### **3.18. Diseño de la presa**

#### **3.18.1 Características de la presa.**

|                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| Longitud de la cortina .....      | 78 m        |
| Ancho de la corona .....          | 1.2 m       |
| Altura máxima .....               | 3.5 m       |
| Elevación de la corona .....      | 568.5 msnm  |
| Elevación de embalse máximo ..... | 569.65 msnm |
| Ancho de la base .....            | 3.7 m       |
| Talud aguas arriba .....          | 0.0         |
| Talud aguas abajo .....           | 0.66        |



El vertedor de demasías de la presa de almacenamiento. Para calcularlo usamos la siguiente formula.

$$Q = b * m * (2g)^{\frac{1}{2}} * (H)^{\frac{3}{2}}$$

Dónde:

b= Ancho del vertedor (64 m)

m= Coeficiente de gasto (0.48)

H= Carga sobre el vertedor

Q= avenida máxima en  $170 \text{ m}^3/\text{s}$  eg.

Por lo tanto:

$$H = \left[ \frac{Q}{b * m * (2g)^{\frac{1}{2}}} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$H = \left[ \frac{170 \text{ m}^3/\text{s}}{64 * 0.48 * (2 * 9.81)^{\frac{1}{2}}} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$H = 1.15 \text{ m}$$

De acuerdo con el resultado de H= 1.15 m. la obra de excedencia tiene suficiente capacidad para desfogar la avenida máxima.

### 3.20. Obra de toma

El gasto de la obra de toma se determina con la siguiente fórmula.

$$H = 0.0826 \times \left( \frac{f \times l}{d^5} \right) \times Q^2$$

Dónde:

H= Carga en m (3 m).

f= Coeficiente de fricción (0.02).

l= Longitud de la tubería en m (6 m).

d= Diámetro de la tubería en m (6"= 0.1524 m).

Q= Gasto en m<sup>3</sup>/s.

Despejando Q<sup>2</sup> de la ecuación y sustituyendo los valores obtenemos:

$$Q = \left[ \frac{H \times d^5}{0.0826 \times f \times l} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = \left[ \frac{3 \times (0.1524 \text{ m})^5}{0.0826 \times 0.02 \times 6 \text{ m}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 0.00157 \text{ m}^3/\text{s eg}$$

$$Q = 15.7 \text{ l/seg}$$

Tomando en cuenta que la obra de toma representa un conducto cerrado, entonces el gasto máximo de desfogue es igual a: 0.00157 m<sup>3</sup>/s. Este gasto es a descarga libre inmediatamente después de la presa.

### 3.21. Estimación de la estabilidad del muro de la presa

A continuación se presentan cálculos para determinar la estabilidad de la presa, ya que es de gran importancia para evitar el volcamiento de la misma.

Formula de la fuerza resultante de la presión hidrostática (FRPH):

$$FRPH = ADP \times B$$

Dónde:

ADP = Área del diagrama de presiones

B = Sección del muro de 1 metro de ancho

La fórmula y cálculo del diagrama de presiones es la siguiente:

$$ADP = \left[ \frac{\gamma(h_p + h_{\text{carga}}) + \gamma(h_{\text{carga}})}{2} \right] \times h_p$$

$$ADP = \left[ \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} (3 \text{ m} + 1.15 \text{ m}) + 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} (1.15 \text{ m})}{2} \right] \times 3 \text{ m}$$

$$ADP = 7,950 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

### 3.22. Cálculo de la fuerza resultante de la presión hidrostática.

$$FRPH = ADP \times B$$

$$FRPH = 7,950 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 1 \text{ m}$$

$$FRPH = 7,950 \text{ kg}$$

$$FRPH = 7.95 \text{ Ton.}$$

### 3.23. Cálculo del peso del muro (W).

$$\text{Área} = \left( \frac{B + b}{2} \right) * h$$

$$\text{Área} = \left( \frac{3.5 \text{ m} + 1.2 \text{ m}}{2} \right) * 3 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 7.05 \text{ m}^2$$

### 3.24. Volumen del muro

$$V = A * B$$

$$V = 7.05 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m}$$

$$V = 7.05 \text{ m}^3$$

### 3.25. Peso del muro

$$W = v \times \gamma \text{ ciclopeo}$$

$$W = 7.05m^3 \times 2300 \frac{kg}{m^3}$$

$$W = 16,215 \text{ kg}$$

$$W = 16.215 \text{ Ton}$$

### 3.26. Cálculo de la fuerza resultante

$$\alpha = \frac{FRPH}{W}$$

$$\alpha = \frac{7.95 \text{ Ton}}{16.215 \text{ Ton}}$$

$$\alpha = 0.490$$

$$\tan^{-1}(\alpha) = 0.490$$

$$\alpha = 26^{\circ}6'17.47''$$

$$fr = \sqrt{FRPH^2 + W^2}$$

$$fr = \sqrt{7.95^2 + 16.215^2}$$

$$fr = 18.05 \text{ Ton.}$$

### 3.27. Revisión por volteo

$$fs = \frac{\text{fuerza resultante}}{\text{fuerza actuante}} > 1$$

Dónde:

*fs: factor de seguridad*

$$fs = \frac{18.05 \text{ Ton}}{16.215 \text{ Ton}} > 1$$

$$fs = 1.11 > 1$$

Como el factor de seguridad es mayor que la unidad, el peso de la presa está en condiciones de resistir la fuerza resultante de la presión hidrostática. Por lo tanto se asegura la estabilidad de la presa.

### 3.28. Línea de conducción

La línea de conducción se trazará por los sitios que tengan la menor variación topográfica, buscando seguir las curvas de nivel en las faldas de los cerros, de tal forma que se evite al máximo los cambios bruscos de pendiente. Hidráulicamente no siempre la ruta más corta es la mejor, aunque puede ser la más económica, pueden requerir un continuo mantenimiento o incluso la reubicación. La línea de conducción de P.E.A.D. de 2" de diámetro RD-17 tendrá una longitud de 26,000 m, y se instalará sobre la superficie del terreno. La línea de conducción tendrá un alineamiento que sea lo más recto posible y evitando zonas de deslizamiento o inundaciones. Debido a que la tubería estará expuesta a la intemperie, se construirán atraques hechos de mampostería para inmovilizar la línea.

### 3.29. CALCULO DE EL GASTO EN LA LINEA DE CONDUCCION

$$HF = \left( \frac{(1.21 \times 10^{10})}{(d)^{4.87}} \right) * \left( \frac{(q * c^{10})}{(c)^{1.852}} \right) * l$$

$$Q = \left( \frac{(mca)(d)^{4.87}(c)^{1.852}}{(1742.8 * l * 1.023)} \right)^{1/1.852}$$

$$Q = \left( \frac{(89)(2)^{4.87}(160)^{1.852}}{(1742.8 * 26000 * 1.023)} \right)^{1/1.852}$$

$$Q = 0.81 \text{ L/SEG}$$

**Tabla 10 Datos de la línea de conducción.**

| <b>DATOS</b>                  | <b>MEDIDAS</b>                            |
|-------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Cota inicial</b>           | 565 MSNM                                  |
| <b>Cota final</b>             | 476 MSNM                                  |
| <b>Longitud de la tubería</b> | 26,000 M                                  |
| <b>Gasto</b>                  | Q=0.00081 M <sup>3</sup> /SEG =0.81 L/SEG |
| <b>diámetro</b>               | 2 PULGADAS =0.0508 M                      |
| <b>material</b>               | P.E.A.D RD-17                             |

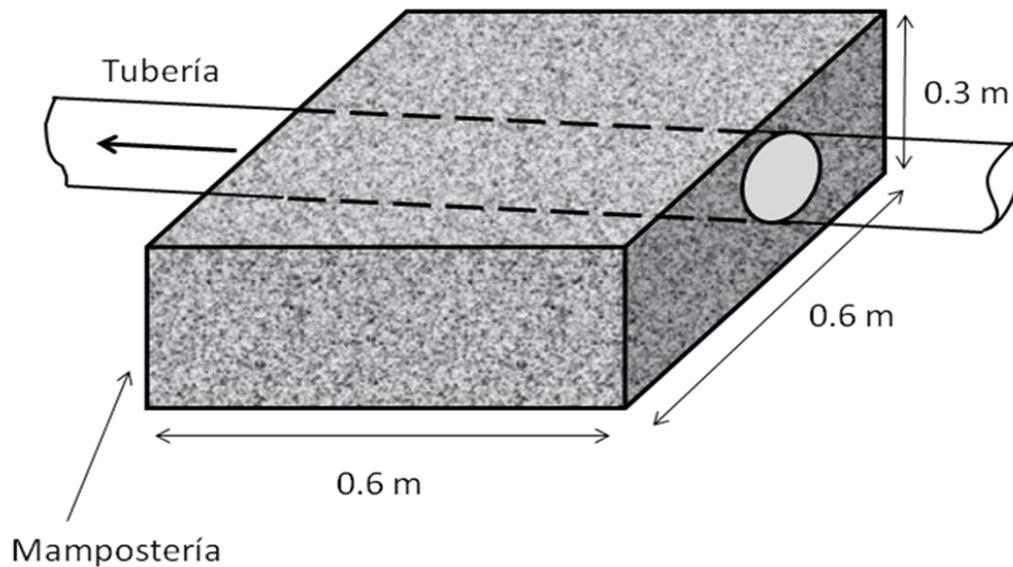
### 3.30. Atraques de mampostería

Un atraque es un cubo de mampostería que inmoviliza la tubería de conducción, del cual varían sus dimensiones tanto de largo, ancho y alto en función del diámetro de la tubería. Se fabricarán 260 atraques, en este caso, la distancia entre

Cada atraque será de 100 m con medidas de 0.6 m de ancho x 0.6 m de largo x 0.3 m, con un volumen de  $0.108 \text{ m}^3$  por pieza, por lo tanto, el volumen total será de  $28 \text{ m}^3$ .

**2.10. Atraque de tubería (0.6m x 0.6m x 0.3m)=  $0.108 \text{ m}^3$**

**Figura 11 Atraque de tubería.**



**Tabla 11 Relación de agregados para un m<sup>3</sup>de construcción**

| CONCEPTO      | U.M.           | CANT. | P.U.     | IMPORTE         |
|---------------|----------------|-------|----------|-----------------|
| Cemento       | ton            | 0.177 | 2,567.00 | 454.36          |
| Arena         | m <sup>3</sup> | 0.700 | 318.00   | 222.60          |
| Grava         | m <sup>3</sup> | 0.660 | 318.00   | 209.88          |
| Piedra bola   | m <sup>3</sup> | 0.660 | 318.00   | 209.88          |
| <b>TOTAL:</b> |                |       |          | <b>1,096.72</b> |

**Tabla 12 Componente de mezclas para la construcción total de la obra.**

| Agregados de componentes | Volumen m <sup>3</sup> | Cemento ton | Arena m <sup>3</sup> | Grava m <sup>3</sup> | Piedra m <sup>3</sup> |
|--------------------------|------------------------|-------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
|                          | 713.18                 | 126.23      | 499.23               | 470.7                | 470.7                 |

**Tabla 13 Fuente de financiamiento de la obra.**

| CONCEPTO                   | U.M.           | CANT.  | P.U.     | IMPORTE (\$)      | PROGRAMA          | PRODUCTOR        |
|----------------------------|----------------|--------|----------|-------------------|-------------------|------------------|
| Cemento                    | ton            | 126.23 | 2,567.00 | 324,032.41        | 291,629.17        | 32,403.24        |
| Arena                      | m <sup>3</sup> | 499.23 | 318.00   | 158,755.14        | 142,879.63        | 15,875.51        |
| Grava                      | m <sup>3</sup> | 470.7  | 318.00   | 149,682.60        | 134,714.34        | 14,968.26        |
| Piedra bola                | m <sup>3</sup> | 470.7  | 318.00   | 149,682.60        | 134,714.34        | 14,968.26        |
| Limpia, trazo y nivelación | jornal         | 15.83  | 159.43   | 2,523.78          | 2,271.40          | 252.38           |
| Excavación/embotramiento   | jornal         | 249.61 | 159.43   | 39,795.32         | 35,815.79         | 3,979.53         |
| Mezcla echa en obra        | jornal         | 891.48 | 159.43   | 142,128.66        | 127,915.79        | 14,212.87        |
| <b>TOTAL:</b>              |                |        |          | <b>966,600.51</b> | <b>869,940.46</b> | <b>96,660.05</b> |
|                            |                |        |          | <b>100%</b>       | <b>90%</b>        | <b>10%</b>       |

**Tabla 14 CUADRO DE COSTOS Y FINANCIAMIENTO DE LA PRESA DE MAMPOSTERÍA, EN EL EJIDO SANTA EULALIA, MUNICIPIO DE ZARAGOZA, COAHUILA.**

| <b>CONCEPTO</b>                                                                                       | <b>IMPORTE (\$)</b> | <b>PROGRAMA</b>     | <b>PRODUCTOR</b>  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| Construcción de una pequeña presa de mampostería                                                      | 966,600.51          | 869,940.46          | 96,660.05         |
| Construcción de registro de albañal                                                                   | 14,567.25           | 13,110.53           | 1,456.72          |
| Construcción de atraques de mampostería                                                               | 37,950.14           | 34,155.13           | 3,795.01          |
| Construcción de encofrado                                                                             | 36,432.50           | 32,789.25           | 3,643.25          |
| Adquisición de línea de conducción de P.E.A.D. de 2" RD 17 26000 m.l.                                 | 745,010.00          | 670,509.00          | 74,501.00         |
| Instalación y termo fusión de línea de conducción de P.E.A.D. de 2" RD 17 con máquina de termo fusión | 600,000.00          | 540,000.00          | 60,000.00         |
| Estudio mecánica de suelo                                                                             | 30,000.00           | 27,000.00           | 3,000.00          |
| Costo del proyecto.                                                                                   | 15,000.00           | 13,500.00           | 1,500.00          |
| Puesta en marcha.                                                                                     | 45,000.00           | 40,500.00           | 4,500.00          |
| <b>TOTAL:</b>                                                                                         | <b>2,490,560.40</b> | <b>2,241,504.37</b> | <b>249,056.03</b> |
|                                                                                                       | <b>100%</b>         | <b>90%</b>          | <b>10%</b>        |

### **3.35. Conclusiones**

Observando los resultados y haciendo un análisis de ellos, llegamos a la conclusión de que la problemática del ejido Santa Eulalia, fue resuelta por la solución planteada, es decir la hipótesis resulto aceptada ya que pudimos resolver un problema de la sequía mediante la captación de los escurrimientos superficiales y conduciéndolo hacia el ejido. A través de este trabajo autorizado legalmente se pudo demostrar que las aguas de lluvia, por medio del escurrimiento superficial son recursos naturales que aún no se explotan al 100%.

La problemática de las regiones semiáridas en el país puede ser resuelta implementando acciones productivas como estas ya que se generan fuentes de empleo dependiendo de la magnitud de la obra y llegan a ser regiones autosustentables.

Hoy en día así como este, ya existen un sinnúmero de problemas debido a la escases de agua y tenemos que tener la visión de resolver estos problemas implementando este tipo de obras.

### 3.36. LITERATURA CITADA

- I. Arrequín, C.F.I. 2000. Obras de excedencias. Ed. IMTA. .1ª Edición. Morelos. México.
- II. Arteaga, T.R.E. 1985. Normas y Criterios Generales que rigen el proyecto de un Bordo de Almacenamiento. Departamento de Irrigación, UACH., Chapingo, México.
- III. Arteaga. T.R.E. 2008. Obras hidráulicas-Apuntes de clase. Inédito, Departamento de irrigación, UACH, Chapingo, México.
- IV. Comisión Nacional del Agua. 2011. Estadísticas del agua en México: Contexto geográfico y socioeconómico. Edición 2011. México, D.F. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- V. Gonzalo Lugo Cruz. 2004. Obras de derivación. Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional. Unidad Zacatenco. México, D.F.
- VI. Héctor García Gutiérrez. 2001. Presas derivadoras. Facultad de ingeniería. División de ingeniería civil, topografía y geodésica. Departamento de ingeniería hidráulica. U.N.A.M.
- VII. Juan M. Alfaro Morales. 2013. Diseño y cálculo para la construcción de una presa de mampostería “en el ejido la Maroma, municipio de Zaragoza Coahuila. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad saltillo. Saltillo Coahuila.
- VIII. Koolhaas, Michel. 2003. Embalses Agrícolas: Diseño y Construcción. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay, 336 pp.

- IX. Octavio Velasco Sánchez. 1975. Presas de Derivación. Modelo México 4. Plan Nacional de Obras Hidráulicas para el Desarrollo Rural. México, D.F.
- X. Ray k. Linsley, Jr. Max A. Kohler., Joseph L.H. Paulhus. 1980. Hidrología para ingenieros. 2<sup>a</sup> edición. p. 49-50.
- XI. Rubén M. González. Salvador M. Ochoa, Ricardo D. Valdez C., Roberto P. Reséndiz, Ricardo M. González. 1991. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas: Alternativas de manejo y utilización de los recursos de zonas áridas. 1<sup>a</sup> edición. Universidad Autónoma de Chapingo. p. 124-133.
- XII. Salvador Muñoz Castro. 2000. Hidrología superficial. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. p. 13-62.
- XIII. SARH. Colegio de postgraduados. 1991. Manual de conservación de suelo y agua. Montecillo, Estado de México. México. 581 pp.
- XIV. Secretaria de Planeación y Desarrollo. 2001. Conservación y Uso Sustentable del Agua. 1<sup>a</sup> edición. Instituto Coahuilense de Ecología. Saltillo, Coahuila.
- XV. Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH). 1982. Manual para la Estimación de Avenidas Máximas en Cuencas y Presas Pequeñas. Dirección general de obras hidráulicas y de ingeniería agrícola para el desarrollo rural, México, D.F.
- XVI. Secretaria de Recursos hidráulicos (S.R.H.). 2004. "Presas de derivación modelo México 4".

### 3.37. ANEXOS

Figura 12 Línea de conducción.



Figura 13 Perfil de la línea de conducción.



**Figura 14 Levantamientos topográficos.**

Punto 1 29° 4'35.08"N; 101°27'4.96"O

Punto 2 29° 4'35.05"N; 101°27'4.33"O

Punto 3 29° 4'35.06"N; 101°27'3.82"O

Punto 4 29° 4'34.92"N; 101°27'2.67"O

Punto 5 29° 4'34.87"N; 101°27'1.93"O

Punto 6 29° 4'34.82"N; 101°27'1.22"O

Punto 7 29° 4'34.86"N; 101°27'0.89"O

Punto 8 29° 4'35.07"N; 101°26'59.71"O

Punto 9 29° 4'35.15"N; 101°26'58.94"O



**Figura 15 Cauce del arroyo los árboles.**



**Figura 16 Encofrado de la línea de conducción.**

### **Encofrado**

