

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**



DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE.

**"DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA OBRA HIDROTECNICA
PARA UN SISTEMA DE RIEGO"
(GOTEO).**

**POR:
CESAR EDUARDO PALACIOS MÍRELES**

**TESIS.
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. JUNIO DEL 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

"Diseño y Cálculo de una Obra Hidrotecnica
Para un Sistema de Riego"
(Goteo).

TESIS:

POR:

CESAR EDUARDO PALACIOS MÍRELES

Que somete a consideración del H. jurado Examinador como Requisito Parcial Para
Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN.

APROBADA POR EL COMITÉ EVALUADOR.


Dr. Felipe de Jesús Ortega Rivera
Asesor principal


MC. Gregorio Briones Sánchez,
Asesor


MC. Carlos Rojas Peña,
Asesor


Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"
Ing. Tomas Reyna Cepeda,
Asesor



Coordinación de
M.C. Luis Rodríguez Guzmán
Coordinador de División de Ingeniería

Buenvista, Saltillo Coahuila México, a Junio del 2012.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** primero que nada por permitirme estar aquí y haberme dado la fuerza y las herramientas necesarias para poder salir adelante y cumplir esta gran meta, ya que nunca me faltó nada para lograrlo, siempre camino a mi lado brindándome lo que fuera necesario para salir de los problemas, por haberme dado la sabiduría y la fortaleza en cada momento de mi carrera y mi vida, gracias a ti no se habría logrado nada de este gran proyecto, y por el cuidado que me dio a mi y a mi familia.

Mis Padres que siempre me apoyaron y me dieron los consejos que necesite en los momentos duros y así pude encontrar solución a los problemas.

Mi Princesa ya que siempre me diste el apoyo emocional, y trabajando conmigo en este gran proyecto.

Alma Terra Mater que si no existieras no se lograría concretar este sueño, por todas las grandes experiencias que me permitiste vivir en ti ,y que por medio del **Departamento de Riego y Drenaje** ,lugar donde pase la mayoría del tiempo en la carrera pude adquirir los conocimientos necesarios para mi preparación en la vida profesional ,la cual estoy a punto de iniciar si Dios me lo permite, y por todo lo que representas en mi vida, gracias por darme la oportunidad de formar parte de tu comunidad y de egresar orgullosamente como un buitre.

Dr. Felipe De Jesús Ortega mi asesor principal que me permitió formar parte de este proyecto y desarrollarlo desde su principio hasta su final, por tenerme la confianza de encomendarme esta maravillosa tarea también por todos los consejos y conocimientos adquiridos de su parte que me fueron de gran ayuda.

Mc, Gregorio Briones Sánchez, por el apoyo recibido en el diseño hidráulico y financiero de este proyecto, ya que me dio la claridad par poder resolver estos dos campos del proyecto , por sus conocimientos y formas de analizar las cosas transmitidos.

MC. Tomás Reyna Cepeda. Por su apoyo, comentarios y sugerencias para la culminación de éste trabajo y también por su gran amistad.

MC. Carlos Rojas Peña. por el valioso apoyo y colaboración incondicional en la elaboración de este trabajo como por sus sugerencias y por su amistad.

DEDICATORIAS

Este trabajo lo dedico a las personas más importantes de mi vida, para las cuales existo y que junto a Dios me permiten tener la felicidad en ella, estoy muy orgulloso de contar con ustedes en cada paso que voy dando, ya que este es uno de los más importantes todo mi esfuerzo, mi dedicación, mi formación y todo lo que ahora soy es para ustedes ya que son la base y el pilar de mi vida.

A mi madre María Guadalupe Míreles Alemán ya que siempre has estado ahí sirviéndome con el amor de una madre, nada lo cambiaría por tu presencia en mi vida , por el gran apoyo y cuidados que siempre me has brindado

A mi padre Eduardo Palacios Vázquez, que puedo decir ,los grandes conocimientos que tienes, me los has transmitido a lo largo de la vida caminando juntos y siempre guiándome para no caer, gracias por todo el apoyo brindado en todos los aspectos, por la educación, valores y forma de ver la vida, por dejarme bien claro que siempre hay que seguir adelante y luchando sin importar cual sea el obstáculo, por tu tiempo, consejo y por el amor brindado. Ya que con ambos estoy eternamente agradecido.

A mi novia, prometida y futura esposa Wendy Martínez Vázquez , especialmente a ti te dedico este trabajo en donde he puesto y dejado grandes esfuerzos y sacrificios, cosa que tu has sabido comprender y sobre todo apoyándome cuando lo he necesitado, por no dejarme caer en los momentos más difíciles y que caminaste desde el principio de este proyecto conmigo, ilusionándote y soñando con este gran día, porque sé que me espera una vida maravillosa a tu lado , ya que eres mi complemento te dedico este trabajo.

A mis hermanos Perla Yaneth Palacios Míreles y Erick Michel Palacios Míreles que siempre nos hemos de ver como hermanos y han estado ahí para cualquier situación y que se en cualquier momento nos apoyaremos sin importar cual sea las circunstancias

A mi toda mi familia (tíos, primos, abuelos) que siempre tengo grandes momentos en su compañía y que forman parte esencial de mi vida al compartir tantas cosas desde pequeño y que nos hemos visto avanzar en esta vida, también a mi cuñado Helio Aguirre por el apoyo en esta etapa y comprender las situaciones en nuestro negocio.

A la nueva familia que me ha dado Dios y que ya forman parte indispensable de mi vida, compartiendo tiempo y momentos importantes les dedico mi esfuerzo y mi trabajo, la familia de mi novia sus hermanas y padres, una gran bendición haberlos conocido.

A mis amigos dentro y fuera de la Universidad, que Dios me permitió conocerlos que con ellos he compartido muchas experiencias de todos los aspectos alegrías, tristezas momentos de tensión y de grandes triunfos, hemos forjado grandes amistades a lo largo de la formación académica a mis compañeros y amigos Mariano Alexander Guillen Vázquez y Emanuel Luna Flores, Chihuas ,Toro, Fernando, Bob, Alicia, Betty y muchísimas personas que compartí grandes momentos en estos 5 años dentro de nuestra Alma Terra Mater y que siempre nos hemos apoyado y visto como hermanos para cualquier situación.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	II
DEDICATORIAS.....	IV
ÍNDICE	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE CUADROS.....	X
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Situación actual de la agricultura por temporal.....	3
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivo General	4
1.3.1 Objetivo Específico.....	4
1.4 Hipótesis	4
1.5 Palabras Clave:.....	4
2.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Irrigación	5
2.2 Cuenca.....	5
2.2.1 Tipos de cuencas:.....	5
2.3 Hidrología.....	6
2.4 Ciclo hidrológico.....	6
1.2 Precipitación	6
2.5.1 Tipos de Precipitación	6
2.6 Ecurrimientos.....	7
2.7 Presas	7
2.7.1 Clasificación según el uso.....	9
2.7.2 Criterios de selección y diseño de una presa.....	11
2.7.3 Cálculo de una presa.....	13
2.8 Avenidas máximas.....	17
2.9 Líneas De Conducción	17
2.10 Sistemas de riego.....	18
2.11 Red de abastecimiento y equipo de bombeo.....	19
2.12 Cultivo de maíz.....	19
2.12.1 Características morfológicas.....	19
2.12.2 Pluviometría y riegos.....	20
2.12.3 Labores culturales	21
2.12.4 El maíz forrajero	23
2.12.5 Variedad de maíz.....	25
2.13 Dinámica del agua en el suelo	27
2.14 Necesidades hídricas de los cultivos.....	28

2.15	Indicadores de riego.....	28
2.15.1	Evapotranspiración.....	29
2.15.2	Uso consuntivo	32
2.15.3	Coeficiente de cultivo (Kc).....	32
2.15.4	Precipitación efectiva (Pe).....	32
2.15.5	Necesidades de riego en los cultivos	33
2.15.6	Humedad aprovechable.....	33
2.15.7	Fracción del agua del suelo fácilmente disponible.....	34
2.15.8	Intervalo de riego (ir)	34
2.15.9	Calendario de riego	35
2.16	Sistema de riego del proyecto.....	35
2.16.1	Ventajas y Desventajas.....	38
2.16.2	Componentes de un sistema de riego por goteo	39
2.17	Cinta utilizada en el proyecto . Aqua-traxx®.....	41
2.18	Diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego	42
2.18.1	Lamina de riego	42
2.18.2	Volumen de agua requerido por la planta (Va).....	42
2.18.3	Intervalo de riego (Ir).....	43
2.18.4	Gasto requerido por planta.....	43
2.18.5	Numero de emisores por planta y gasto de diseño.....	43
2.18.6	Tiempo de riego.....	44
3.-	MATERIALES Y MÉTODOS	45
3.1	Propósito de la obra.....	45
3.2	Localización	45
3.3	Vías de acceso.....	45
3.4	Climatología.....	46
3.5	Temperaturas:	46
3.6	Precipitaciones	46
3.7	Características ambientales.....	46
3.8	Estudios hidrológicos.....	49
3.8.1	Cuenca hidrológica	49
3.8.2	Coeficiente de escurrimiento.	50
3.8.3	Escurrimiento medio anual.....	52
3.8.4	Calculo del volumen anual escurrido.	53
3.8.5	Calculo del volumen aprovechable media anual	53
3.8.6	Avenida máxima.....	53
3.9	Diseño de la obra	54
3.9.1	Perfil de la boquilla.....	54

3.9.2	Vaso de la presa	55
3.9.3	Capacidad de almacenamiento de la presa	57
3.9.4	Diseño de la presa	57
3.9.5	Obras de excedencia	57
3.9.6	Vertedor demasías.....	57
3.9.7	Estimaciones de seguridad del muro de la presa.....	58
3.9.8	Cálculo de estabilidad del muro.....	58
3.9.9	Calculo de la fuerza resultante:	59
3.9.10	Obra de toma	60
3.9.11	Cálculo de la longitud del salto de esquí.....	62
3.10	Balance de volúmenes de presa y cultivo.....	63
3.11	Diagramas de diseño	64
3.12	Diseño de la línea de conducción.....	68
4.-	RESULTADOS Y DISCUSIONES	71
4.1	Diseño del sistema de riego.....	71
4.2	Coeficiente de cultivo (Kc).....	71
4.3	Determinación de la evapotranspiración del cultivo	72
4.4	Precipitación efectiva.....	74
4.5	Uso consuntivo del maíz	75
4.6	Tiempo de operación por sección de riego	76
4.7	Diseño de operación del sistema de riego.....	76
4.8	Diseño hidráulico.....	80
4.9	Ingeniería Financiera	85
4.9.1	Rendimiento y costos en el mercado del maíz forrajero	85
4.9.2	Descripción del presupuesto general de la presa.....	87
4.9.3	Evaluación financiera VAN, B/C y TIR.....	91
4.9.4	Descripción de costos del sistema de riego	98
5.	CONCLUSIONES	102
6.-	BIBLIOGRAFÍA	103
7.-	ANEXOS.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Presa el Guavio Emgesa, Colombia..

Figura 2 Presa de Almacenamiento

Figura 3 Presa Baja Derivadora .Vega R.O. Arreguin c.,f.i. 1987

Figura 4 Presa Vertedora

Figura 5 Presas De Tierra

Figura 6. Silo de maíz siendo cosechado (fuente: ing. Juan esteban reyes jiménez. Campo experimental sur de sinaloa del instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias (inifap).).

Figura 7. Uso del suelo en el ejido sacramento

Figura 8 . Uso potencial del suelo en el ejido sacramento

Figura 9. Carta edafológica del ej. Sacramento

Figura 10 cuenca hidrológica del proyecto

Figura 11. Perfil de la boquilla de la presa

Figura 12. Vaso de almacenamiento de la presa.

Figura 13. Esquema del salto de esquí.

Figura 14. Corte transversal de la corina y volúmenes.

Figura 15. Vista de agua abajo de la presa

Figura 16. Vista en planta de la presa sacramento.

Figura 17. Esquema de obra de toma de la presa de mampostería en sacramento.

Figura 18. Plano de línea de conducción con su perfil topográfico.

Figura 19 coeficientes del kc del ciclo en el maiz forrajero para la zona de Sacramento Coahuila.

ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 1 Tipos de presas y características (elaboración propia con información de Gómez Navarro 1964)
- Cuadro 2. Riegos en el cultivo de maíz
- Cuadro 3. Comparación De Tres Sistemas De Riego En El Cultivo De Maíz Forrajero (Fuente: Producción De Maíz Forrajero (Zea Mays L.) En Tres Sistemas De Irrigación En La Comarca Lagunera De Coahuila Y Durango, México, Montemayor Y Colaboradores Ciclo Agrícola 2008-2009
- Cuadro 4. Rendimientos de diferentes variedades de maíz bajo riego por goteo (UAAAN 1998)
- Cuadro5. Fertilizantes a aplicar para el maíz forrajero (UAAAN 2012)
- Cuadro 6. Evaluación de 3 sistemas de riego para cultivo de maíz forrajero (Diseño Y Evaluación De Sistemas De Riego Por Goteo Y Aspersión- García Casillas Y Briones Sánchez)
- Cuadro7. Características de la zona de estudio requeridas en la selección del sistema de riego.
- Cuadro 8. Ventajas y Desventajas del sistema de riego por goteo (Fuente: Evaluación Y Diseño De Sistemas De Riego Por Goteo Y Aspersión (García Casillas Y Sánchez Briones)
- Cuadro 9. Concentrado de identificación zona de estudio
- Cuadro 10. Información técnica de la cuenca Agua Chiquita Sacramento Coahuila
- Cuadro 11. Coeficientes de escurrimiento de la cuenca
- Cuadro 12. Coeficientes de escurrimiento de la cuenca de estudio
- Cuadro 13. La secretaría de comunicaciones y transportes propone los valores de "C" extraídos del Manual para ingenieros en carreteras de Harger y Bonney.
- Cuadro 14 .Áreas y volúmenes del vaso de almacenamiento de la presa Agua Chiquita.
- Cuadro 15. Diseño de la presa
- Cuadro 16. Datos técnicos de la línea de conducción
- Cuadro 17. Calculo del gasto de la línea de conducción.
- Cuadro 18. Calculo de las pérdidas de carga en la línea de conducción.
- Cuadro 19. Calculo gasto real en la línea de conducción..
- Cuadro 20. Información técnica del cultivo..

Cuadro 21 Coeficiente de Kc (FAO (Fasculo No.2 Tabla 28Kc Cultivo))

Cuadro 22. Calculo de la Evapotranspiración por el método de Blaney-Criddle

Cuadro 23. Calculo de la Precipitación Efectiva por el método de Blaney-Criddle

Cuadro 24. Uso consuntivo del maíz forrajero en la región de Sacramento Coahuila.

Cuadro 25. Características del área de riego en Sacramento Coahuila.

Cuadro 26. Características de la fuente de agua

Cuadro 27. Datos del cultivo

Cuadro 28. Datos del suelo

Cuadro 29. Tiempo de riego

Cuadro 30. Relación de las secciones, válvulas y rutas de riego del sistema

Cuadro 31. Tiempo de riego en cada mes e indicación de las aperturas de las válvulas para cada sección.

Cuadro 32. Cálculo De Pérdidas De Carga Por Fricción de la ruta 1 (critica)

Cuadro 33. Cálculo De Pérdidas De Carga Por Fricción de la ruta 2

Cuadro 34. Cálculo De Pérdidas De Carga Por Fricción de la ruta 3

Cuadro 35. Carga Dinámica Total del sistema completo vs Presión en el cabezal de riego.

Cuadro 36. Cuadro 36. costos de producción en una hectárea para maíz forrajero (materia seca)

Cuadro 37. Tabla de rendimiento de maíz (materia seca) por Ha , ingresado al mercado real

Cuadro 38. Producción maíz en el área total de riego 100 Has (materia seca)

Cuadro 39. Costos de producción en una hectárea de maíz (materia verde)

Cuadro 40. Tabla de rendimiento de maíz Cuadro 39. Costos de producción en una hectárea de maíz (materia verde) por Ha , ingresado al mercado real

Cuadro 41. Producción maíz (materia verde) en el área total de riego 100 Has

Cuadro 42. Relación de agregados para un m³ de construcción de la presa de mampostería

Cuadro 43. Componente de mezclas para la construcción total de la obra (presa mampostería)

Cuadro 44. Fuente de financiamiento de la presa de mampostería. Ejido Sacramento, mpio. Sacramento.

Cuadro 45. Relación de agregados para un m³ de construcción del desarenador

Cuadro 46. Componente de mezclas para la construcción total de la obra (desarenador)

Cuadro 47. Fuente de financiamiento del desarenador de la presa Ejido Sacramento, mpio. Sacramento.

Cuadro 48. Fuente de financiamiento de la presa de mampostería. Ejido Sacramento, mpio. Sacramento. **Obra de toma y línea de conducción.** (2.6 km de longitud tubería de estrupack)

Cuadro 49. Fuente de financiamiento de la presa de mampostería. Ejido Sacramento, mpio. Sacramento. Obra de toma y línea de conducción. (6.7 km de longitud tubería de PVC)

Cuadro 50. Análisis financiero: depreciación, VAN, BF/C, TIR de materia seca (pacas de restrojo)

Cuadro 51. Análisis financiero: depreciación, VAN, BF/C, TIR de materia verde (silo)

Cuadro 52. resultados de VAN, RB/C y TIR de maiz (materia seca)

Cuadro 53. Lista y precios de materiales para el sistema de Riego.

Cuadro 54. Tabla de costos del proyecto, plasmado en desglose general.

1. INTRODUCCIÓN

El agua elemento indispensable para la vida en el planeta y en cualquier lugar del sistema solar e incluso del universo.

Uno de los primeros actos del hombre civilizado fue la construcción de sistemas para controlar el agua buscando propósitos útiles. Desde las civilizaciones antiguas, los sistemas de agua relativamente complejos revelan la esencial dependencia de estas civilizaciones de un seguro suministro de agua producido por el trabajo del hombre.

Con el paso de los años cuando el hombre empezó a modificar y domesticar los diferentes ecosistemas y vida en el planeta se comenzó a alterar de una forma inapropiada la vida y el ciclo del agua, principalmente en el retraso de este.

Así sabiendo del bajo porcentaje del agua dulce en el planeta y sobre todo de la irregular distribución, tenemos que encontrar mejoras en las técnicas para eficientizar el consumo del agua y su utilidad.

El problema del agua en la actualidad es un tema que cada día ocupa más la atención de científicos, técnicos, políticos y en general, de muchos de los habitantes del planeta.

Haciendo una breve explicación de la distribución del agua en el planeta podemos decir que el 97 % es agua de mar, el 2 % es hielo y está en los polos y sólo el 1 % de toda el agua del planeta es dulce, encontrándose en ríos, lagos y mantos acuíferos.

Viendo tal problemática en México hemos tenido un gran desarrollo en la agricultura de una forma exponencial, ya que la mayoría del agua disponible en nuestro país es dedicada a esta actividad agrícola. Una manera de resolver los escasos del agua es el desarrollo de diferentes técnicas para proporcionar el vital líquido al 100% de la población, pueden ser el uso de cisternas, bombeo, construcción de presas siempre tendiendo las soluciones más económicas.

El presente documento está dedicado al estudio y desarrollo de un conjunto de acciones para mejorar la calidad de vida y a la vez resolver el problema presentado en el Ejido Sacramento ubicado en el municipio de Sacramento, Coahuila, siendo este una de las regiones más áridas del país.

Sacramento Coahuila, se encuentra en una zona semiárida en el territorio mexicano, donde podemos encontrar lluvias de 310 mm anuales. Se sigue practicando la agricultura de temporal de cultivos forrajeros, y haciendo a un lado los básicos que son frijol y maíz. Esto se ha dado a que los campesinos por la necesidad de subsistir buscan la mejor forma de hacerlo, por lo tanto se han dispuesto a la siembra de cultivos forrajeros, como lo es la avena y el sorgo para

poder cumplir con la demanda de sus hatos en tiempo de sequia. Aun así sembrando dichos cultivos no se obtienen buenos rendimientos ya que la agricultura es de temporal y como lo sabemos en muchas de las ocasiones no llueve lo suficiente para poder desarrollar el cultivo al 100%.

Buscando una solución a dicha problemática se ha visto la forma en cómo poder aprovechar al 100% los recursos naturales y al mismo tiempo evitar las degradaciones en exceso de nuestro ecosistema ya que en el ejido Sacramento se presentan áreas con grandes extensiones de degradación de suelo por la erosión eólica e hídrica.

El proyecto consta en crear la infraestructura hidráulica necesaria para el aprovechamiento óptimo de los escurrimientos, evitando la erosión, incrementando la producción y así poder mejorar la calidad de vida y la actividad económica se vería beneficiada en gran aumento por este nuevo proyecto ya que hablamos de 100 Ha de riego. Los aumentos en la producción sería sumamente evidente, también como el agua sería prácticamente potable, se podría utilizar en dado momento para el uso humano y pecuario sin ningún problema de salud y aparte con un muy bajo costo, sin embargo la inversión inicial sería grande pero no requiere de mucho gasto de operación y los costos del mantenimiento no son elevados.

Para el logro de lo anterior y poder elaborar el proyecto productivo fue necesario una preparación teórica, así como la elaboración del diseño de la presa y el sistema de riego, además de fuentes bibliográficas que enriquecieron mis aportaciones.

El proyecto consta de 3 apartados esenciales:

Diseño de la presa de almacenamiento, dentro de este tema se describe diferentes variables para la realización de un buen diseño como lo es principalmente la delimitación y medición del área de la cuenca, escurrimientos y avenidas máximas, así como también la determinación de la presa, factores físicos de resistencia, construcción y materiales utilizados.

1.1 Situación actual de la agricultura por temporal

Siendo que en las regiones áridas y semi-áridas del país y del estado de Coahuila mas específicamente, se ha tornado mas difícil cada año que pasa, ya que por consecuencias del cambio climático, las precipitaciones han sido muy escasas, insuficientes para poder desarrollar los cultivos y por tanto las grandes sequias han triado serios daños evitando así llegar a la cosecha en algunos casos escaza y en su mayoría nula.

Al buscar una alternativa para el apoyo a esta actividad agrícola, se han aprovechado los escurrimientos superficiales de las precipitaciones registradas en el año y así se han implementado las presas hidrotecnias para el almacenamiento y aprovechamiento óptimo del vital líquido.

1.2 Justificación

Existe una gran preocupación en el país ya que en los últimos años, se han desarrollado una cantidad exponencial de proyectos enfocados al campo dada la problemática que se ha ido presentando en el mismo periodo de tiempo, ya que han ido generándose factores que desfavorecen a los recursos naturales en el país, como la alteración en el ciclo hidrológico y de otros de vital importancia para el equilibrio del planeta ,la gran contaminación que estamos generando junto con el cambio climático y esto trae consigo para nuestra región grandes periodos de sequia, mucho más de los observados en las décadas pasadas , por ejemplificar se dice que Coahuila ha perdido en este último periodo de sequia 19,200 cabezas de ganado (SAGARPA 2012), así como este dato a nivel nacional la producción de maíz bajo en un 40 % la de frijol en un 35%, siendo los mayores productores de estos productos ubicados en el norte como lo son Zacatecas y Durango. Por otro lado viendo el enfoque de distribución socioeconómica de México en la parte norte se encuentra la mayoría de Producto Interno Bruto (PIB), en donde se estima del 85% y a la vez ahí mismo se ubican las zonas áridas y semiáridas con la mayor escases de agua en el país, en el sureste se presentan las mayores precipitaciones y solo generan el 15% del PIB.

Por tal razón en la región de estudio del proyecto que conocemos como Sacramento Coahuila se ha tenido que implementar planes de desarrollo sustentables y bien tratando de cuidar y generar recursos naturales siendo así buscando el aprovechamiento de los usos de suelo, la capacidad de trabajo con la que se cuenta (mano de obra) y la disponibilidad de insumos. Siendo uno de estos proyectos la realización de una presa de mampostería para el almacenamiento de agua y así derivándola a un área de irrigación de 100 Has, buscando el doble propósito el incremento de ingreso para la población al generarse nuevos empleos ya que todos obtendrían beneficio de la cosecha y también ayudar con la conservación del suelo, evitando la erosión y ayudando en la recarga de acuíferos.

1.3 Objetivo General

Aprovechamiento del escurrimiento superficial en zonas de escasa precipitación

1.3.1 Objetivo Especifico

- Aprovechamiento del escurrimiento superficial, y conducción de la misma.
- Utilización racional y eficiente del agua almacenada mediante un sistema de riego por aspersión, tipo pivote central.
- Asegurar la cosecha del cultivo de frijol, maíz y avena y aumentar los rendimientos.

1.4 Hipótesis

- Los escurrimientos superficiales se pueden aprovechar en las zonas áridas donde tenemos limitada precipitación.
- Los métodos de obras hidráulicas pueden ser una solución en práctica y que ataca directamente el problema por lo tanto se plantea una obra hidráulica para la captación de los escurrimientos.
- El diseño de un sistema de riego por goteo en un área virgen se presenta como alternativa para la mejoría de la situación económica, por lo tanto la calidad de vida de los lugareños mejorará sin duda.

1.5 Palabras Clave:

Presa de almacenamiento, sistema de riego por goteo, cuenca, línea de conducción, cultivo de maíz, hidrología, evapotranspiración, obra de toma, obra de excedencia, escurrimientos superficiales,

2.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Irrigación

Bajo este término como aplicación en la agricultura incluye todas las operaciones y practicas artificialmente aplicada el agua en el suelo para la producción de cosechas

Es considerada como un punto de vista de la ingeniería en irrigación incluyendo la conservación y el almacenamiento del suministro de agua para este recurso y distribuirlo en las áreas irrigables, siendo esta una actividad desarrollada por nuestros antepasados para producir su propio alimento. (*Principles Of Irrigation Engeenering :Arid Lands, Water Supply,Storage Works, Dams,Canals,Water Rights And Products 2007*)

2.2 Cuenca

Protección restauración y conservación de suelos forestales, Manual de obras y practicas 2007 plantea que una cuenca es toda área drenada por una corriente o un sistema de corrientes, cuya agua confluye a un punto de salida.

2.2.1 Tipos de cuencas:

-*Cuencas Hidrográficas*: es un área fisiográfica delimitada por un parte aguas (línea divisora), que esta une los puntos más elevados de la cuenca y lo une por estos fluyen corrientes superficiales de agua que desembocan en la salida o boquilla de la cuenca, puede ser una presa un rio o el mar.

-*Cuencas Hidrológicas*: este tipo de presa varia con la anterior ya que contiene una corriente o bien un sistema de corrientes hídricas sub-superficiales y toda la estructura hidrogeológica subterránea como una sola unidad.

En México de acuerdo con las *Cartas de Hidrografía Superficial de INEGI* , (*diccionario de datos de hidrología superficial escala 1:250 000 y 1:1 000 000*) 2001 en el país se divide por 37 regiones hidrológicas, 158 cuencas hidrológicas y 1003 subcuentas.

2.3 Hidrología

Se dice que la hidrología es la rama de la hidráulica que se ocupa de la contabilidad del agua, estudia la disponibilidad de este recurso para poder ser utilizado en diversos fines. (*Manual De Electricidad Consideraciones Generales*)

También se define la hidrología como la ciencia que estudia el agua en todas sus representaciones en la atmosfera de la Tierra, siendo cuerpos de agua, superficiales y subterráneos, precipitaciones, evaporación y fenómenos relacionados con este recurso natural indispensable en la vida.

El objetivo de esta ciencia juega un papel indispensable en los problemas de ingeniería hidráulica ya que con ella podemos saber los conceptos bases para el diseño de obras hidrotécnicas, como es la avenidas máximas y el tiempo de retorno de estas, así como información sobre la cuenca estudiada.

2.4 Ciclo hidrológico

Manejaremos la definición del ciclo hidrológico como sistema que consta de entradas, salidas, naturaleza del sistema y leyes físicas, por lo tanto el ciclo hidrológico es una entrada de precipitación a una cuenca que es afectada por la naturaleza de la misma y con las leyes de la física, para producir salidas en forma de escurrimiento y perdidas.

1.2 Precipitación

Métodos Hidrológicos Para La Previsión De Esgurrimientos, (Secretaria De Comunicaciones Y Transportes), 1984 define a precipitación como el agua que cae a la superficie en cualquier estado físico, proveniente de la atmósfera mediante el proceso de condensación del vapor de agua que ocurre por el enfriamiento de alguna parte en la atmosfera.

2.5.1 Tipos de Precipitación

- Precipitación por Convección.

Cuando el aire en el suelo se dilata a consecuencia de la radiación solar y se comienza a elevar, llegan a cierta altura tan fría, que se condensan las partículas de vapor de agua y se produce la precipitación en forma de agua o granizo..Generalmente tenemos este tipo en las regiones del ecuador y en zonas templadas en época de verano son muy violentas.

- Precipitación Orográfica:

Este tipo de precipitación se presenta generalmente en las regiones montañosas como agua o nieve, ya que la masa de aire húmedo que viene del mar al entrar en tierra y toparse con elevaciones topográficas tiende a elevarse y al hacerlo se produce la condensación ya que llegan a zonas relativamente frías que la provocan. Cabe destacar que este tipo de precipitación es la que se presenta en nuestra área de estudio.

- **Precipitación Ciclónica**

Esta precipitación se forma de los ciclones tropicales generalmente ocurren cuando se monta un sistema de aire caliente sobre uno frío y así se condensa el vapor de agua y se produce la precipitación.

2.6 Escurrimientos

Cuando la lluvia es de tal magnitud que exceda la capacidad de infiltración o retención de un terreno, vegetación y evaporación da origen el proceso de escurrimiento, se desplaza por efecto de la gravedad hacia las partes bajas de la cuenca (*Manual De Electricidad Consideraciones Generales*).

2.7 Presas

En este apartado tenemos que definir muy bien los conceptos de lo que es una presa, ya que existen muchos tipos de definiciones y así también muchos tipos de presas dependiendo del uso que se le dé (*Diseño De Pequeñas Presas -United States Department Of Interior 1980*).

En términos generales podemos decir que una presa, es aquel objeto de obra dentro del Conjunto Hidráulico que se construye para embalsar el agua durante el período húmedo, con el propósito de crear una reserva, para satisfacer las demandas de los usuarios en el período de seca según el *Centro De Investigaciones Hidráulicas Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría*



Figura 1 Presa El Guavio, Emgesa, Colombia..

Ahora definir los tipos de presas que se dividen en según su uso, su proyecto hidráulico y sus materiales de diseño. Cabe señalar que en nuestro proyecto nuestros parámetros de estudio son las presas almacenadoras y vertedoras

2.7.1 Clasificación según el uso

- *Presas de almacenamiento:* se construyen para embalsar el agua en los periodos en que sobra, es decir utilizarla cuando esta se escasea, tiene diferentes clasificaciones de acuerdo al objeto de almacenamiento, por ejemplo abastecimiento de agua, recreo, cría de peces, animales salvajes, generación de energía e irrigación.



Figura 2 presa de almacenamiento

- *Presas de derivación:* son aquellas construcciones con el objetivo de aprovechar las aguas superficiales en forma controlada y sin alterar el régimen de la fuente de abastecimiento, disponiéndola de tal manera que se pueda conducir hasta el sitio de utilización ya sea por gravedad o por bombeo.

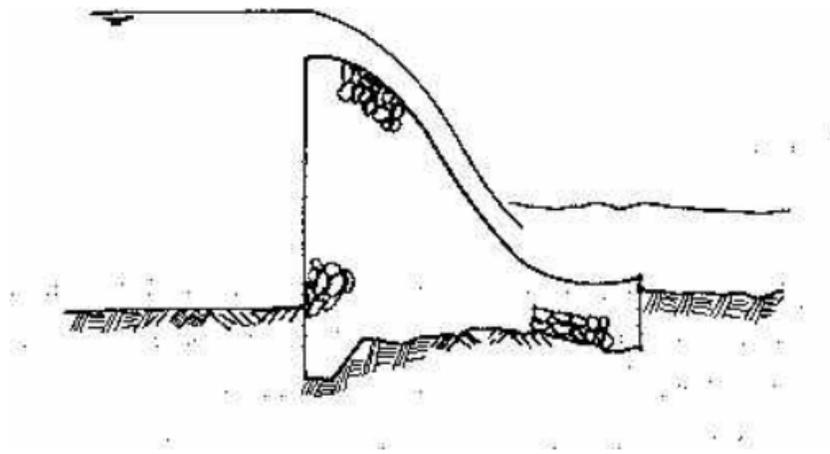


Figura 3 presa baja derivadora .Vega R.O. Arreguin C.,F.I. 1987

- *Presas reguladoras*: se construyen para retardar el escurrimiento de las avenidas y disminuir el efecto de las ocasionales, estas se dividen en dos tipos a) el agua se almacena temporalmente y se deja salir por una obra de toma con un gasto no mayor al cauce aguas abajo.
 b) el agua se almacena tanto sea posible y se deja infiltrar en laderas del valle y estratos de grava de la cimentación con el propósito de recargar acuíferos.
- Clasificación según su proyecto hidráulico
- *Presas vertedoras*
 Diseñadas para descargar agua sobre sus coronas, deben estar hechos con materiales que no erosionen para tales descargas los cuales son mampostería, concreto, acero y madera.

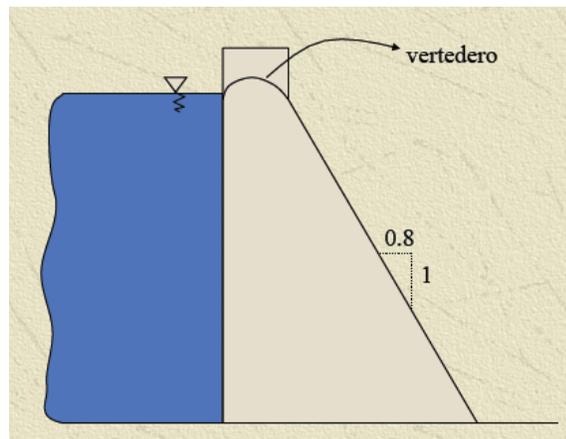


Figura 4 Presa vertedora

- *Presas no vertedoras*
 Se diseñan para que el agua no rebase su corona, en este tipo de presa se permite ampliar la elección de materiales como tierra y enrocamiento
 Es recomendado combinar ambos tipos para que resulte una estructura más sólida.
- Clasificación según sus materiales
- Presa de concreto de gravedad
- Presas de tierra y entroncamiento.

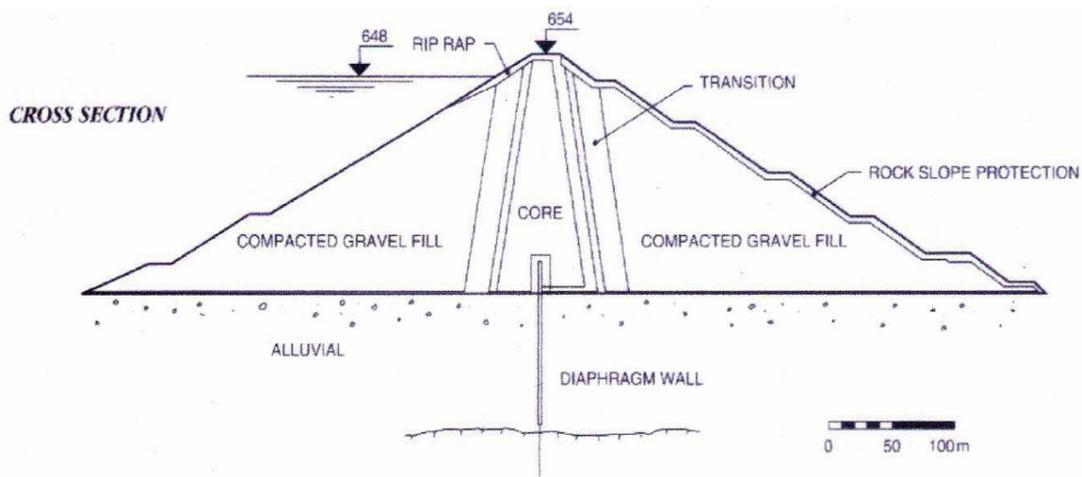


Figura 5 Presas de Tierra

Estos tipos de presas se recomiendan para presas de magnitudes pequeñas.

2.7.2 Criterios de selección y diseño de una presa

Para el mejor diseño de la presa necesitamos determinar características como accidentes físicos, los fines para lo que va servir, economía y seguridad.

▪ Factores físicos:

- a) *Topografía*: es el primer factor que destaca que tipo de presa se va a realizar ya que si una corriente de agua angosta entre dos desfiladeros sugiere una presa vertedora. Por otro lado las llanuras bajas onduladas sugiere una presa de tierra con vertedor demasías separado.

El vertedor es un factor importante que depende de la topografía local y tendrá gran importancia en la selección del tipo de presa.

- b) *Condiciones geológicas y cimentación*: la cimentación depende de la geología local de la presa y de los estratos que soportaran el peso de la presa; inclinación, permeabilidad, fallas y fisuras.

- a. Cimentaciones de roca sólida: alta resistencia a las cargas, erosión y filtración
- b. Cimentaciones de graba: bien compactada se construyen presas de tierra enrocamiento y bajas de concreto
- c. Cimentaciones de limo y arena: apoyan a las presas de gravedad de poca altura bien proyectadas
- d. Cimentaciones de arcilla: se usan para apoyar a las presas usando un tratamiento especial, no son buenas para las presas de concreto tipo gravedad.

- e. Cimentaciones irregulares: cuando no hay cimentaciones uniformes como las clasificaciones anteriores se construirá una cimentación irregular de roca y materiales blandos.
 - c) *Vertedor demasías*: dictan las características de escurrimiento y el gasto máximo, la selección dependerá de las magnitudes de avenidas que tengan que verterse.
- Aspectos legales, económicos y estéticos
 - a) *Restricciones legales*: Se refiere al control y derecho de aguas de las corrientes de interés
 - b) *Relación consto-beneficio*: De acuerdo al objetivo de servicio de la presa se deduce el tipo más adecuado.
 - c) *Apariencia*: todas las estructuras deben de tener apariencia terminada mostrando el trabajo del hombre compatible con la función que se va a desempeñar. Influyen en la selección del tipo de estructura, por ejemplo en aquellas con fines de recreo

Selección de la presa. Características típicas.
 Novak, P., Moffat, A.I.B., Nalluri, C. y Narayanan, R. 1990.

Cuadro 1 Tipos de presas y características (elaboración propia con información de Gómez Navarro 1964)

Tipo de presa	Características
Terraplén	Adecuadas para cimentaciones en roca y suelos. Pueden aceptar asentamientos Diferenciales limitados con núcleos relativamente amplios y de material plástico. Se requiere tabique hasta el material impermeable. Tienen pocos esfuerzos de Contacto. Requieren varios materiales para núcleo, filtro, enrocado, etc.
Enrocado	Preferiblemente en fundación rocosa. Aceptan calidad variable y algo de intemperismo. Se requiere tabique hasta el material impermeable. Se facilita la colocación en cualquier clima. Requieren materiales para núcleo, filtros, etc.
Concreto gravedad	Adecuadas en valles amplios, desde que la excavación sea menor de 5 a 10 m. Se acepta desgaste limitado de la roca. Deben chequearse las discontinuidades de la roca con relación al deslizamiento. Tienen bajos esfuerzos de contacto. Requieren de materiales que a veces toca importar como el cemento.
Contrafuertes	Como presas de gravedad, pero mayores esfuerzos de contacto, requieren de roca sana. El ahorro de concreto con relación a las presas de gravedad es del 40 al 60%.
Arco	Adecuadas en gargantas estrechas con rocas sana de alta resistencia y poca deformabilidad en las zonas de fundación y estribos. Alta carga sobre los estribos. El ahorro de concreto con relación a las presas de gravedad es del 50 al 85%.

El proyecto de una presa es una actividad multidisciplinaria y a los Ingenieros Hidráulicos nos corresponde, entre otras actividades, la de definir la cota de coronamiento del muro, dimensionar las obras de descarga que permitan enfrentar las crecidas del río o bien sean requeridas para eventuales vaciados del embalse, verificar filtraciones, definir la posición de bocatomas, vertederos, desagües de fondo, etc.

2.7.3 Cálculo de una presa

- Muro de la presa: es el elemento que distingue a una presa de otra: de tierra de concreto de gravedad, de enrocados, etc.

Condición de diseño usual para la altura de presas de por gravedad:

La cota de coronamiento de la presa deberá ser mayor que la carga eventual del vertedero (NAME) operando con su caudal de diseño, más la sobre-elevación producida en el embalse por el viento de diseño adoptado para el tipo de presa considerado.

Namo: Nivel de aguas máximas normales o de operación. Es el que se considera para el cálculo de la H de la central.

Name: Nivel de aguas máxima eventual de un embalse. Es el nivel de aguas en el embalse cuando se encuentra operando el vertedero de seguridad con su caudal de diseño.

Determinación del NAME. Es función de la curva de descarga del vertedero o bien es un dato impuesto al proyecto en cuyo caso pasa a ser un criterio de diseño del vertedero y de la presa.

Luego la cota de coronamiento será:

$$\underline{\text{NAMO} + \text{Carga vertedero} + \text{Viento (S+run up)} = \text{NAME} + \text{Viento}}$$

- Borde libre (*BL*)

El borde libre o resguardo, es la distancia vertical entre el nivel máximo del agua y la corona de la presa. Sirve para evitar que se presente rebosamiento por oleaje, prever cualquier contingencia como asentamientos no previstos, aportes de la hoya superiores a los estimados, obstrucciones en el aliviadero que reduzcan su capacidad. Su valor para presas pequeñas va de 0.5 m a 3.0 m.

- Salto de esquí.

Este es la distancia en la que el agua al desfogarse por el vertedor puede llegar a alcanzar dependiendo del diseño del salto. Esto es porque tenemos que lograr un salto bastante largo para que no vaya a comenzar a erosionar o bien a afectar la cimentación de la base de la presa.

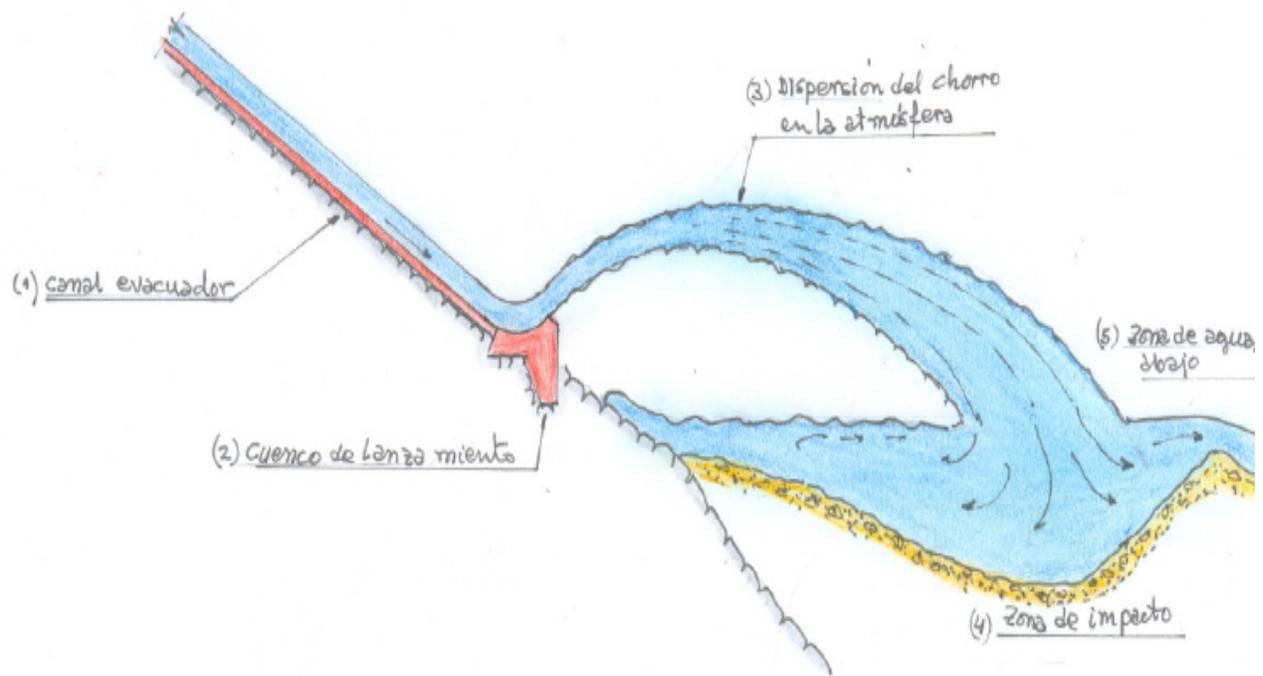


Figura 5. Ejemplo de un salto de Esquí esquematizado.



Figura 6. Ejemplo de un salto de Esquí en foto real

2.7.4 Estructuras

▪ **Obras de excedencia:**

Vertedor demasías. *El United States Department Of The Interior ,Stewart L. Udall , Diseño De Presas Pequeñas cita que la función de los vertedores en las presas de almacenamiento es el de desfogar la cantidad de agua excedente a lo que la presa está diseñada, es decir tenemos que saber qué cantidad o la altura de un evento de precipitación máxima puede subir por encima de la corona o cresta , ya que sería un volumen que no cabe en el área de almacenamiento y en las presas derribadoras dejar pasar los excedente que no se envíen al sistema de derivación.*

Las características de las vertedoras demasías son principalmente:

- ✓ Diseño hidráulica y estructuralmente adecuado para soportar el flujo del agua excedente.
- ✓ Diseñado de manera apropiado para que el agua no erosione ni socave el talón de aguas abajo de la presa.
- ✓ La superficie que forma el vertedor debe de ser resistente a las características erosivas del agua en dicho vertedor.

Finalmente decimos que las frecuencia de uso del vertedor, la determina las características de las cuencas en donde nos dicen datos importantes tales como velocidad de escurrimiento, la demanda de aguas abajo, siendo que si la capacidad de almacenamiento de la presa lo comparamos con las avenidas máximas en un evento de precipitación extraordinario son menores el vertedor será utilizado muy seguidamente, un ejemplo común es cuando en época de lluvia se tenga la presa a un 100% de capacidad y si en ese momento da lugar un evento de precipitación extraordinario la presa sin lugar a dudas desfogara las aguas excedentes por medio del vertedor demasías.

▪ **Obras de toma:**

El United States Department Of The Interior ,Stewart L. Udall , Diseño De Presas Pequeñas señala que las obras de toma sirven para regular o dar salida al agua almacenada en una presa , puede ser de forma gradual o como en las presas derivadora el volumen almacenado derivarlo a canales o tuberías, la salida de cierto volumen va en función con las necesidades de consumo aguas abajo, es decir agronómicas, humanas , pecuarias de evacuación , o combinación de necesidades múltiples.

Las obras de toma se clasifican de acuerdo con su objetivo en distribución física, estructural o diseño hidráulico.

En este caso la obra de toma diseñada se basará en función al volumen almacenado y la obra de conducción como se usa en la irrigación, tomaremos en cuenta los parámetros de estudio de operación deben basarse en:

- ✓ Periodo crítico de poco escurrimiento

- ✓ Los almacenamientos en el vaso son pocos
- ✓ Las demandas de riego básicas están a su máximo.

▪ **Fuerza que actúan sobre la presa:**

Todas las variables que afectan la estabilidad de la estructura las podemos definir como fuerzas actuadoras que se considera para diseño de las presas.

a) Presión hidráulica

- ✓ Externa: Presión del agua que actúa sobre una presa que sea o no vertedora en las presas vertedoras la presión horizontal, su línea de acción pasa por el centro de gravedad del trapecio. La componente vertical del agua que se vierte sobre la cresta no se analiza ya que el agua se aproxima con velocidad y reduce la presión vertical sobre la presa
- ✓ Interna: También llamada fuerza de supresión es todas las presiones internas en poros, grietas y hendiduras tanto en la presa como en el cimiento

b) Presión de azolve:

Todas las corrientes llevan una cantidad de limo, en una presa entran en el vaso y se depositan en agua tranquila. En las presas de almacenamiento la carga de limo contra la presa será un factor pequeño, y en las derivadora puede llegar a ser un factor muy importante. Dicha presión es de mayor importancia ya que comunican aceleraciones a las presas que aumentan la presión de agua y limo sobre ellas.

c) Peso de la estructura:

Incluye el peso del concreto, accesorios como compuertas y puentes. El peso actúa verticalmente en el centro de gravedad de la sección transversal del muro.

d) Reacción del cimiento:

Para el sentido de estabilidad la resultante de las cargas verticales y horizontales sobre la presa, se equilibrará por una fuerza igual y opuesta que da lugar a la reacción de cimentación.

▪ **Estabilidad del muro:**

Las presas de concreto de gravedad deben proyectarse para que resistan con un amplio factor de seguridad las causas de destrucción:

- a) El vuelco: se puede evitar sacando la resultante dentro de la base que quede dentro de los 2/3 de la longitud total y así evitaremos el derrumbe de la estructura.
- b) Deslizamientos: La fuerza horizontal de la presión del agua desaloja la presa en dirección horizontal contrarrestando las resistencias producidas por fricción y resistencia al corte de cimentación, es decir que se puede evitar cuando la relación entre las fuerzas horizontales y las verticales sea menor que el coeficiente de fricción y despreciando el esfuerzo cortante de los materiales.

- c) Esfuerzos excesivos: el esfuerzo en el concreto de las presas de gravedad será tan pequeño para satisfacer otros requisitos como la durabilidad y manejabilidad alcanzará suficiente resistencia para un factor de seguridad.

2.8 Avenidas máximas

Plan Nacional De Obras Hidráulicas Para El Desarrollo Rural, Presa De Derivación (1975) plantea que en los proyectos de obras hidráulicas aprovechando el escurrimiento de las corrientes superficiales es de lo más importante conocer el valor de la avenida máxima ya que de su magnitud dependerá el diseño de la obra es decir el tamaño y tipo de estructura, así el saber cuánta agua tenemos como gasto máximo de la cuenca en un evento de precipitación extraordinaria, por lo tanto las avenidas máximas según el *United States Department Of The Interior, Stewart L. Udall , Diseño De Presas Pequeñas p.55* señala que las avenidas máximas son definidas como el gasto máximo que obtendremos en nuestro proyecto, y que toma en cuenta diferentes variables para su cálculo.

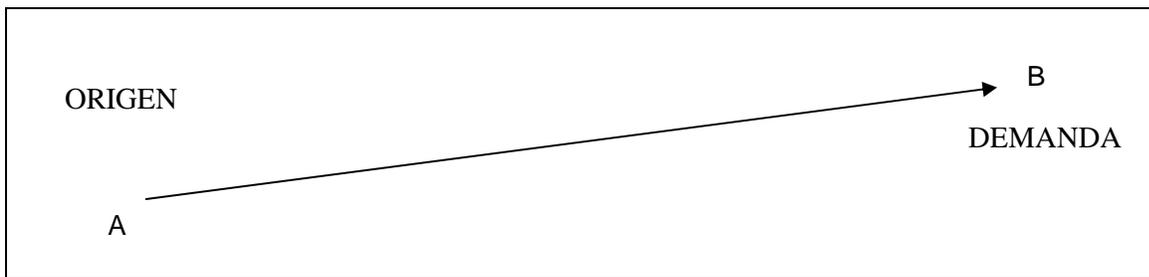
En Métodos Hidrológicos Para La Previsión De Escurrimientos De La Secretaría De Comunicaciones Y Transportes (1984) señala que existen diferentes métodos para la determinación de la avenida máxima:

- Empíricos: cuando no tenemos datos históricos de precipitación y por lo tanto solo tomamos las variables de las características físicas de la cuenca para poder así estimar su avenida máxima (Dickens, Creager, Lowry)
- Semi-empíricos: muy similares a los empíricos pero con la diferencia que este método toma en cuenta la intensidad de lluvia, para esto hay que estudiar el ciclo hidrológico de la cuenca.
- Estadísticos: son los más exacto se implementan cuando existen registros de gastos, utiliza la distribución de probabilidades que supone la población.

2.9 Líneas De Conducción

La línea de conducción es de vital importancia ya que es la que nos comunicará el fin de este proyecto el agua desde la presa de almacenamiento hasta el área de demanda en este caso el área de riego. (*Clase De Sistemas De Abastecimiento De Agua - Villarreal Fernando*)

Cuando hablamos de conducción tenemos que tomar en cuenta varias variables tales como si existe diferencia de cotas, donde está la mayor y donde la menor , es decir si nuestro origen está en menor cota que nuestra demanda tenemos que inyectar energía cinética al fluido para poder cumplir con esa demanda.



Esta condición ya implica costo inicial del proyecto, y cuando nuestra demanda esta a menor cota que nuestro origen, tenemos la gravedad a favor , solo tenemos que hacer cálculos hidráulicos para saber cuánta presión va a bajar y esto depende del diámetro y material de la tubería , si nuestra presión es muy fuerte al llegar a nuestra demanda, tenemos que colocar las llamadas pilas rompe presión en el lugar ideal para que aun rompiendo dicha presión el agua pueda llegar a nuestra demanda sin ningún problema.

2.10 Sistemas de riego

Sistema: Conjunto de objetos que interaccionan de manera regular e interdependiente componiéndose por entradas, sistema y salida (*Ingeniería De Sistemas En Recursos Hidráulicos*)

Ingeniería en sistemas: es definida como el arte y ciencia de seleccionar aquel conjunto de acciones que satisfacen mejor los objetivos de quienes toman las decisiones con restricciones, legales, morales, económicas, de recursos, presiones sociales, políticas, leyes que gobiernan las ciencias físicas, biológicas y otras ciencias naturales dentro de un gran número de alternativas posibles. (*Ingeniería De Sistemas En Recursos Hidráulicos*)

(*Sistemas De Riego -Lindolfo Rojas Peña Y Gregorio Briones Sánchez*) dice que la irrigación tiene como objetivo principal el reponer el nivel óptimo de humedad en el suelo que ocasiona la insuficiente precipitación pluvial pues se necesita compensar las necesidades de los cultivos, tomando en cuenta esto, podemos decir que en la aplicación del riego se pueden presentar varias situaciones benéficas o perjudiciales ya sea el caso:

- *Asegurar el lavado de sales manteniendo un balance salino en el suelo.*
- *Mejorar las condiciones físicas de laboreo del suelo y de residuos.*
- *Acumulación de agua en las partes bajas*
- *Arrastre de fertilizantes y nutrientes*
- *Perdidas de agua por percolación profunda*
- *Debido a estas circunstancias el desarrollo técnico del riego se ha presentado en los últimos 30 años logrando así y llegando a diferentes métodos para cada necesidad propia.*

- *Así decimos que los sistemas de riego están encargados de optimizar el recurso agua mediante el buen manejo del suelo en conjunto con el agua, el acondicionamiento de tierra , el empleo de infraestructuras para finalmente lograr altas eficiencias de conducción , aplicación y distribución del agua.*
- *Al analizar un proyecto de sistema de riego tenemos que tomar en cuenta los principales factores como son:*
- *¿Cuánto regar? este criterio va en función al agua por aplicar en el suelo o bien al cultivo conocido como la lamina de riego*
- *¿Cuándo regar? va en función al tiempo óptimo en el que debemos regar, es decir tomando en cuenta los requerimientos de agua del cultivo y el abatimiento permisible de humedad en el suelo.*
- *¿Cómo regar? esto implica la forma de aplicar el agua al cultivo es decir el método de riego (aspersión, goteo, gravedad o rodado).*

2.11 Red de abastecimiento y equipo de bombeo

La red de abastecimiento del proyecto cuenta con una cuenca llamada agua chiquita, con una superficie de 22.86 km² la cual su principal cauce es un arroyo llamado por el mismo nombre de la cuenca, con forma de polígono las pendientes medias son del de 20% y en las partes bajas es de 10% , con cotas en la boquilla de 714 msnm y en las partes más altas de 1431,1463 y 1385 msnm y en si el terreno es un lomerío medio- accidentado.

2.12 Cultivo de maíz.

El cultivo de maíz se siembra desde hace 7000 años de antigüedad, de origen indio que se cultivaba por las zonas de México y América central. Hoy día su cultivo está muy difundido por todo el resto de países y en especial en toda Europa donde ocupa una posición muy elevada. EEUU es otro de los países que destaca por su alta concentración en el cultivo del maíz. Su origen no está muy claro pero se considera que pertenece a un cultivo de la zona de México, pues sus hallazgos más antiguos se encontraron allí.

2.12.1 Características morfológicas.

Nombre Común: Maíz

Nombre Científico: Zea Mays

Familia: Gramineas

Genero: Zea

Botánica La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual.

Tallo El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal.

Hojas Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

Raíces Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias.

Desarrollo vegetativo del maíz Desde que se siembran las semillas hasta la aparición de los primeros brotes, transcurre un tiempo de 8 a 10 días, donde se ve muy reflejado el continuo y rápido crecimiento de la plántula.

Exigencia de clima El maíz requiere una temperatura de 25 a 30°C. Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8°C y a partir de los 30°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32°C.

2.12.2 Pluviometría y riegos

Pluviometría Las aguas en forma de lluvia son muy necesarias en periodos de crecimiento, sobre todo cuando humedecen unos 40 a 65 cm.

Riegos El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 500 mm de agua durante su ciclo 5 mm al día. Los riegos pueden realizarse por aspersión y goteo. El riego más empleado últimamente es el riego por aspersión.

Las necesidades hídricas son variables a lo largo del ciclo vegetativo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua pero sí mantener una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración. Durante la fase de floración, es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida, por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y

permita una eficaz polinización y cuajado. Por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada. En el siguiente recuadro se presentan las dosis de riego más convenientes para el cultivo del maíz (en riego localizado).

Cuadro2 . Riegos en el cultivo de maíz

SEMANA	ESTADO	Nº RIEGOS	m ³
1	Siembra	3	42
2	Nascencia	3	42
3	Desarrollo primario	3	52
4	Desarrollo primario	3	88
5	Crecimiento	3	120
6	Crecimiento	3	150
7	Crecimiento	3	165
8	Floración	3	185
9	Polinización	3	190
10		3	230
11	Fecundación	3	200
12	Fecundación del grano	3	192
13		3	192
14		3	192
15		3	190

Exigencias en suelo El maíz se adapta muy bien a todos tipos de suelo pero suelos con pH entre 6 a 7 son a los que mejor se adaptan. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular.

2.12.3 Labores culturales

Preparación del terreno. La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se recomienda efectuar una labor de arado al terreno con grada para que el terreno quede suelto y sea capaz de tener ciertas capacidades de captación de agua sin encharcamientos. Se pretende que el terreno quede esponjoso sobre todo la capa superficial donde se va a producir la siembra. También se efectúan labores con arado de vertedera con una profundidad de labor de 30 a 40

cm. En las operaciones de labrado los terrenos deben quedar limpios de restos de plantas (rastros).

Siembra. Antes de efectuar la siembra se seleccionan aquellas semillas resistentes a enfermedades, virosis y plagas. Se siembra a una profundidad de 5cm. La siembra se puede realizar a golpes, en llano o a surcos. La separación de las líneas de 0.8 a 1 m y la separación entre los golpes de 20 a 25 cm. La siembra se realiza por el mes de abril.

Fertilización. El maíz necesita para su desarrollo unas ciertas cantidades de elementos minerales. Las carencias en la planta se manifiestan cuando algún nutriente mineral está en defecto o exceso. Se recomienda un abonado de suelo rico en P y K . En cantidades de 0.3 kg de P en 100 Kg de abonado. También un aporte de nitrógeno N en mayor cantidad sobre todo en época de crecimiento vegetativo. El abonado se efectúa normalmente según las características de la zona de plantación, por lo que no se sigue un abonado riguroso en todas las zonas por igual. No obstante se aplica un abonado muy flojo en la primera época de desarrollo de la planta hasta que la planta tenga un número de hojas de 6 a 8. A partir de esta cantidad de hojas se recomienda un abonado de:

- N : 82% (abonado nitrogenado).
- P₂O₅ : 70% (abonado fosforado).
- K₂O: 92% (abonado en potasa)

Durante la formación del grano de la mazorca los abonados deben de ser mínimos. Se deben de realizar para el cultivo de maíz un abonado de fondo en cantidades de 825Kg/ha durante las labores de cultivo.

Herbicidas. Cuando transcurren 3 a 4 semanas de la emergencia de la planta aparecen las primeras hierbas de forma espontánea que compiten con el cultivo absorción de agua y nutrientes minerales.

Recolección. Para la recolección de las mazorcas de maíz se aconseja que no exista humedad en las mismas, más bien secas.

Para la recolección de mazorcas se utilizan las cosechadoras de remolque o bien las cosechadoras con tanque incorporado y arrancan la mazorca del tallo, previamente se secan con aire caliente y pasan por un mecanismo desgranador y una vez extraídos los granos se vuelven a secar para eliminar el resto de humedad.

Las cosechadoras disponen de un cabezal por donde se recogen las mazorcas y un dispositivo de trilla que separa el grano de la mazorca, también se encuentran unos dispositivos

de limpieza, mecanismos reguladores del control de la maquinaria y un tanque o depósito donde va el grano de maíz limpio. Otras cosechadoras de mayor tamaño y más modernas disponen de unos rodillos recogedores que van triturando los tallos de la planta. Trabajan a gran anchura de trabajo de 5 a 8 filas la mazorca igualmente se tritura y por un dispositivo de dos tamices la cosecha se limpia.

Plagas

- Insectos
- Gusano de alambre
- Gusanos grises
- Pulgones
- La piral del maíz
- Taladros del *Pyrausta nubilalis*
- Ácaros

Enfermedades.

- Bacteriosis
- *Pseudomonas alboprecipitans*. - *Helminthosporium turcicum*.
- Antracosis
- Roya.
- Carbón del maíz.

2.12.4 El maíz forrajero

El maíz forrajero es muy cultivado para alimentación de ganado. Se recoge y se ensila para suministro en épocas de no pastoreo. La siembra se efectúa de forma masiva si se utiliza como alimento en verde de manera que la densidad de plantación de semilla de 30 a 35 Kg por hectárea se siembra en hileras con una separación de una a otra de 70 a 80 cm y con siembra a chorrillo. Se escogen variedades con alta precocidad para mejor desarrollo de la planta.

El ensilaje consiste en una técnica en la que el maíz u otros tipos de forrajes se almacenan en un lugar o construcción (silo) con el fin de que se produzcan fermentaciones anaerobias. En definitiva tratan de almacenes o depósitos de granos. Hay varios tipos de silos:

1. Silos de campo
2. Silos en depósito.
3. Silos en plástico

4. Silos en torre.

El valor nutritivo del ensilaje destaca por su valor energético tanto en proteínas como sales minerales el contenido en materia seca del maíz ensilado se consigue con un forraje bien conservado.

El ensilaje de maíz ha dejado de ser considerado un forraje tosco para constituirse en un componente en las dietas utilizadas principalmente para ganado bovino. El ensilaje de maíz es un forraje de buena calidad y de alta capacidad de producción de materia seca por hectárea, pues se estima que puede alcanzar rendimientos de 70 a 90 toneladas de forraje verde (20 toneladas de materia seca por hectárea).



Figura 6. Silo de maíz siendo cosechado (Fuente: Ing. Juan Esteban Reyes Jiménez. Campo Experimental Sur de Sinaloa del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).).

Los rendimientos del maíz por medio del sistema de riego por goteo son notablemente mayores que a otros sistemas, en el siguiente cuadro podemos ver la diferencia de dichos rendimientos:

Cuadro 3. Comparación De Tres Sistemas De Riego En El Cultivo De Maíz Forrajero (Fuente: Producción De Maíz Forrajero (*Zea Mays L.*) En Tres Sistemas De Irrigación En La Comarca Lagunera De Coahuila Y Durango, México, Montemayor Y Colaboradores Ciclo Agrícola 2008-2009

	Riego	Goteo	Aspersión	Superficie
Detalles				
Área (Ha)		0.75	0.75	0.75
Lr		45	52	62
Consumo Promedio(Cm/Dia)		0.51	0.56	0.73
Altura Planta(Cm)		289	230	258
Peso Elote (Kg)		0.44	0.319	0.231
Materia Seca (Kg/Ha)		18,354	12,257	10,829
Productividad De Agua(Kg/M3)		4.07	2.35	1.74

Podemos ver los resultado de los estudios hechos En La Comarca Lagunera De Coahuila Y Durango y claramente se ve como el riego por goteo supera increíblemente a los otros ya que existen muchos puntos a evaluar en los sistemas y diciendo que para nuestro problema es riego por goteo se adapta perfectamente ya que aplica el agua directamente en la raíz y por lo tanto no se pierde agua por evaporación solo por transpiración siendo ese uno de las factores que más afectan el consumo de agua de ahí vemos los rendimientos en los pesos de cultivos y el goteo gasta menos agua y obtenemos los mayores rendimientos superándolo por un 33 % al riego por aspersión y en un 40% al riego por superficie.

2.12.5 Variedad de maíz

La variedad utilizada en nuestro proyecto es la AN-447 ya que por las características de la región del proyecto altura sobre el nivel del mar , también que se establecerá un sistema de riego por goteo para su riego, y las características geográficas y climatológicas es el que mejor se acopla.

Un estudio realizado en la UAAAN (Fuentes *et al*), variedades del maíz demuestra la siguiente tabla de comparación de rendimientos en diferentes variedades de maíz.

Cuadro 4. Rendimientos de diferentes variedades de maíz bajo riego por goteo UAAAN (1998)

FUENTES *et al*: EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE MAÍZ.

Producción de forraje y contenido de proteína de maíz (*Zea mays* L.) para ensilado. UAAAN, Saltillo, Coah., México. 1998

Variedades	Materia verde (kg/ha)		Materia seca (kg/ha)		Proteína(%)	
AN-388	96.852	ab	15.961	cd	7,28*	ab
AN-430R	106.389 *	ab	22.331	bcd	6,22	def
AN-430RR	89.667	ab	23.788	abcd	5,90	efg
AN-444	85.855	ab	14.904	d	6,57	bcde
AN-445	110.993*	a	21.113	bcd	4,35	I
AN-446	114.028*	a	22.486	bcd	6,22	def
AN-447	103.610	ab	29.270*	a	6,42	cde
AN-448	104.264	ab	18.173	cd	7,17*	abc
AN-461	100.560	ab	28.026*	ab	5,81	efg
AN-465	95.956	ab	18.701	bcd	6,37	cdef
G-1990	84.053	ab	24.367	abcd	4,90	hi
G-4500	83.160	ab	24.948	abc	5,10	ghi
G-4657	81.696	ab	17.875	cd	7,58*	a
G-4673A	85.362	ab	19.983	bcd	6,82	abcd
VS-373	100.333	ab	25.434*	abc	6,11	def
V-524	69.467	b	22.618	bcd	5,60	fgh

* Indica las tres variedades más sobresalientes en cada rubro.

(a,b,c,d) Tratamientos con letras iguales no tienen diferencias ($p \geq 0,05$).

Para obtener los máximos rendimientos tenemos que aplicar diferentes fertilizantes los cuales se aplican de la siguiente manera:

Cuadro 5. Fertilizantes a aplicar para el maíz forrajero (UAAAN 2012)

Fertilizante	Dosis a aplicar (unidades)
Nitrógeno	200
Fosforo	80
Potasio	50

2.13 Dinámica del agua en el suelo

Mediante los estudios realizados en el proyecto hemos considerado que para hacer un buen diseño de un sistema de riego tenemos que conocer todas las acciones que están involucradas y como cualquier otra variable en este espacio vamos a observar el proceso de infiltración que deriva en el movimiento del agua dentro del suelo, es decir desde el primer instante en el que esta entra, comienza un ciclo y el estudio de diferentes estados y condiciones.

Las relaciones entre el agua y el suelo son de gran importancia para la agricultura de riego, las determinamos de la siguiente manera (*Evaluación Y Diseño De Sistemas De Riego Por Aspersión Y Goteo, Ignacio García Casillas Y Gregorio Briones Sánchez*).

- a) Capacidad de retención de agua y drenado
- b) Propiedades físicas del suelo (materia orgánica, profundidad y estructura del suelo)
- c) Propiedades químicas (concentración de sales, nutrientes, evaporación de agua en el suelo)

Cuando hablamos de humedad del suelo, ya sea exceso o insuficiencia tendrá impacto directamente en el desarrollo del cultivo, a grandes rasgos se dice que la irrigación artificial se usa para agregar la humedad en el suelo y así prevenir deficiencias de humedad.

Se debe que cuando un suelo tiene exceso de humedad presenta problemas de salinidad y de drenaje, siendo el cultivo el afectado por este mal uso de agua en el suelo.

Una de las funciones de la ingeniería en irrigación es saber la humedad aprovechable del suelo en la práctica lo conocemos como el agua detenida en el suelo y se mide en rango de presiones, los parámetros son los siguientes.

- .03 BARS cuando está en capacidad de campo.

Capacidad de campo se define como el contenido de agua que pertenece en el suelo, una vez que ha drenado por acción de la gravedad después de un riego donde el suelo llega a saturación.

- 15 BARS cuando se encuentra en el punto de marchites permanente.

Punto de marchites es considerada como el contenido de agua en el suelo que la planta no puede extraer, es decir cuando el suelo está para nuestras condiciones agronómicas totalmente seco.

En sí, el estudio de la dinámica del agua en el suelo tiene como finalidad definir y conocer los anteriores parámetros, para conocer las características del suelo al que vamos a irrigar. Siendo uno de las tantas variables para la aplicación correcta de agua.

2.14 Necesidades hídricas de los cultivos

Cuando hablamos de las necesidades hídricas de los cultivos nos referimos de todas aquellas estimaciones que tenemos que conocer para saber cuánta agua pierde la planta diariamente.

El objetivo central de un proyecto de riego es satisfacer en el momento adecuado la cantidad necesaria los requerimientos de agua en los cultivos y para dicho diseño es indispensable:

- a) La estimación del consumo de agua diario de cada cultivo
- b) La cuantificación de las necesidades hídricas de los cultivos establecidos o que se establecerán
- c) La distribución de los riegos en la superficie durante el ciclo.

La metodología para la determinación de las necesidades hídricas de los cultivos ha sido conocida desde hace mucho tiempo, sin embargo pocas veces se ha aplicado, ya que la complejidad de los cálculos y la poca información meteorológica ha llevado a implementar métodos empíricos y de poca precisión.

En la actualidad gracias al gran desarrollo tecnológico que se ha presentado hemos hecho la aplicación de este en la irrigación, ya sea es sistemas de riego, en sistemas meteorológicos y de base de datos, por lo tanto ya es posible aplicar la mayoría de las metodologías científicas fundamentadas.

Los principales factores a estudio para las necesidades hídricas de un cultivo son:

- Evapotranspiración
- Coeficiente de cultivo (K_c)

2.15 Indicadores de riego.

Llamamos a los indicadores de riego como todos aquellos factores que como su nombre nos dice nos indican datos que necesitamos para saber las diferentes condiciones en las que se encuentran los cultivos, y principalmente estos indicadores nos ayudan a hacer la programación más exacta posible para el riego.

Dichos indicadores los podemos definir como

- Evapotranspiración (ETP)
- Coeficiente de cultivo (K_c)
- Precipitación efectiva (P_e)

2.15.1 Evapotranspiración

Para ser más precisos al mencionar necesidades hídricas se refiere directamente a la Evapotranspiración. La cual se define como el proceso en el cual el agua regresa a la atmósfera mediante los tejidos de las plantas nombrado transpiración y directamente de la evaporación del suelo llamado evaporación.

En el estudio de la evapotranspiración se toman en cuenta diferentes variables y diferentes factores para hacer una estimación precisa y saber los datos que nos hacen falta.

El tema de la Evapotranspiración es muy extenso ya que desarrolla diferentes métodos para su determinación y para su estimación siendo así en este trabajo vamos a citar solamente lo que nos interesa y que son los métodos para la estimación:

Métodos para estimar la evapotranspiración:

- Método del tanque evaporímetro

Para la medición de la ETo, se necesitan múltiples variables tales como la radiación solar, temperatura, velocidad del viento y humedad, cuando no es posible recolectar esta información en sí un poco compleja, se tiende a hacer la medición de la evapotranspiración directa de una superficie de agua ya que es exactamente igual que medir las variables antes mencionadas.

Cuando usamos el tanque evaporímetro tenemos que tomar en cuenta un coeficiente de tanque, ya que la medición de la evapotranspiración en un cultivo de referencia ya sea pasto o alfalfa por muy húmedo que se encuentre el suelo es solo una fracción de la evapotranspiración observada en el tanque.

La ETo se determina de la siguiente manera:

$$ETo = Kt * Ev$$

Donde:

ETo: Evapotranspiración de referencia $\frac{mm}{dia}$

Kt: Coeficiente de tanque

Ev: Evapotranspiración observada en el tanque

Ev se lee directamente del tanque

Kt se observa de tablas

- Método Penman-Monteith

Ya que los tanques evaporímetros también llamados lisímetros son muy costosos y en pocas regiones de México las podemos encontrar, por tal motivo se han desarrollado diferentes métodos empíricos tales como ecuaciones que miden las mismas variables.

La FAO 1990 determinó universalmente el uso de la ecuación Penman-Monteith para la estimación de la ETo.

La ecuación de Penman-Monteith dice: Y

$$ET_o = \frac{\Delta(Rn - G)}{\lambda(\Delta + \gamma^*)} + \frac{\gamma^* Mw(e_s - e_a)}{R}$$

Donde:

ET_o = Evapotranspiración de referencia

Rn = Radiación Neta ($kw\ m^{-2}$)

G = Flujo Térmico del suelo ($kw\ m^{-2}$)

Mw = Masa molecular del agua ($0.018\ kg\ mol^{-1}$)

R = Constante universal de los gases ($8.3 * 10^{-3}\ KJ\ mol^{-1}\ kg^{-1}$)

K = Temperatura Kelvin ($273\ ^\circ K$)

$e_s - e_a$ = Deficit de presión de vapor de aire (kPa)

λ = Calor latente de vaporización del agua ($2450\ KJ\ kg^{-1}$)

r_v = Resistencia al flujo de vapor de agua de la cubierta vegetal (sm^{-1})

Δ = Pendiente de la función de presión de vapor a saturación ($Pa\ ^\circ C^{-1}$)

γ^* = Constante psicométrica aparente ($Pa\ ^\circ C^{-1}$)

- **Evapotranspiración de referencia (ETo).** Indica la cantidad de agua que se transfiere a la atmósfera de un suelo permanentemente húmedo cubierto por un cultivo de referencia, en sí va directamente en función con las condiciones ambientales. Este cultivo puede ser alfalfa o pasto completamente regado, en pleno desarrollo y en excelentes condiciones fitosanitarias. La Eto depende exclusivamente de condiciones del medio ambiente (temperaturas máximas y mínimas, radiación solar, humedad relativa, velocidad del viento).

Existen muchos diferentes métodos desarrollados a lo largo del tiempo, pero no todos se han aceptado en el campo de estudio por diferentes razones ya sea por su complejidad de cálculos, la necesidad de datos que casi nunca se tienen y por ser métodos demasiado empíricos ahora hablaremos de solo dos métodos para la estimación de la ETo siendo el Tanque Evaporímetro seleccionado por su simplicidad y el de Penman-Monteith por su aceptación universal y su soporte científico.

- **Evapotranspiración potencial de los cultivos. (ETp).** Es la Etp de un cultivo en función de su grado de desarrollo vegetativo y bajo condiciones de disponibilidad suficiente de agua, referente a las necesidades hídricas potenciales de un cultivo, en forma más sencilla se

define como la evapotranspiración que va en función directamente con el desarrollo del cultivo, es decir en que etapa de desarrollo se encuentra.

- **Evapotranspiración real (ETr).** como ya se mencionaron los tipos de evapotranspiración pasadas la ETr depende de los factores que rigen a las mismas tales como condiciones ambientales y desarrollo del cultivo además depende de otros factores como la humedad del suelo, los cuales son muy difíciles de estimar en el tiempo , por tal motivo la ETr se utiliza solamente para fines de evaluación o predicción de riego para el diseño se emplea la ETp.

Para la estimación de la ETr se emplean modelos como:

$$ETr = \frac{\psi_s - \psi_f}{R_{sf}} = \int_0^{Z_r} S_r \, dz$$

donde

ψ_s = Potencial hidrico del suelo

ψ_f = potencial de las hojas

R_{sf} = resistencia al flujo de agua

S_r = Superficie radicular especifica

Z = Profundidad

Z_r = Profundidad de raices

Dado a que hay variantes de la ecuación pasada que muchas de las veces no existen los instrumentos necesarios para poder obtenerlas y ya que en la practica se necesitan valores rápidos y precisos (Tanner 1967) denomino coeficientes de suelo (Ks) a aquellos modelos empíricos simples de las variables de los potenciales hídricos, resistencia al flujo y la superficie especifica llamados funciones F(ψs).para llegar finalmente a una ecuación para estimar la ETr :

donde:

Kc = funcion del cultivo

Ks = funcion del suelo

ET_o = funcion del clima

Cabe destacar como punto adicional que en el presente documento como parte de la información científica se menciona la ET_o, ET_p y. ETr, sin embargo no se utilizo ninguna de ellas en el diseño del sistema de riego, ya que se utiliza solamente la evapotranspiración o uso consuntivo.

2.15.2 Uso consuntivo

Se define en el uso práctico idéntico a la evapotranspiración siendo que solamente difiere por la inclusión del agua retenida en el tejido de la planta, sin embargo la cantidad máxima de agua retenida en la planta representa menos del 1% total del agua evapotranspirada del cultivo.

2.15.3 Coeficiente de cultivo (Kc)

Se le denomina a la relación que existe entre la ETp y la ETo ya que es muy difícil obtener esta relación por la complejidad de las ecuaciones y sus variables, se han determinado mediante mediciones experimentados

$$Kc = \frac{ETp}{ETo}$$

Donde:

ETp: evapotranspiracion potencial

Eto: evapotranspiracion de referencia

2.15.4 Precipitación efectiva (Pe)

Principalmente en las zonas donde las precipitaciones son considerables , contribuyen a cumplir con las necesidades hídricas de los cultivos, sin embargo no toda la precipitación es aprovechable por los mismos siendo factores como las condiciones físicas del suelo y el estado de la humedad del mismo suelo en el momento de la lluvia ,condicionan la cantidad aprovechable o bien la fracción aprovechable, a este factor se le conoce como Precipitación efectiva (Pe).

Dicha Precipitación efectiva (Pe) depende de factores tales como:

- Precipitación
- Intensidad de lluvia
- Velocidad de infiltración
- Condiciones de humedad del suelo al momento de la lluvia
- Capacidad de almacenamiento

Al evaluar estas variables al mismo tiempo demanda capacidades de calculo amplio bases de datos finas y el control de cada variable en periodos de tiempo muy cortos por los que el conocimiento de la Pe es de vital importancia para el pronostico de riego en tiempo real

$$Pe = f(HTU)[1.25P^{0.824} - 2.93]10^{.000955ETP}$$

Donde:

$$f(HTU) = 0.53 + 0.0116HTU - 8.94 * 10^{-5(HTU)^2} + 2.32 * 10^{-5(HTU)^2}$$

$$P = Precipitacion \frac{mm}{dia}$$

$HTU = \text{Humedad Aprovechable}$

$ETp = \text{Evapotranspiracion potencial del cultivo establecido} \frac{mm}{dia}$

En si la precipitación efectiva se puede estimar por medio de métodos empíricos para fines prácticos citando los mas confiables según FAO:

- Método Empírico FAO:

$$Pe = aP + b \quad \text{para } P < z \frac{mm}{periodo}$$

$$Pe = cP + d \quad \text{para } P > z \frac{mm}{periodo}$$

donde a, b, c, d y z son coeficientes de correlacion

- Método del SCS del USDA

$$Pe = P \left(125 - \frac{2P}{125} \right) \quad \text{para } P < 250 \frac{mm}{periodo}$$

$$Pe = 125 + 0.1P \quad \text{para } P > 250mm/periodo$$

2.15.5 Necesidades de riego en los cultivos

Se le conoce como la diferencia de las necesidades hídricas totales y las precipitaciones efectivas siendo que las necesidades hídricas es la ETp , uso consuntivo

La ecuación se describe de la siguiente manera:

$$NAR = \sum_{i=1}^n (ETpi - Pei)$$

donde:

$n = \text{numero de dias del periodo de desarrollo}$

2.15.6 Humedad aprovechable

Es conocido como la humedad útil o humedad total utilizable y que viene siendo la diferencia de la humedad en el suelo a capacidad de campo y la humedad en el suelo a PMP. El resultado de este va ser el producto de la profundidad radicular. Se define por la siguiente ecuación.

$$Lr = (\theta_{cc} - \theta_{pmp})P$$

donde

LR = lamina de riego (mm)

PR = profundidad radicular de la planta (mm)

2.15.7 Fracción del agua del suelo fácilmente disponible

Cuando vamos a diseñar un sistema de riego tenemos que tomar en cuenta la humedad aprovechable y como ya se explico anteriormente los factores que intervienen en tal son CC y PMP, siendo que no todas las especies tienen la capacidad de extraer dicha cantidad de agua, inclusive las hortalizas pueden morir antes de llegar a este punto

Por tal motivo se ha introducido un factor de carácter fisiológico, el cual es descrito para cada especie y que indica la fracción de humedad aprovechable en el cual el cultivo comienza a manifestar síntomas fisiológicos adversos (clorosis, disminución de crecimiento, rendimiento, marchites) a tal concepto se le nombra fracción de agua en el suelo fácilmente disponible.

Tabla 1-5

2.15.8 Intervalo de riego (ir)

En el diseño es el número de días entre dos riegos consecutivos, determinado por los siguientes factores:

- Suelo: Sus características físicas determinan la capacidad de almacenamiento del agua.
- Cultivo: Al fenómeno del abatimiento de la humedad disponible en el suelo, cada cultivo responde fisiológicamente diferente.
- Taza evapotranspirativa: es determinante para calcular los intervalos de riego, a mayor evapotranspiración, el intervalo de riego se acorta y viceversa. Para fines del proyecto se va a emplear la evapotranspiración potencial.
- Precipitación efectiva: esta afecta a los intervalos al aportar la humedad satisfaciendo las necesidades hídricas de los cultivos, ya que cuando hay precipitación los intervalos se alargan.
- Profundidad de las raíces: Determina la capacidad de almacenamiento del suelo susceptible a ser extraída por el cultivo en el periodo considerado.

Ecuación para determinar el intervalo de riego.

$$Ir = \frac{Lr}{(eTp - Pe)}$$

Donde:

Lr = Lamina de agua

Ir = Intervalo de riego

ETp = Evapotranspiracion potencial media en el periodo

Pe = Precipitacion efectiva

2.15.9 Calendario de riego

También llamado programación de riego y este consiste en la determinación de los intervalos de riego y laminas de riego correspondientes, así satisfaciendo las necesidades hídricas de los cultivos.

Se debe tomar en cuenta diferentes factores que afectan dicha programación como lo son:

- Determinación del periodo de desarrollo del cultivo, fechas (siembra y cosecha)
- Dividir el ciclo vegetativo en fases fenológicas de dicho cultivo.
- Calculo de la ETo y ETp, diciendo que la primera va en función del clima y necesidades hídricas y la segunda correspondiente a los Kc de cada periodo.
- Determinación de la humedad total aprovechable del suelo y la humedad fácilmente aprovechable.

2.16 Sistema de riego del proyecto

En México en los últimos cuarenta años se han desarrollado diferentes formas de sistemas de riego y aunque la actividad de la irrigación se viene practicando desde hace miles de años es decir desde la misma existencia del hombre (*García Casillas Ignacio Y Gregorio Briones Sánchez*) y siempre buscando la mejoría en la técnicas ya que desde el sistema más elemental y mas rustico a la par con lo antiguo de ahí partimos para la invención de nuevos sistemas.

Ya que todos tienen un fin común: ahorro de agua y eficiencia, existen métodos desarrollados para cada una de las regiones o bien para cada lugar específico tomando en cuenta el cultivo a irrigar. Cuando comienzan a surgir diferentes necesidades en el país, a partir de los años 60 se comenzó a observar por primera vez la problemática del agua y de ahí inicio la exploración para las diferentes soluciones a aplicar

El tema principal de este proyecto aparte de el diseño y elaboración de la presa para la solución de la escasez del agua como segundo punto el diseño de un sistema de riego en el proyecto es de la misma importancia, ya que si analizamos podemos ver que el recurso hídrico ya lo tenemos y ahora si tenemos que implementar la mejor opción para su aprovechamiento al 100% en el fin común, siendo así que hemos que tenido que hacer un balance o bien evaluación para elegir el sistema de riego mas apropiado tomando en cuenta diferentes factores principales y secundarios .

Siendo los primeros los que establecen las restricciones y disponibilidades necesarias (cultivo, región, clima), Después en las secundarias tenemos que observar diferentes parámetros como (compatibilidad, recursos económicos, limitaciones topográficas, características del suelo y abastecimiento de agua)

A continuación presentamos una evaluación mencionando los criterios pasados entre los diferentes sistemas de riego.

Cuadro 6. Evaluación de 3 sistemas de riego para cultivo de maíz forrajero (Diseño Y Evaluación De Sistemas De Riego Por Goteo Y Aspersión- García Casillas Y Briones Sánchez)

SISTEMA DE RIEGO	ASPERSIÓN	SUPERFICIE	LOCALIZADO
Subdivisión	Pivote central Side-roll	Surcos Melgas	Goteo Microaspersión Cintilla
Compatibilidad: con las demás operaciones agrícolas: Preparación de la tierra, operación de cultivo y siembra	Necesita el desmonte al 100% para que los equipos móviles puedan transitar libremente en las parcelas y no puede existir demasiados accidentes como zanjas ya que se podría atascar.	No existe mucha compatibilidad con las operaciones agrícolas ya que su operación no implica maquinaria solamente las compuertas dejando el área de siembra totalmente libre para su manipulación.	Hay cierta relación con las operaciones ya que solo los materiales de laterales regantes son las que restringen el terreno para sus labores culturales.(entrada de maquinaria al área de siembra).
Consideraciones económicas: los costos de cada sistema va en función con las necesidades del productor ya que existen variables como: costos fijos y costos anuales(energía,agua, depreciación,mantenimiento)	Inversión inicial muy costosa, por Ha, el mantenimiento y la operación generan costos mensuales (electricidad, técnicos) aparte de la inversión inicial, principalmente cultivos forrajeros (alfalfa, maiz,avena,sorgo,trigo)	No requiere de gran inversión inicial ya solo se nivelan las tierras buscando la pendiente adecuada (maquinaria \$/hora). En la operación requiere de mano de obra, mientras mas grande es la superficie mayor es el requerimiento de mano de obra ya que hay que abrir y cerrar compuertas.	Su inversión inicial es costosa pero el costo de operación no requiere de mucha mano de obra ya que un solo hombre puede manejar el sistema .la duración del sistema va de 5-6 años.
Limitaciones topográficas: pendiente del terreno, diferencia de cotas (abastecimiento-cabezal de riego, nivel	Operan a pendientes del 20% o mayores Aspersión movible es ajustado a cualquier terreno. Pivote central, tiene	La operación va con una pendiente máxima de 2 a 6%	Este sistema puede operar bajo condiciones de pendiente mayores al 60%.

dinámico-nivel de superficie).Ubicación de caminos, carreteras, líneas de electricidad y gas. Ya que estos últimos factores limitan nuestro diseño al atravesarse en el plano.	que ser un terreno circular.		
Características del suelo: capacidad del suelo para retener el agua, velocidad de infiltración, profundidad efectiva del suelo, definen el mejor tipo de sistema es decir el más recomendable para su terreno.	Recomendado para suelos con poca retención de agua (arenas) donde hay capacidad de aplicar grandes volúmenes de agua ya que existe poca retención de humedad	En este tipo de sistema dependiendo del tipo de suelo vamos a dar función a nuestro calendario de riego cuánto regar y cuanto tiempo hacerlo.	Este sistema se adapta a la mayoría de los suelos ya que los arenosos pueden recibir frecuentes y ligeras aplicaciones de agua y un arcilloso le damos un intervalos de tiempo mayor con lamina controlada , midiendo su capacidad de infiltración
Fuente de abastecimiento de agua: los factores principales son: cantidad de agua, calidad de agua, tamaño del gasto, disponibilidad del agua.	Necesita una constante disponibilidad y gasto de aguas requeridas por el sistema ya que la mayoría son automatizados, por lo tanto no se acepta las limitaciones del agua, influye un poco la calidad del agua.	La podemos almacenar en un pila y en el momento del riego solo abrimos las compuertas, vamos en función del volumen que tenemos disponible. La calidad no afecta al sistema	Tenemos que disponer de agua constantemente Con buena calidad ya que este sistema es muy delicado por los orificios de los goteros, ya que si contienen materia orgánica o sales se pueden taponear.

Fuente:(Diseño Y Evaluación De Sistemas De Riego Por Goteo Y Aspersión- García Casillas Y Briones Sánchez)

Cuando ya analizamos todos estos parámetros de observación tenemos que definir que nuestro sistema, sea el más apropiado para el lugar y tomando en cuenta los siguientes factores locales del lugar de estudio:

Cuadro7. Características de la zona de estudio requeridas en la selección del sistema de riego.

Características	Definición
Tipo de cultivo	Maíz (separación entre planta 30cm)
Región-Vegetación.	Región centro de Coahuila y la vegetación es predominantemente matorral inerme y subinerme y de crasorosulifolius.
Clima	BSO hx', que se ubica dentro de los subtipos secos y semiáridos, con lluvias predominantes en el periodo de mayo-septiembre. De mucha intensidad y poca frecuencia.
Precipitación	Precipitación medio anual es de 310 mm.

Fuente de abastecimiento de agua	De la presa de almacenamiento en tiempo de lluvias constantes Q=100 lps. En época de seca, comienzan las restricciones ya que desde la última precipitación que se presente dependerá de volumen almacenado- volumen sustraído, evaporación e infiltración
Características del suelo:	El tipo de suelo es franco-limoso
Limitaciones topográficas:	El área de irrigación cuenta con una pendiente del 6%.
Consideraciones económicas:	El programa federal en conjunto con los campesinos del lugar van a desarrollar el proyecto ya que el factor económico es principal factor para determinar el sistema de riego, lo que se requiere es una alta inversión inicial y bajo costo de operación y mantenimiento.
Compatibilidad:	Se requiere de un tractor de 60 Hp para poder realizar las labores culturales por lo tanto tomamos en cuenta el ancho de las llantas para así poder determinar la separación entre hileras.

Una vez ya teniendo el análisis completo obtenendremos un resultado tomando en cuenta factores primordiales para la decisión como los que ya mencionamos decidimos que el sistema para nuestro proyecto será el sistema de riego por goteo ya que cumple con la mayor parte de las condiciones generales del proyecto.

Enfocándonos en los sistemas de riego presurizados en el país, principalmente en las zonas de bombeo profundo y principalmente aplicado a las hortalizas.

Por ello un sistema de riego es aquel donde se aplica agua filtrada dentro o sobre la superficie del suelo de manera individual y eficiente, actualmente estos diseños presurizados logran eficiencias de conducción del 98% de distribución del 95% y de aplicación igualándole a 95%, con coeficientes de uniformidad entre 80 y 90 %, por tal motivo son los riegos más recomendables y lógicamente eficientes para el ahorro del agua que es tan importante hoy en día. En la siguiente tabla se definen las ventajas y desventajas de un sistema de riego.

2.16.1 Ventajas y Desventajas

Cuadro 8. Ventajas y Desventajas del sistema de riego por goteo (Fuente: Evaluación Y Diseño De Sistemas De Riego Por Goteo Y Aspersión (García Casillas Y Sánchez Briones)

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ahorro de agua <ul style="list-style-type: none"> - Aplicada eficientemente y en el lugar de la zona radicular. ✓ Respuesta de cultivo. ✓ Ahorro de mano de obra ✓ Uso óptimo y ahorro en fertilizantes, pesticidas. ✓ Menos crecimiento de hierba ✓ Uso de agua salina. ✓ Buena penetración de raíces. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Altos costos de inversión inicial ✓ Haciendo un mal diseño se presentan problemáticas como: <ul style="list-style-type: none"> - Taponamiento de emisores - Salinización de zona radicular - Mala distribución de humedad

2.16.2 Componentes de un sistema de riego por goteo

- Emisores: Dispositivos hidráulicos para aplicar el agua en los cultivos, funcionando como orificios con flujo turbulento.
 - Goteros
 - Micro aspersores
 - Borboteaderos
 - Aspersores.

- Tuberías
 - a) Tuberías regantes: son aquellas que tienen integrados los emisores para riego, también conocidas como tuberías de salidas múltiples. Se clasifican en diferentes tipos de acuerdo a la aplicación del agua.
 - Tuberías regantes en goteo
 - Tuberías regantes de compuertas
 - Tuberías regantes en riego por aspersión

 - b) Tubería distribuidora: Son aquellas que suministran el agua a tuberías regantes funcionando como tuberías de salidas múltiples, usualmente siendo de PVC.

 - c) Tuberías de conducción: También llamadas tuberías principales y son las encargadas de transportar el agua desde la fuente de abastecimiento hasta las áreas de riego, siendo de PVC, asbesto cemento y de fierro.

- Sección de riego

Es el conjunto de tuberías regantes conexiones y distribuidores regulados por una sección de control autónomo.

- Cabezal de riego o de control

Tiene como función controlar, medir el gasto y presión del sistema de riego, o también dosificar los agroquímicos y filtrar el agua.

a) Equipos de control

- Medidores de gasto: Relaciona la velocidad de agua de la tubería y el agua de paso y puede ser de tipo:
 - a. Propela
 - b. Rotámetro
 - c. Placa de orificio
 - d. Tipo venturi
- Válvulas: son dispositivos de seguridad y de control de agua que abren y cierran conductos
 - a. Válvulas de seguridad
 - b. Válvulas de control
- Reguladores de presión: Regula el gasto que fluye en la tubería generando pérdidas de carga al reducir el área de paso del agua al recibir presiones mayores.
- Manómetros: Miden la presión en diferentes puntos del sistema principalmente la presión de operación, ya que el sistema debe operar bajo mencionado régimen continuamente supervisado

b) Dosificadores agronómicos: Sirven para aplicar fertilizantes fungicidas, herbicidas y soluciones, evitando taponamientos del sistema.

- Bombas fertilizadoras
- Inyectores por succión
- Dosificadores de tanque

c) Decantadores: Separa las partículas solidas dispersas en el liquido

- Decantador de tanque
- Hidrociclón

d) Filtros: Retiene partículas en suspensión que puede taponar el sistema de riego

- Filtro de maya
- Tanques
- Filtro de arena

2.17 Cinta utilizada en el proyecto . Aqua-traxx®

El modelo de la cinta es Aqua-Traxx® EA5081245-70

Fue utilizada en el proyecto ya que es ideal para la irrigación de los cultivos en línea con raíces poco profundas, de raíz media y cultivos en línea perenes.

- Características: es más fuerte, durable, eficiente ya que tiene resistencia y flexibilidad que permite una instalación fácil con mayor ahorro de tiempo y trabajo.
- Instalación: La doble banda azul debe estar dirigida hacia arriba para que la garantía tenga valor, puede ser enterrado.
 - a. Puede ser enterrado bajo acolchado negro o superficie, durante la instalación se debe evitar estirarla, cortarla, perforarla o causar daños.
 - b. En caso de presencia en el suelo de insectos mordedores se recomienda desinfectar el suelo antes de la instalación.
 - c. Para evitar oclusiones, es recomendable purgar las líneas principales y secundarias antes de conectar.
 - d. Si se entierra presurice la instalación de Aqua-Traxx® durante doce horas antes de comenzar el riego
 - e. Se recomienda montar ventosas de doble efecto en los colectores para evitar la aspiración de impurezas.
- Coeficiente de uniformidad. (Cu)

Evalúa las instalaciones del funcionamiento y para el diseño de nuevas instalaciones, en todo diseño es una condición que se impone y se determina por factores económicos, siendo que un Cu elevado exige mayor costo inicial, mientras que uno más bajo trae un mayor consumo de agua.

La causa más importante de la variación del caudal, es la variación de fabricación de los emisores y las diferencias de presión, se define de la siguiente forma:

$$CU = \left(\frac{1.27 CV}{\sqrt{e}} \right) \frac{q_m}{q_a}$$

donde:

CV = coeficiente de variacion de fabricacion del emisor

e = numero de emisores por cada planta

Q_m = caudal minimo de los emisores considerados

q_a = caudal medio de los emisores considerados

2.18 Diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego

En todo proyecto referente a la irrigación, siempre se comienza calculando las necesidades de riego de cultivo y de ahí se va desde las pérdidas de carga de las líneas regantes, tuberías secundarias, distribuidoras, cabezal de riego y así hasta la línea de conducción y la fuente de abastecimiento.

La presión de operación del sistema y las pérdidas de carga del mismo tienen que ser menores que la presión que disponible a utilizar la cual nos llega al cabezal de riego, ya que nosotros vamos a utilizar la gravedad tenemos que hacer el correcto balance para que nuestro sistema pueda funcionar.

2.18.1 Lamina de riego

A grandes rasgos el objetivo principal del diseño es conocer la dosis de riego (Lr) para suministrarlo en periodos de tiempo conocido como intervalos de riego.

$$Lr = et * Ir$$

Se puede usar intervalos de riego de uno a cinco días.

2.18.2 Volumen de agua requerido por la planta (Va)

Se obtiene con el producto del área de sombreado (As) y la lamina de riego (Lr). En los cultivos ornamentales y hortalizas esta es el área efectiva de terreno ocupado por el cultivo a cobertura vegetal completo. Por otra parte en los árboles frutales el área de sombreado considerada circular se estima a partir del área de la copa.

Este se obtiene dividiendo el Va entre las horas de operación del sistema en cada sub unidad

$$Va = \frac{As * et * IR}{Ea}$$

Donde =

Va = Volumen de agua requerido en el cultivo en $\frac{\text{litros}}{\text{planta}}$ o en $\frac{\text{litros}}{\text{m}^2}$

As = Área de sombreado en m^2 por planta

$$VA = (Sp * Sh) * \%As$$

donde =

Sp = separación entre plantas

Sh = Separacion entre hileras

$\%As$ = Porciento de area de sombreado del cultivo (para maiz 0.75, Javier Martinez Cortijo 2001).

Et = avapotransporacion pico en $\frac{mm}{dia}$

Ea = Eficiencia de aplicacion en decimales (uniformidad de emision * 0.90)

2.18.3 Intervalo de riego (Ir)

Se puede usar intervalos de riego de uno a cinco días en sistemas de riego localizado y calculamos con la formula:

$$Lr = Et * Ir$$

Lr = lamina de riego mm

Et = evapotranspiración de cultivo, mm/día

Ir = Intervalo de riego, días

2.18.4 Gasto requerido por planta

$$qa = \frac{As * et * IR}{To * Ea}$$

donde =

qa = gasto en $\frac{L}{H}$ a entregarse al cultivo a traves de los emisores

To = tiempo por subunidad en cada turno de operacion en horas.

2.18.5 Numero de emisores por planta y gasto de diseño

Hace referencia al número de goteos que uno debe colocar en cada planta para para entregar el volumen requerido, satisfaciendo así la demanda.

$$n = \frac{\text{Gasto requerido por planta } lr/hr}{\text{gasto nominal del emisor } lt/hr}$$

Una vez obteniendo el numero de emisores lo redondeamos en número entero y con dicho valor ajustamos el gasto del emisor

$$q \text{ (lt/hr)} = \frac{\text{gasto requerido por planta}}{\text{numero de emisores pot planta}}$$

2.18.6 Tiempo de riego:

Se estima de la siguiente manera:

$$Tr = \frac{Va * Ir}{Ne * qe}$$

donde:

Va = Volumen de agua requerido por el cultivo (Litros/sobreplanta)

Ir = Intervalo de riego

Ne: Numero de emisores por planta

Qe= Gasto del emisor (l/h)

3.- MATERIALES Y MÉTODOS

Cuadro 9. Concentrado de identificación zona de estudio

NOMBRE DE LA OBRA:	PEQUEÑA PRESA DE MAMPOSTERÍA
EJIDO BENEFICIADO:	SACRAMENTO
MUNICIPIO:	SACRAMENTO
ESTADO:	COAHUILA
INVERSIÓN:	\$2,627,192.49
FINALIDAD DE LA OBRA:	ALMACENAR Y DERIVAR EL AGUA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL Y MANANTIAL (196,801 m³)
PROGRAMA:	COUSSA

3.1 Propósito de la obra

El principal propósito de la obra hidrotecnia es almacenar parte de los escurrimientos generados en la cuenca de la sierra Agua Chiquita, para posteriormente derivarlos a un área de riego y así aprovecharla bajo riego a presión incrementando la producción forrajera de la región

3.2 Localización

La obra hidrotecnica se, ubica en la cabecera municipal de Sacramento Coahuila a 250 km de la capital del estado, Saltillo, Coahuila y a 45 km de Monclova por la carretera federal 30 a Cuatro Ciénegas Cuenta con una población de 3,000 habitantes de los cuales 217 son ejidatarios, cuenta con una superficie de 12,000 hectáreas, con las siguientes coordenadas:

Longitud Norte: 26°56'1.33"

Latitud Oeste: 101°44' 19.88

Altitud: 747 msnm

3.3 Vías de acceso

La distancia entre la localidad y el sitio del proyecto es de 9.3 km. El camino de acceso es de terracería en buenas condiciones, para llegar a Sacramento Coahuila tenemos que tomar la carretera a Piedras Negras No 57 llegando a Monclova nos cortamos rumbo a San Buenaventura y posteriormente llegamos a Sacramento con una distancia recorrida de 250 km de la capital.

3.4 Climatología

El clima de la región es BSO hx´, que se ubica dentro de los subtipos secos y semicálidos, con lluvias predominantes en el periodo de mayo-septiembre. El tipo de suelo es franco-limoso y la vegetación es predominantemente matorral inerme y subinerme y de crasorosulifolius. Precipitación medio anual es de 310 mm.

3.5 Temperaturas:

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

NORMALES CLIMATOLÓGICAS

ESTADO DE: COAHUILA DE ZARAGOZA

Periodo: 1951-2010

Estación: 00005171 SACRAMENTO

Latitud: 27°00'14" N.

Longitud: 101°43'28" W.

Altura: 1,275.0 MSNM.

Años de observación: 1950-2010

-Cuadro 10. Temperatura media para la región de Sacramento Coahuila (periodo 1951.2010)

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic
Temperatura media	13	13.2	8.9	21.2	22.9	23	23.5	21.4	19.5	16.5	12.6	18.7

3.6 Precipitaciones

Durante el período de 1961 a 2003 las estadísticas reportadas por el INIFAP de la precipitación media anual del municipio de Sacramento son de 310 mm anuales, registrándose normalmente en los meses de junio a septiembre.

3.7 Características ambientales

Vegetación

El ejido Sacramento presenta zonas accidentadas como lomerío y valle. En el lomerío la vegetación se caracteriza por el matorral micrófilo como la gobernadora, hojásén, hierba del burro, uña de gato y chaparro prieto. En el valle, la vegetación que se desarrolla es el matorral micrófilo inerme.

Uso de suelo

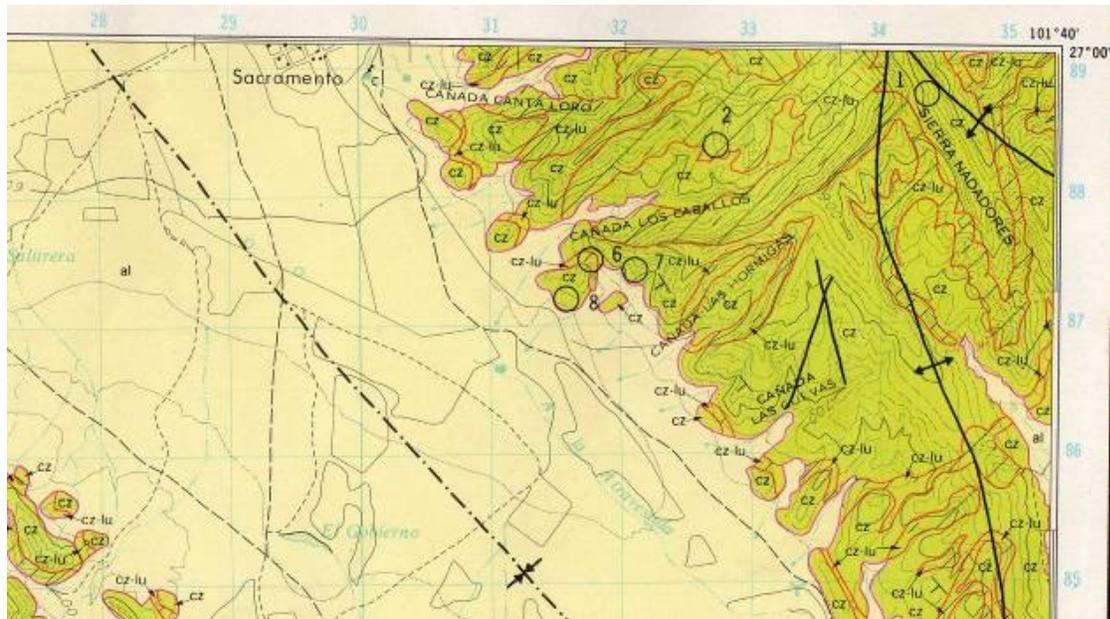


Figura 7. Uso del suelo en el ejido Sacramento

Uso potencial del suelo

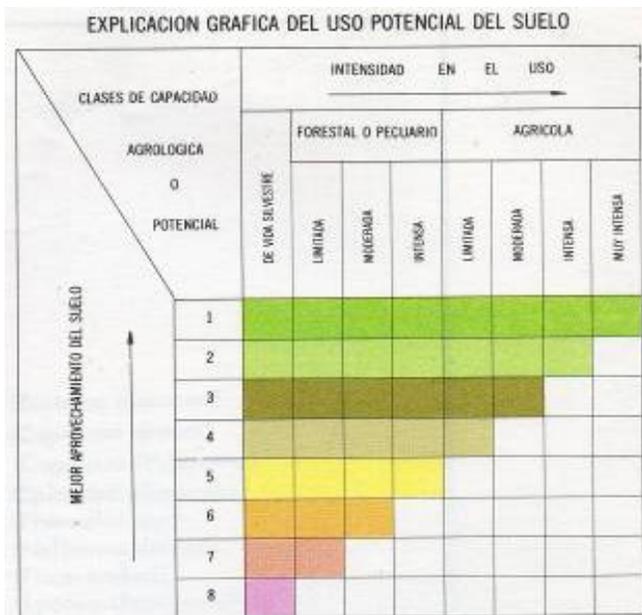
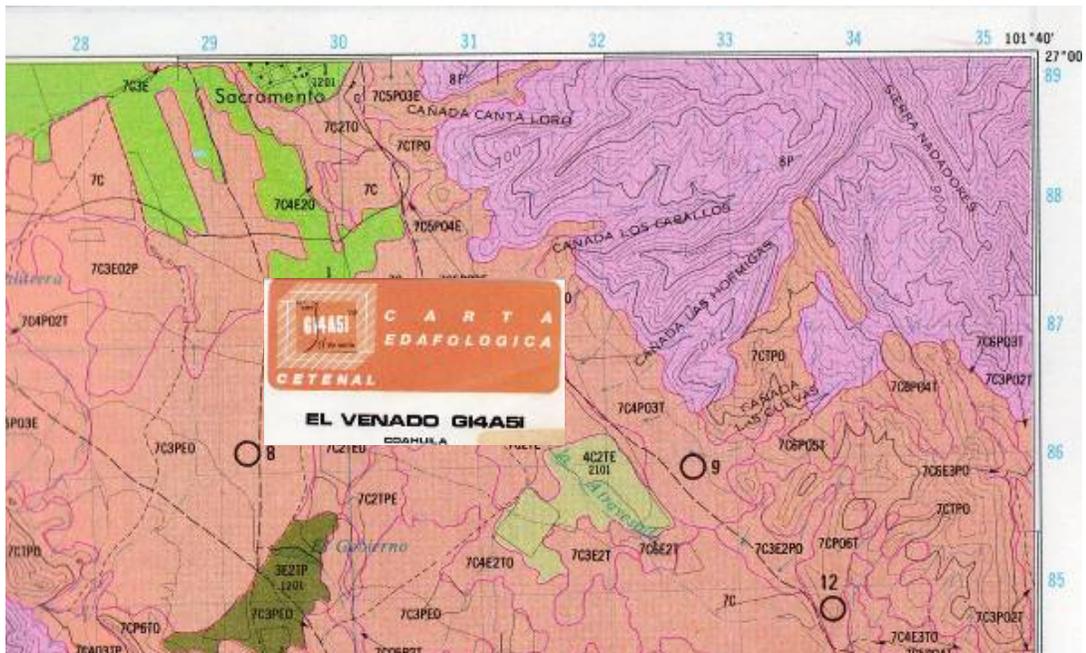


Figura 8 . Uso potencial del suelo en el ejido Sacramento

Edafología

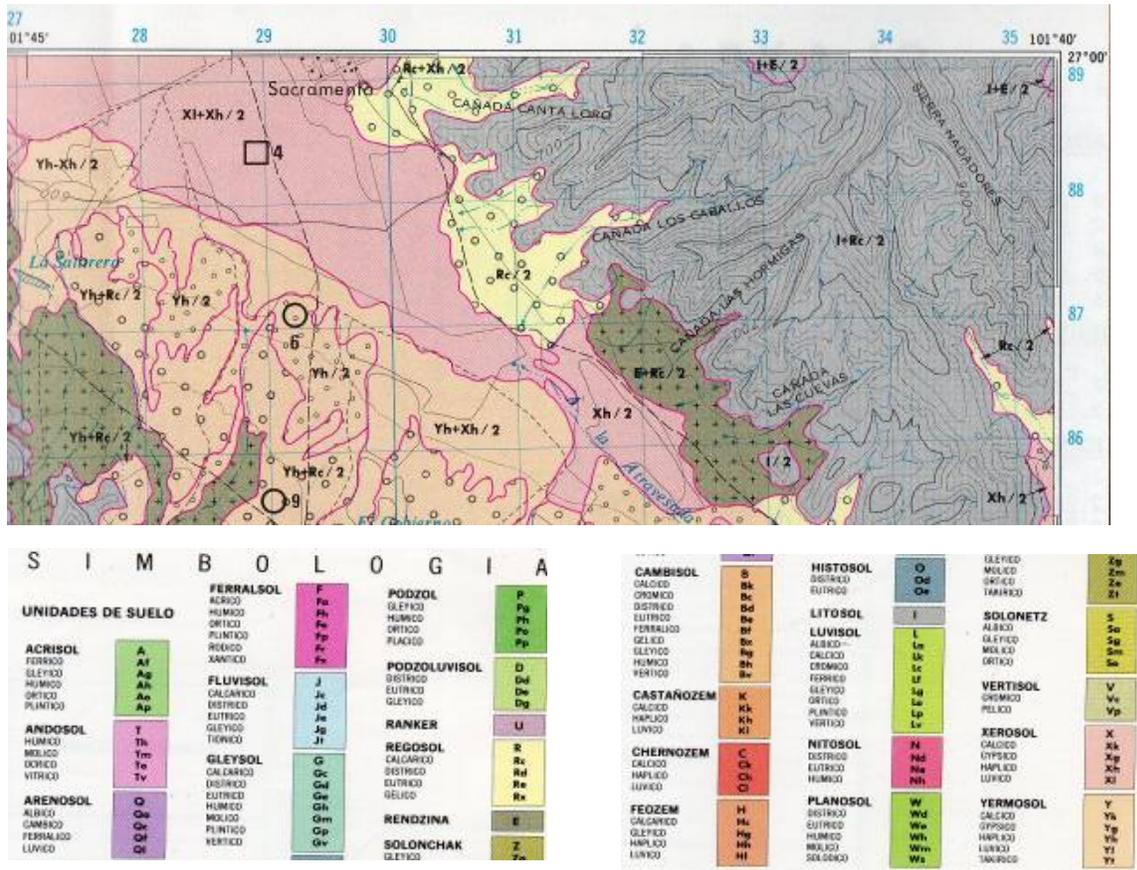


Figura 9. Carta edafológica del ej. Sacramento

3.8 Estudios hidrológicos

3.8.1 Cuenca hidrológica

La cuenca de nuestro proyecto fueron definidas mediante las cartas topográficas digitales del INEGI, en donde obtuvimos un área de 22.86 km² y sabiendo que su precipitación media anual es de 310 mm obtenemos un volumen anual de 7, 088,646 m³

Cuadro 10. Información técnica de la cuenca Agua Chiquita Sacramento Coahuila

Área de la cuenca	22.86 km² = 22,866,600 m²
Precipitación media anual	310 mm = 0.31 m
Volumen anual por lluvia precipitada	7,216,800 m ³
Coefficiente de escurrimiento	0.1 = 10%
Volumen anual escurrido	7,088,646 m ³
Volumen aprovechable	90% = 6,379,781.4 m ³

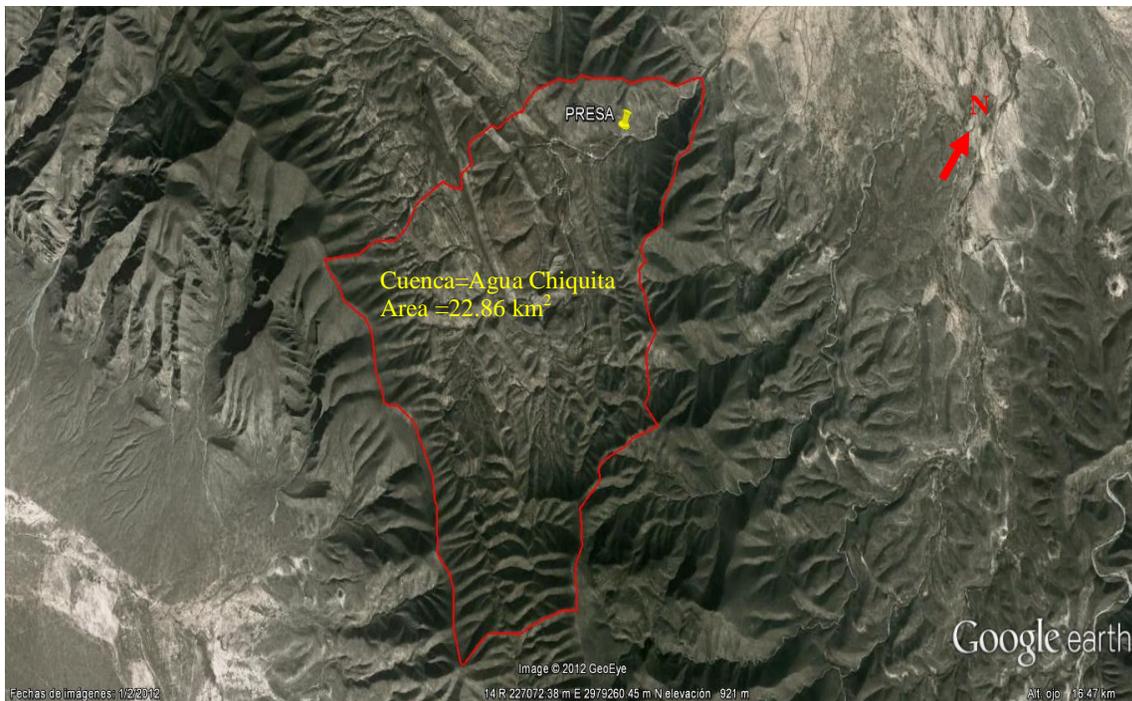


Figura 10 Cuenca Hidrológica del proyecto

3.8.2 Coeficiente de escurrimiento.

Para calcular el coeficiente de escurrimiento tenemos que saber variables como el área de la cuenca la precipitación media , el tipo del terreno que suelo es y la vegetación existente , para esto nos basamos en las cartas del INEGI como son la de topográfica, edafología y de uso de suelo para obtener los valores planteados. En los cuadros posteriores podemos ver los coeficientes en función a las características de las variables mencionadas Ec. para determinar el coeficiente de escurrimiento

$$ce = \left(\frac{ce}{Ac} + \frac{ce}{pm} + \frac{ce}{cv} + \frac{ce}{Gs} \right) / 4$$

Donde:

Ac: área de la cuenca.

Pm: precipitación media anual de la cuenca.

Cv: cobertura vegetal.

Gs: tipo de suelo.

Cuadro 11. Coeficientes de escurrimiento de la cuenca

Coeficientes de escurrimientos		
Coeficiente de escurrimiento Por área de cultivo.	área de la cuenca (Km ²)	$\frac{ce}{Ac}$
	Menor de 10	0.20
	11 a 100	0.15
	101 a500	0.10
Coeficiente de escurrimiento por precipitación.	Precipitación media anual (mm)	$\frac{ce}{pm}$
	Menor de 800	0 a 0.05
	801 a 1,200	0.06 a 0.15
	1,201 a 1,500	0.16 a 0.25
	Mayor de 1,500	0.35
Coeficientes de escurrimientos por cubierta vegetal.	Cubierta vegetal	$\frac{ce}{cv}$
	Bosque matorral	0.005 a 0.20
	Pastos y cultivos	0.01 a 0.30
	Sin vegetación	0.25 a 0.50
Coeficiente de escurrimiento por permeabilidad del terreno.	Grupos de suelos	$\frac{ce}{Gs}$
	Alta permeabilidad	0.05 a 0.25
	Moderada permeabilidad	0.15 a 0.30
	Baja permeabilidad	0.25 a0.60

Cuadro 12. Coeficientes de escurrimiento de la cuenca de estudio

Coeficiente de escurrimiento de la cuenca en estudio		
Descripción	Datos	Coeficiente de escurrimiento
Área de la cuenca	22.86 km ²	0.15
precipitación	310 mm.	0.04
Cubierta vegetal	Bosque matorral	0.12
Permeabilidad del terreno	Moderada permeabilidad	0.15

Ahora con los valores obtenidos de las tablas sustituimos en la ecuacion para obtener el coeficiente de escurrimiento.

$$ce = \left(\frac{ce}{Ac} + \frac{ce}{pm} + \frac{ce}{cv} + \frac{ce}{Gs} \right) / 4$$

$$ce = (0.15 + 0.04 + 0.12 + 0.15) / 4$$

$$ce: 0.46/4$$

$$ce: 0.115$$

Finalmente tenemos que el coeficiente de escurrimiento es de **0.115**.

3.8.3 Escurrimiento medio anual

Para el cálculo del EMA tomamos encuentra la precipitación media anual de la zona y el área de la cuenca y los datos los plasmaremos en la siguiente ecuación:

$$EMA = (A * Ce * pm)$$

Donde:

EMA= escurrimiento medio anual (m³)

Ce=coeficiente de escurrimiento

A= área de la cuenca (m²)

Pm= precipitación media anual (m)

$$\text{EMA} = (22,866,600 \text{ m}^2 * 0.31\text{m} * 0.115)$$

$$\text{EMA} = 815,194.29 \text{ m}^3$$

3.8.4 Cálculo del volumen 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 consta 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.

$$\text{Va esc} = (\text{ce} * \text{EMa})$$

$$\text{Va esc} = (0.115 * 815,194.29\text{m}^3)$$

$$\text{Va esc} = 93,747.34 \text{ m}^3$$

Donde:

Ce= coeficiente de escurrimiento

EMa= escurrimiento media anual (m^3)

3.8.5 Cálculo del volumen aprovechable media anual

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

$$\text{VAMA} = 0.7(\text{EmA})$$

$$\text{VAMA} = 0.7(815,194.29 \text{ m}^3)$$

$$\text{VAMA} = 570,636.00 \text{ m}^3$$

3.8.6 Avenida máxima.

En 1865 C.H. Dickens publico un artículo llamado Gasto de Avenidas de Ríos en donde planteo usar para el cálculo de las avenidas máximas la sig. Ecuación

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

Donde:

Q = Gasto del proyecto, en (m^3/seg)

A = Area de la cuenca en (km^2)

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

0.0139=factor de conversión y de homogeneidad de unidades

$$Q = 0.0139(300)(22.86)^{0.75}$$

$$Q = 43.59 \text{ m}^3/\text{seg}$$

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 ya que a diferencia de muchos otros autores esta ecuación relaciona la variable de la precipitación, de hecho de ahí viene el coeficiente " c " de la ecuación ya que los parámetros que establece es que da valores dependiendo de las precipitaciones y el tipo de suelo, a continuación se muestra la siguiente tabla.

Cuadro 13. La secretaría de comunicaciones y transportes propone los valores de "C" extraídos del Manual para ingenieros en carreteras de Harger y Bonney.

Características topográficas de la cuenca	Para precipitaciones de 10cm en 24 horas	Para precipitaciones de 15 cm en 24 horas
Terreno plano	200	300
Con lomerío suave	250	325
Con mucho lomerío	300	350

3.9 Diseño de la obra

3.9.1 Perfil de la boquilla

Obtuvimos el perfil de la boquilla de la presa mediante un levantamiento topográfico basado en el nivel analógico.

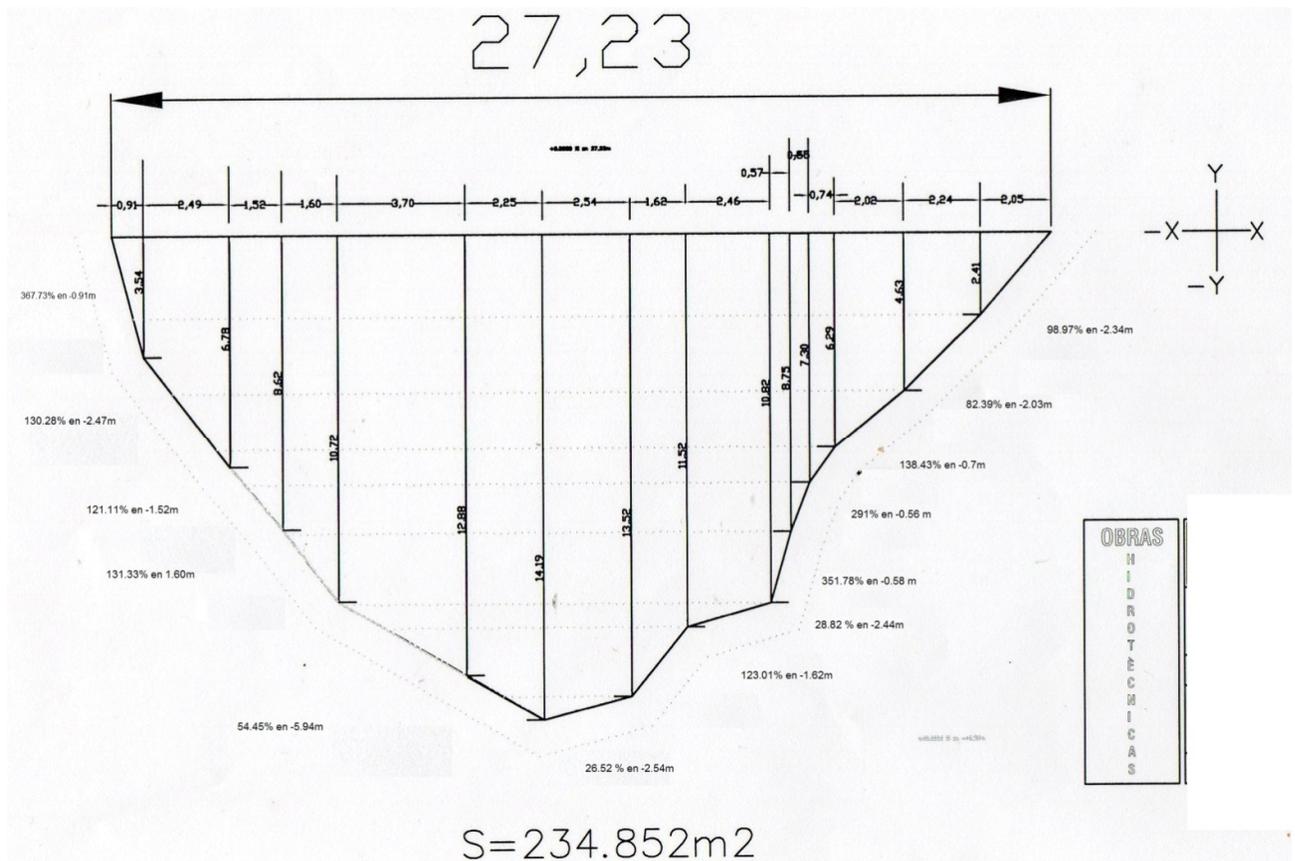


Figura 11. Perfil de la boquilla de la Presa

3.9.2 Vaso de la presa

Para obtener el vaso de la presa tenemos que hacer un levantamiento topográfico mediante el cual vamos tomando diferentes puntos y así hasta llegar a la misma cota que tiene nuestra cortina de la presa aguas arriba. Vista en planta del área de inundación del vaso de la presa Agua Chiquita.

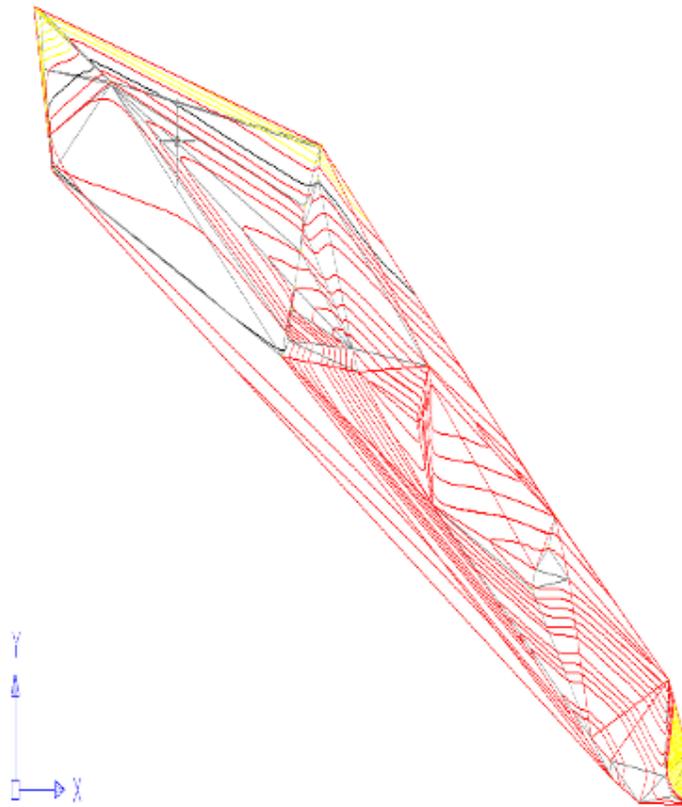


Figura 12. Vaso de almacenamiento de la presa.

Cuadro 14 .Áreas y volúmenes del vaso de almacenamiento de la presa Agua Chiquita.

No.	Cotas	Área (m ²)	Altura (m)	Volumen (m ³)	Σ volúmenes (m ³)
1	739	339.706	1	339.706	339.706
2	740	1,106.215	1	1,106.215	1,445.921
3	741	5,294.662	1	5,294.662	6,740.583
4	742	7,989.933	1	7,989.933	14,730.516
5	743	10,669.951	1	10,669.951	25,400.467
6	744	13,341.79	1	13,341.79	38,742.257
7	745	16,331.989	1	16,331.989	55,074.246
8	746	21,403.871	1	21,403.871	76,478.117
9	747	24,052.399	1	24,052.399	100,530.516
10	748	27,299.162	1	27,299.162	127,829.678
11	749	33,700.871	1	33,700.871	161,530.549
12	750	35,270.721	1	35,270.721	196,801.27

3.9.3 Capacidad de almacenamiento de la presa

La presa cuenta con una capacidad de almacenamiento de 196,801.27 m³, queda aclarar que este volumen no es el que tendremos todo el año ya que si decimos que es la capacidad de almacenamiento, las primeras veces perderemos mucha agua por evaporación y principalmente infiltración, hasta que se sature el suelo vamos a poder aprovechar el volumen almacenado en la presa, y durante la época de lluvias la presa bajara y elevara su nivel constantemente, lo que hay que cuidar es cuando termine la temporada de lluvias , ahí es donde habrá que cuidar el agua almacenada ya que tendremos que esperar hasta la siguiente temporada para la recarga de la presa a su capacidad total.

3.9.4 Diseño de la presa

Cuadro 15. Diseño de la presa

Longitud de la cortina	28.8 m
Ancho de la corona	1 m
Altura máxima	14 m
Elevación de la corona	749 msnm
Elevación de embalse máximo	749.86 msnm
Ancho de la base	10.5 m
Talud aguas arriba	0.0
Talud aguas abajo	0.59

3.9.5 Obras de excedencia

En este diseño de las aguas máximas sobre la cresta de nuestra presa tenemos que diseñar el vertedor de la presa en el cual calcularemos la maxima avenida que podria llegar a la cortina de la presa (NAME) y evitar que el agua ejerzca más presión hidrostática sobre la cortina y pueda derribarla.

3.9.6 Vertedor demasías

El vertedor para nuestra obra hidrotecnia, tenemos que diseñarlo para que sea capaz de desfogar un gasto máximo de 43.59 m³/seg y para esto:

$$Q = bm(2g)^{1/2}H^{3/2}$$

Donde:

m= coeficiente de gasto 0.48 cte de vertedor tipo Creager

b=ancho del vertedor (m)

H= carga excedente de agua

$$43.59 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} = 52\text{m} * 0.48\text{m}(2 * 9.81)^{1/2} * H^{3/2}$$
$$H = \left(\frac{43.59\text{m}^3 / \text{seg}}{110.55\text{m}} \right)^{2/3}$$

$$\mathbf{H= 0.54 m}$$

Este valor que obtuvimos de H quiere decir que es la altura por sobre la cresta de la presa ya que es la altura máxima que podría alcanzar en un evento extraordinario en función de los cálculos y la información.

3.9.7 Estimaciones de seguridad del muro de la presa

En este apartado tendremos que estimar ciertas variables que darán la estabilidad y la resistencia a nuestra presa que en este caso se cuenta como una obra hidráulica basada en un muro con un solo lado totalmente perpendicular al suelo y por el otro lado un vertedor demasías la altura de la presa consta desde el nivel del suelo hasta la parte más alta de la cresta 13m mas la obra de excedencia 0.54m total 13.54m.El peso especifico del material ciclópeo=2300kg/m³ y el del agua es =1000kg/m³.

3.9.8 Cálculo de estabilidad del muro

$$\mathbf{F_{R.P.H} = A_{D.P} * B}$$

Dónde:

A_{D,P}= área del diagrama de presiones

B = sección del muro de un metro de ancho

- Tenemos que el área del diagrama de presiones es:

$$\mathbf{A_{D,P} = (\gamma_{\text{agua}} * H)(H)}$$

$$A_{D,P} = \frac{\left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 12.5\text{m}\right)(0.54 \text{ m})}{2}$$

$$A_{D,P} = 6520 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Calculo de la fuerza resultante de la presión hidrostática.

$$\mathbf{F_{R.P.H} = A_{D,P} * B}$$

$$F_{R.P.H} = 6520 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 1\text{m}$$

$$F_{R.P.H} = 6520 \text{ kg}$$

$$F_{R.P.H} = 6.52 \text{ ton}$$

- Calculo del peso del muro (Pw) área:

$$A = \left(\frac{B + b}{2}\right)H$$

$$A = \left(\frac{(11.5 + 2)}{2}(13)\right)$$

$$A = 87.75\text{m}^2$$

- Volumen:

$$V=A*B$$

$$V = 87.75\text{m}^2 * 1\text{m}$$

$$V = 87.75 \text{ m}^3$$

- Peso del muro

$$pw = (v)(\gamma_{ciclopeo})$$

$$pw = (87.75\text{m}^3) \left(2,300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$$

$$pw = 200,000 \text{ kg}$$

$$pw = 200 \text{ ton}$$

3.9.9 Calculo de la fuerza resultante:

$$F_{R.P.H} = \frac{(H * \gamma_w) + \gamma_w(P + H)P}{2}$$

$$F_{R.P.H} = \frac{(0.54 * 1000\text{kg}/\text{m}^3) + 1000\text{kg}/\text{m}^3 (13\text{m} + 0.54\text{m})13\text{m}}{2}$$

$$F_{R.P.H} = \frac{(540\text{kg}/\text{m}^2) + 91 \text{ kg}}{2}$$

$$F_{R.P.H} = \frac{45,900\text{kg}/\text{m}^2}{1000}$$

$$F_{R.P.H} = 45.9 \text{ kg}/\text{m}^2$$

Con estos cálculos comprobamos que la presa nos va a poder contener la presión con la que llegue la avenida máxima en un solo evento, ya que tenemos:

$$P \text{ muro} = 200 \text{ ton} > F_{R.P.H} = 45.9 \text{ kg/m}^2$$

Y por lo tanto sabemos en forma práctica que $F_{R.P.H}$ es la fuerza con la que el agua golpea el muro y este tiene que aguantarla mediante el balance de fuerzas. Solo nos falta hacer el cálculo de la fuerza resultante del centro de gravedad de la presa que quede dentro de los 2/3 de la base total.

3.9.10 Obra de toma

La obra de toma del diseño de la presa la vamos a tener en la parte inferior del muro aguas abajo en donde tendremos dos salidas una de 4" y otra de 10 " ambas son de material Polietileno y tenemos dos medidas ya que la de 4" va a ser para la conducción hacia el pueblo o bien de medida emergente, y por otro lado tenemos la de 10" para poder satisfacer los requerimientos de riego.

La obra de toma se proyecta a la parte central del muro.

El gasto en la obra de toma se determina por la formula siguiente:

$$Q = A * V \text{ (m}^3\text{/seg)}$$

Tomando en cuenta la obra de toma representa un conducto cerrado, entonces el gasto máximo de desfogue es igual a:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} [(Hx2g/C)]^{0.5} \text{ m}^3\text{/seg} = 0.058 \text{ m}^3\text{/seg}$$

Donde:

$$\frac{\pi d^2}{4} = A \sim \text{área de la sección viva de la tubería}$$

$$[(Hx2g)/c]^{0.5} \sim \text{velocidad del agua en la tubería m/seg}$$

C~coeficiente de resistencia hidráulica

$$C = [1 + C_{ent} + C_v + (f_l)/d] = 4.985$$

Donde:

d - diámetro de la tubería en metros

$$C_{ent} = 0.5$$

$$C_v = 0.09$$

$$f = 0.03$$

$$l = 11.5 \text{ m}$$

$$d = 4 \text{ plg} = 0.1016 \text{ m}$$

$$H = 13 \text{ m}$$

$$Q = 0.058 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Q = 58 l/seg este gasto es para la tubería de 4" ahora le hacemos el análisis a la de 10"

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} [(H \times 2g / C)]^{0.5} \text{ m}^3/\text{seg} = 0.471 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Donde:

d - diámetro de la tubería en metros

$$\text{Cent} = 0.5$$

$$C_v = 0.09$$

$$f = 0.03$$

$$l = 11.5 \text{ m}$$

$$d = 10 \text{ plg} = 0.254 \text{ m}$$

$$H = 13 \text{ m}$$

$$C = [1 + \text{Cent} + C_v + (fl)/d] = 2.94$$

$$Q = 0.471 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Q = 471.95 lt/seg para la tubería de 10"

3.9.11 Cálculo de la longitud del salto de esquí

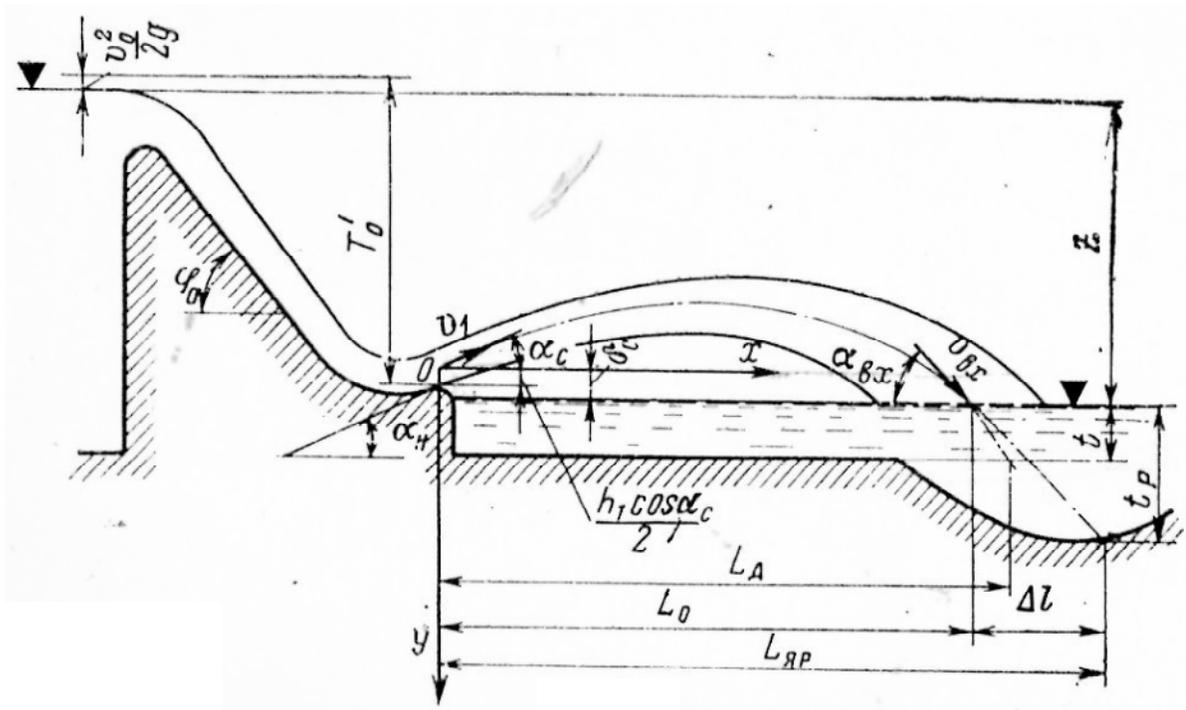


Figura 13. Esquema del salto de esquí.

$$l_o = \frac{v_1^2 \cos \alpha}{g} \left(\sin \alpha + \sqrt{\sin^2 \alpha + \frac{2gy}{v_1^2}} \right)$$

$$v_1 = \varphi \sqrt{2g(T'_o - 0.5h_1 \cos \alpha)}$$

$$\varphi = 1 - 0.0155 \frac{T'_o - H}{H}$$

$$T'_o = (11.36 - 0.36)m, m = 11m$$

$$H - \text{carga sobre el vertedor}; \quad H = 0.86m$$

$$\varphi = \left(1 - 0.0155 \frac{11 - 0.86}{0.86} \right) = 0.35 \quad \cos 10^\circ = 0.9848 \quad \sin 10^\circ = 0.01745 \quad 0.5 \cos \alpha = 0.4924$$

$$v_1 = 0.8172 \sqrt{2g \left(\sqrt{11 - 0.4924h_1} \right)} = 3.6195 \sqrt{11 - 0.4924h_1}$$

Cuando $h_1 = 1m$; $y = 0.5m$

$$v_1 = 11.73m / seg$$

$$\ell_o = \frac{(5.02)^2(0.9848)}{9.81} \left(0.01745 + \sqrt{(0.01745)^2 + \frac{2(9.81)(0.5)}{(5.02)^2}} \right) = 8.86m$$

Donde:

ℓ – Longitud de salto

φ – Coeficiente de velocidad

T_o – Es distancia vertical existente desde el nivel de la superficie (NAME) hasta la nariz del salto

Z – Es la distancia vertical existe desde la superficie de agua hasta el NAMO

α – Ángulo de inclinación a la salida de la nariz en el salto de esquí.

t – Tirante aguas abajo

3.10 Balance de volúmenes de presa y cultivo

Se estima que el maíz en su ciclo necesitara un total de 650 mm (*INIFAP*) en su ciclo de desarrollo de acuerdo a las características del lugar, así que si determinamos si el agua almacenada en la presa puede satisfacer las necesidades del cultivo y hay que recordar que la presa actuara siempre cuando llegue a un déficit de agua por falta de las lluvias, es decir no le vamos a dar los 660mm al cultivo de la presa sino será de las precipitaciones mas la presa y el cálculo manifiesta lo siguiente:

Volumen captado en la presa > volumen requerido en el área de riego.

$$(Area\ cuenca\ (m^2) * lluvia\ esperada * Ce \geq Area\ del\ proyecto\ (m^2) * \left(\frac{ET_{maiz}}{Ef} \right))$$

donde :

$$area\ de\ la\ cuenca = 22,850,000m^2$$

$$lluvia\ esperada\ en\ el\ ciclo = 300\ mm$$

$$Ce = coeficiente\ de\ escurrimiento : 0.10$$

$$area\ del\ proyecto = 1,000,000\ m^2$$

$$Ef = eficiencia\ del\ sistema\ de\ riego = 90\%$$

$$Et \text{ maiz} = 350 \frac{mm}{dia}$$

La Et se obtendrá mediante el cálculo de en el ciclo el maíz necesita 650 mm en la zona de Sacramento (INIFAP 2012) y si esperamos una lluvia de 300 mm, basándonos en los datos que nos arrojaron las bases de datos hacemos la relación siguiente:

$$650mm - 300mm = 350mm$$

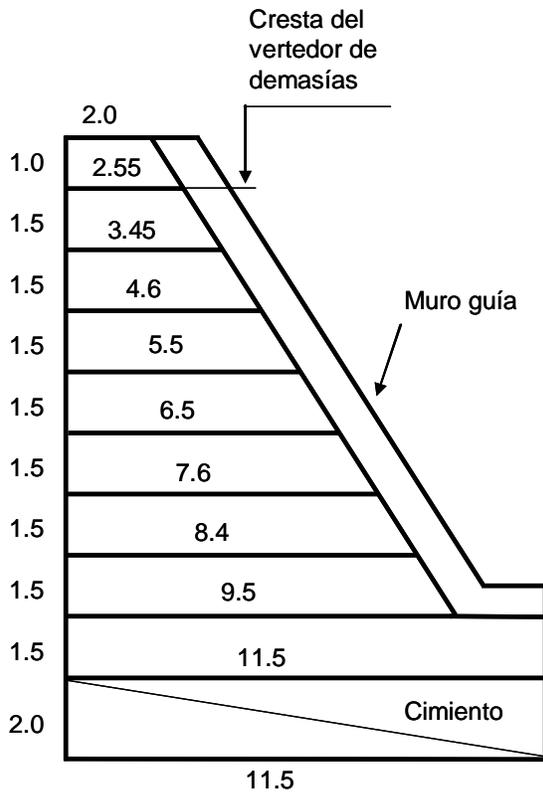
Los 350 es el dato que introduciremos en la formula

$$22,850,000m^2 * 0.300m * 0.10 \geq 1,000,000m^2 * \left(\frac{0.350m}{0.90}\right)$$

$$799,000m^3 \geq 388,888.88m^3$$

3.11 Diagramas de diseño

Corte transversal de la cortina y volúmenes



A (m ²)	L (m)	V (m ³)	V _{integrado} m ³	%
3.41	24.0	81.84	1600.034	100.0
4.5	42.5	191.25	1518.194	94.89
6.03	26.5	159.795	1326.944	82.93
7.57	24.5	185.465	1167.149	72.95
9.0	22.0	198.0	981.684	61.35
10.57	18.5	195.545	783.684	48.98
12.0	16.6	199.2	588.139	36.76
13.42	14.2	190.564	388.939	24.31
17.25	11.5	198.375	198.375	12.4
11.5	11.5	132.25	Cimiento	
0.75	32	24	2 muros guía	

$$V_T = 1,756.28 m^3$$

$V_T =$ Volumen total de la presa

Figura 14. Corte transversal de la corina y volúmenes.

Vista de aguas abajo de la presa Sacramento

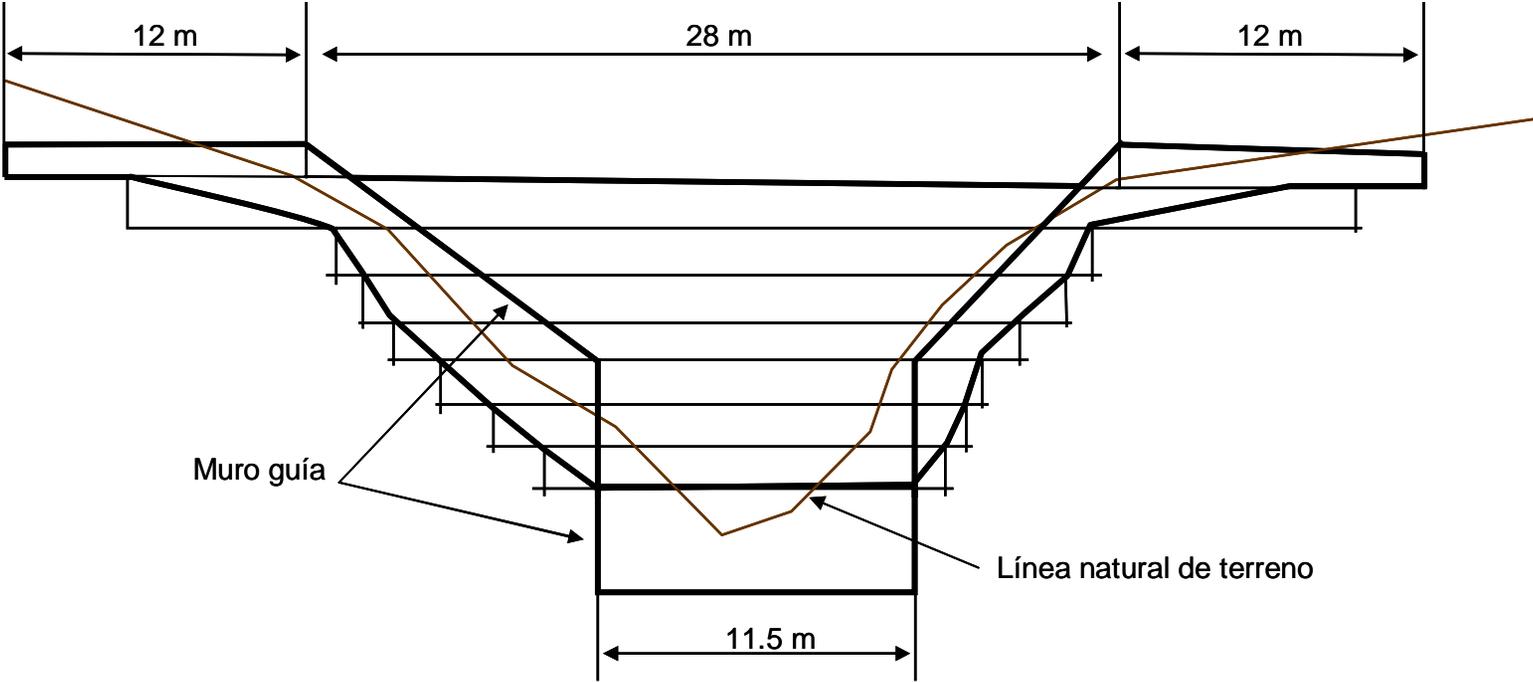


Figura 15. Vista de agua abajo de la presa

VISTA EN PLANTA DE LA PRESA SACRAMENTO

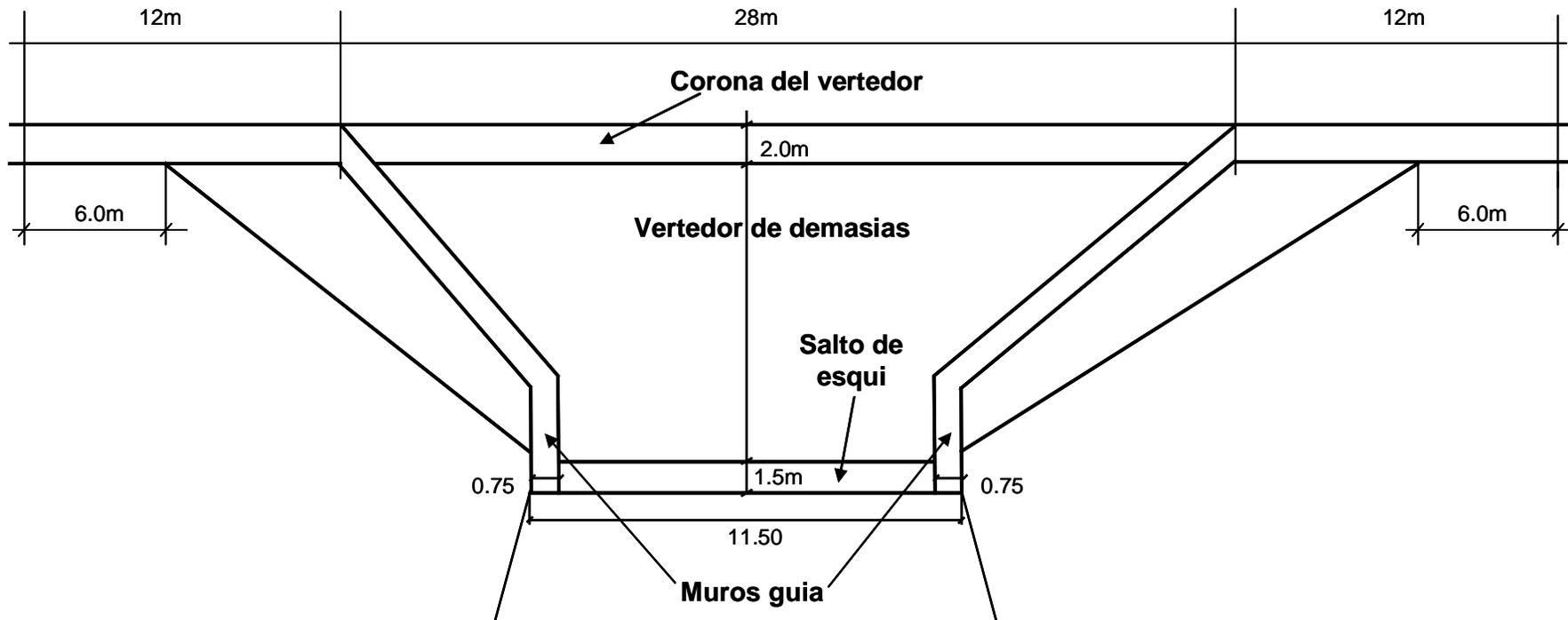


Figura 16. Vista en planta de la presa Sacramento.

Esquema de obra de toma de la presa de mampostería Sacramento

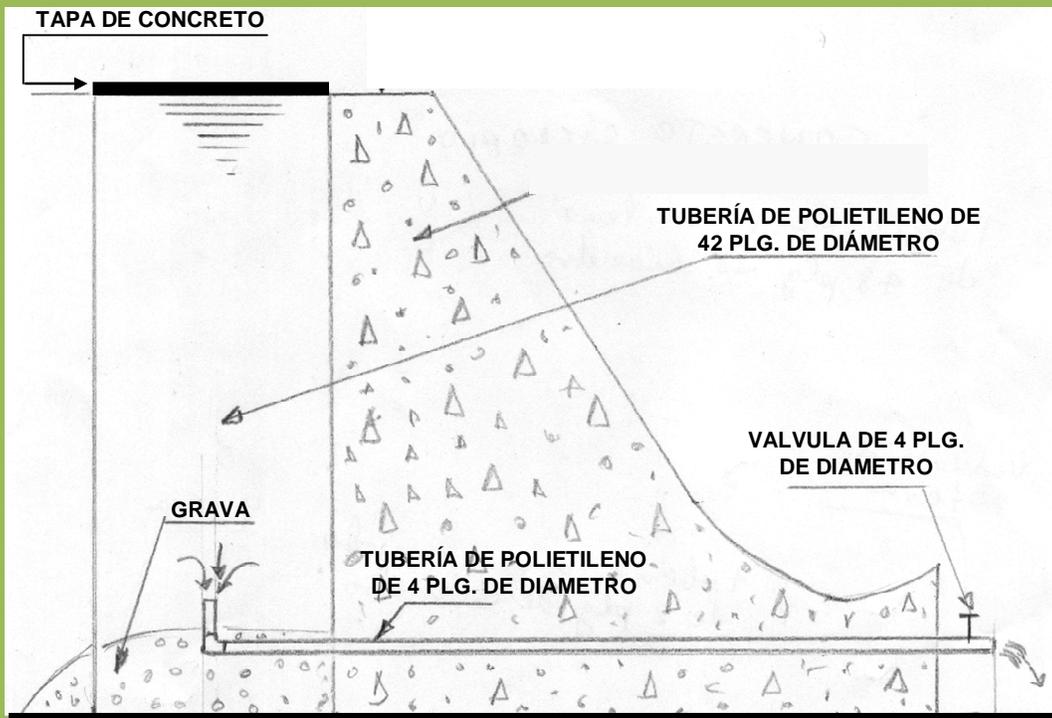


Figura 17. Esquema de obra de toma de la presa de mampostería en Sacramento.

3.12 Diseño de la línea de conducción

Para hacer el diseño de la línea de conducción se tuvo que crear el perfil topográfico para ver pendiente, longitud y otros factores que impactan técnica y económicamente a nuestro proyecto.



Figura 18. Plano de línea de conducción con su perfil topográfico.

Perfil de la línea de conducción de la obra de toma de la presa a la pila de almacenamiento.

Los cálculos de gasto (Q) los vamos a obtener mediante la ecuación de Hazen-Williams así como lo de las pérdidas.

Ecuación de Hazen-Williams

$$Hf = \frac{1.21 * 10^{10}}{D^{4.87}} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * L * F$$

Ya que no conocemos ni el gasto teórico ni las pérdidas, presentamos los siguientes datos de la tubería

Cuadro 16. Datos técnicos de la línea de conducción

Datos	Medidas
Longitud de tubería	2300 m
Diámetro	259.7mm
Gasto	Desconocido
Perdidas	63 m diferencia de cotas
Material	Pvc c=150

Primero tuvimos que calcular el gasto en función las pérdidas de 61 m diferencia de cotas de la fuente de abastecimiento de agua (presa) al cabezal de riego el cálculo se hizo con la ecuación de Hazen-Williams mediante un programa codificado por un servidor, el cual presento:

Cuadro 17. Calculo del gasto de la línea de conducción.

CALCULO DE GASTO					
Tramo	Perdidas (m)	Longitud (m)	Material(pvc)	Diámetro (mm)	Gasto Ips
Línea conducción	63	3300	150	259.7	137.9482335

Ya con la información que nos arrojó la primera ecuación vamos a calcular las pérdidas tomando que el gasto es de 137.9482335 Ips

Cuadro 18. Calculo de las pérdidas de carga en la línea de conducción.

CALCULO DE PERDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN DE LA TUBERÍA POR HAZEN-WILLIAMS					
Tramo	Caudal (Ips)	Longitud (m)	Material(pvc)	Diámetro (mm)	Perdidas (m)
Conducción	137.9482335	3300	150	259.7	59.6285435

Estas pérdidas son más exactas que las estimadas solo por la diferencia de cotas así que calcularemos el gasto real de la tubería con las perdidas obtenidas de 59.6285435 m.

Cuadro 19. Calculo gasto real en la línea de conducción..

CALCULO DE GASTO (lps) DE LA TUBERÍA POR HAZEN- WILLIAMS					
Tramo	Pérdidas (m)	Longitud (m)	Material(pvc)	Díámetro (mm)	Gasto lps
Línea conducción	59.6285435	2740	150	259.7	136.264814

El gasto final que obtuvimos en la tubería de 10 " es de 136.264814 lps. y así tenemos el diseño de la tubería de pvc se recomienda que vaya enterrada ya que es material de PVC y el ambiente lo dañará con el paso del tiempo y así sería una manera de protegerlo.

Cabe mencionar que no se recomienda bajar todo el gasto teórico que obtuvimos , ya que las perdidas pueden ser enormes y por lo tanto hay que hacer el diseño con menor gasto , ya se vera mas adelante

4.- RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Diseño del sistema de riego

Cuadro 20. Información técnica del cultivo..

Información del cultivo	
Información del sistema de riego	Riego por goteo
Cultivo	Maíz
Fecha de siembra	01 de Mayo
Fecha de Cosecha	01 de Noviembre
Días a la madurez fisiológica	180
Separación entre plantas	0.30 m
Separación entre hileras	1.80 m
Método de siembra	Doble hilera

Fuente: Diseño de Cesar Palacios para el sistema de riego

4.2 Coeficiente de cultivo (Kc)

Los coeficientes del Kc se determinan por medio de tablas ya establecidas los cuales van en función del desarrollo del cultivo

Cuadro 21 Coeficiente de Kc (FAO (Fasciculo No.2 Tabla 28Kc Cultivo))

Mes	Coeficiente Kc
Mayo	0.40
Junio	0.40
Julio	0.8
Agosto	0.8
Septiembre	1.15
Octubre	0.75

Como el Kc mas alto es el del mes de septiembre tambien ese lo tomamos para el diseño ya que es el que se manifiesta mas critico.

Kc= 1.15

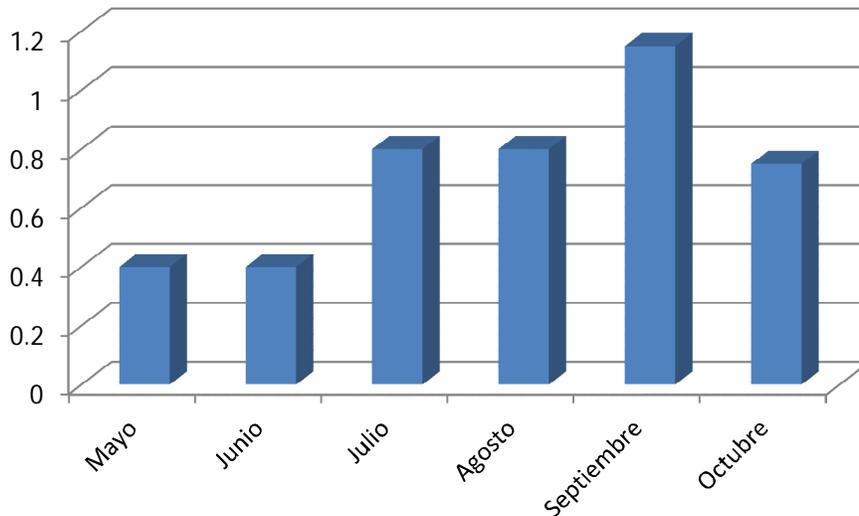


Figura 19 Coeficientes del Kc del ciclo en el maíz forrajero para la zona de Sacramento Coahuila

4.3 Determinación de la evapotranspiración del cultivo

Como ya se mencionó en la revisión de literatura existen métodos para la estimación de la evapotranspiración, siendo que usaremos dos tipos de métodos para determinar la evapotranspiración y así poder hacer una comparación usaremos el método de Penman-Monteith-FAO mediante el uso de las estimaciones de instituto nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas Y Pecuarias (INIFAP).

Ya que el INIFAP cuenta con estaciones agroclimáticas distribuidas en el país y bien en el estado, sus investigaciones van al día y ellos ya tienen calculada la Etpcultivo o real siendo que me proporcionaron únicamente el dato de la Etpcultivo del maíz para el año 2010 (ultima estimación) para Sacramento Coahuila.

el valor obtenido es el valor en la etapa más crítica de requerimientos de agua del cultivo, y al diseñar nuestro sistema de riego este será capaz de satisfacer el cultivo en su periodo crítico.

Cultivo=Maíz.

ETcultivo= 7.05 mm/día

Por otro lado utilizamos el método de Blaney-Criddle para determinar la evapotranspiración, ya se menciona en la revisión de literatura las ecuaciones y cálculos para dicha estimación y aquí presento los resultados:

Cuadro 22. Calculo de la Evapotranspiración por el método de Blaney-Criddle

Mes	Duración	Temperatura	$(T+17.8)/21.8$	P	F	Kt
Mayo	1	21.2	1.7889908	9.4	16.81651376	0.8998528
Junio	1	22.9	1.8669725	9.32	17.40018349	0.9527976
Julio	1	23	1.8715596	9.52	17.81724771	0.955912
Agosto	1	23.5	1.8944954	9.13	17.29674312	0.971484
Septiembre	1	21.4	1.7981651	8.32	14.96073394	0.9060816
Octubre	1	19.5	1.7110092	8.03	13.73940367	0.846908
					98.03082569	

Cuadro 22. Calculo de la Evapotranspiración por el método de Blaney-Criddle (Continuacion)

Eto (f*kt)	Kc	Etmensual mm	ET/Dia(Etmen/#dias)	ET acum	Mes
15.13238699	0.4	69.84178613	2.252960843	69.841786	31
16.57885307	0.4	76.51778338	2.550592779	146.35957	30
17.03172089	0.8	157.2158851	5.071480166	303.57545	31
16.80350919	0.8	155.1093156	5.170310521	458.68477	30
13.55564575	1.15	179.8729917	5.80235457	638.55776	31
11.63601088	0.75	100.696248	3.356541601	739.25401	30
		739.25401			

Fuente: Diseño método de Blaney-Criddle

Por lo tanto nos arroja como resultado una ETcultivo máxima = **5.80235457 mm/día**

Para el proyecto vamos a tomar como tenemos dos evapotranspiraciones del cultivo y no varían mucho sacamos la media de ellas y decimos

INIFAP 7.05+ Blaney-Criddle 5.8=12.85

12.85/2=6.45.

Por lo tanto la ETcultivo máxima para el diseño que tomaremos será

ETcultivo=6.46mm/día

4.4 Precipitación efectiva

Cuadro 23. Calculo de la Precipitación Efectiva por el método de Blaney-Criddle

PP(mm)	PP efectiva	RRmen = Etmes-PPef	RR acumulada	$K=(1/1.53)*(Ppmes/(Etmes/.8))$
27.3	21.2490973	48.59268885	48.59268885	0.7783552
41.3	36.1643264	40.35345698	88.94614583	0.8756495
50.3	36.8190156	120.3968695	209.3430153	0.7319884
40.4	28.0017276	127.107588	336.4506033	0.6931121
51.1	36.2071669	143.6658247	480.1164281	0.7085551
25	17.1286179	83.56763013	563.6840582	0.6851447
235.4	175.569952	563.6840582		

Fuente: Diseño de Cesar Palacios para el sistema de riego

Volumen requerido por ciclo 563.6840582 mm y al convertirlo en volumen nos da :
0.5636840582 m y lo multiplicamos por el área:

$$0.5636840582 \text{ m} \times 10,000 \text{ m}^2 = 5,636.84 \text{ m}^3/\text{ciclo}/\text{Ha}$$

Ahora sacamos el volumen de todo el ciclo:

$$\text{volumen del ciclo} = 0.5636840582 \text{ m} \times 1,000,000 \text{ m}^2$$

$$\text{volumen del ciclo} = 563,648.05 \text{ m}^3/\text{ciclo}$$

Lo comprobamos mediante la ecuación:

$$\frac{563,648.05 \text{ m}^3/\text{ciclo}}{5,636.84 \text{ m}^3/\text{ciclo}/\text{Ha}} = \mathbf{100.00 \text{ Ha}}$$

4.5 Uso consuntivo del maíz

Cuadro 24. Uso consuntivo del maíz forrajero en la región de Sacramento Coahuila.

Cultivo	Coefficiente De Cultivo	Evapotranspiración De Los Cultivos Et (mm/día)	Uso consuntivo del maíz
Maíz	1.15	6.46	7.42

Fuente: Diseño de Cesar Palacios para el sistema de riego

Cuadro 25. Características del área de riego en Sacramento Coahuila.

Área De Riego	
Área (Ha)	100
Área bajo riego (Ha)	95 ya que 5 se pierden en caminos y brechas
Separación entre plantas (m)	0.30
Separación entre hileras (m)	1.80
Pendiente	0.06

Fuente: Diseño de Cesar Palacios para el sistema de riego

Cuadro 26. Características de la fuente de agua

Datos de la fuente de agua	
Caudal disponible	100 lps
Disponibilidad	Siempre
Fuente	Presa de almacenamiento de la cuenca Agua Chiquita
Calidad de agua	Calidad optima para agricultura

Fuente: Diseño de Cesar Palacios para el sistema de riego

Cuadro 27. Datos del cultivo

Tabla Datos del cultivo	
Nombre	maíz
Kc crítico o de máxima demanda	1.15
ETcultivo a su máxima demanda (mm/día)	7.42
Abatimiento a Humedad disponible (%)	50
Profundidad radicular (m)	0.90

Fuente: Diseño de Cesar Palacios para el sistema de riego

Cuadro 28. Datos del suelo

Datos del suelo	
Textura del suelo	Franco-arcilloso
Humedad Capacidad de Campo (%)	31
Humedad a Punto de Marchitez Permanente (%)	16
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.21
Velocidad de infiltración básica (mm/h)	10
Profundidad efectiva (m)	0.55

Fuente: Diseño de Cesar Palacios para el sistema de riego

4.6 Tiempo de operación por sección de riego

Dado el diseño del sistema de riego tenemos 4.175 Ha por subunidad y tenemos un uso consuntivo 7.42 en su periodo más crítico de necesidad de riego, por lo tanto vamos a determinar el tiempo de riego con dicho valor de uso consuntivo.

$$\text{Área} = 41,750 \text{ m}^2$$

$$\text{Uso consuntivo} = 7.042 \text{ mm} \text{---} 0.007042 \text{ m}$$

$$\text{Separación entre surcos} = 1.80 \text{ m}$$

$$\text{Largo del surco} = 167 \text{ m}$$

$$\text{Numero de laterales por área} = 138$$

$$\% \text{ de área de sombreado} = 100 \left(\frac{1.20 * 167}{1.80 * 167} \right) = 66.67\%$$

$$\text{Volumen de agua requerido} = (41,750 \text{ m}^2 * 0.67 * .007042) = 207.55 \text{ m}^3 / \text{dia por sección}$$

$$= 207,555.95 \text{ lt/dia/sección}$$

$$= 207,555.95 / 138 = 1,504.02 \text{ lt/dia/cintilla}$$

$$Q_{\text{lateral}} = 521 \text{ lt/h}$$

$$\text{tiempo de riego} = (1,504.02 \text{ lt/dia/cintilla} / 0.90) / 521 \text{ lt/h}$$

$$T_o = 2.59 \text{ h (2 horas 35 min)}$$

4.7 Diseño de operación del sistema de riego

Nuestro sistema operara de la siguiente manera:

Nos basaremos en el tiempo de riego obtenido en el periodo crítico de cultivo es decir cuando existe el mayor requerimiento de evapotranspiración para determinar los tiempos de riego del cultivo.

Cuadro 29. Tiempo de riego

Mes	Intervalo de riego (días)	ETPcultivo(mm)	To (hrs)	Hrs-min	Tiempo ajustado (hrs)
Mayo	3	2.25296084	0.78641086	0-47	1
Junio	3	2.55059278	0.890301253	0-53.4	1
Julio	3	5.07148017	1.770233643	1.0-47	2
Agosto	3	5.17031052	1.804731031	1.0-48	2
Septiembre	3	7.42	2.59	2-35.4	3
Octubre	3	3.3565416	1.171623012	1.0-10.2	1

Fuente: Diseño de Cesar Palacios para el sistema de riego

Es decir que cuando reguemos lo haremos por sección en cada sección habrá 4 válvulas de las cuales vamos a abrir 2 por turno y duraran abiertas el tiempo en función del mes (desarrollo vegetativo del cultivo), la distribución de las secciones será de la siguiente manera:

Cuadro 30. Relación de las secciones, válvulas y rutas de riego del sistema

SECCIONES	VÁLVULAS	RUTAS DE RIEGO
3 Y 6	A-B-C-D	1
2 Y 5	E-F-G-H	2
1 Y 4	I-L-J-K	3
3 Y 6	M-N-Ñ-O	1
2 Y 5	P-Q-R-S	2
1 Y 4	T-U-V-W	3

Fuente: Diseño de Cesar Palacios para el sistema de riego

Cuadro 31. Tiempo de riego en cada mes e indicación de las aperturas de las válvulas para cada sección.

MAYO (Kc=0.4)		JUNIO(Kc=0.4)		JULIO (Kc=0.8)	
DISTRIBUCIÓN DE HORARIOS EN LAS VÁLVULAS		DISTRIBUCIÓN DE HORARIOS EN LAS VÁLVULAS		DISTRIBUCIÓN DE HORARIOS EN LAS VÁLVULAS	
HORARIO	ABRIR	HORARIO	ABRIR	HORARIO	ABRIR
00:00-1:00	I-L-T-W	00:00-1:01	I-L-T-W	00:00-1:01	I-L-T-W
1:00-2:00	J-K-U-V	1:00-2:01	J-K-U-V	1:00-2:01	J-K-U-V
2:00-3:00	P-R-E-G	2:00-3:01	P-R-E-G	2:00-3:01	P-R-E-G
3:00-4:00	Q-S-H-F	3:00-4:01	Q-S-H-F	3:00-4:01	Q-S-H-F
4:00-5:00	M-Ñ-A-C	4:00-5:01	M-Ñ-A-C	4:00-5:01	M-Ñ-A-C
5:00-6:00	N-O-B-D	5:00-6:01	N-O-B-D	5:00-6:01	N-O-B-D

Fuente: Diseño de Cesar Palacios para el sistema de riego

AGOSTO (Kc=0.8)		SEPTIEMBRE (Kc=1.15)		OCTUBRE (Kc=0.75)	
Distribución de horarios en las válvulas		Distribución de horarios en las válvulas		Distribución de horarios en las válvulas	
HORARIO	ABRIR	HORARIO	ABRIR	HORARIO	ABRIR
00:00-1:02	I-L-T-W	00:00-1:03	I-L-T-W	00:00-1:04	I-L-T-W
1:00-2:02	J-K-U-V	1:00-2:03	J-K-U-V	1:00-2:04	J-K-U-V
2:00-3:02	P-R-E-G	2:00-3:03	P-R-E-G	2:00-3:04	P-R-E-G
3:00-4:02	Q-S-H-F	3:00-4:03	Q-S-H-F	3:00-4:04	Q-S-H-F
4:00-5:02	M-Ñ-A-C	4:00-5:03	M-Ñ-A-C	4:00-5:04	M-Ñ-A-C
5:00-6:02	N-O-B-D	5:00-6:03	N-O-B-D	5:00-6:04	N-O-B-D

Fuente: Diseño de Cesar Palacios para el sistema de riego

Todas las demás válvulas permanecen cerradas.

A continuación presentamos una tabla comparativa de los resultados del diseño agronómico desarrollados por el Software IRRYD (Tesis por Miguel Antonio Tirzo Junio del 2012).

INFORMACIÓN GENERAL	DATOS TÉCNICOS
Evapotranspiración Referencial (ETo)	130 mm/mes
Coeficiente del cultivo (Kc)	0.7
Capacidad de campo (Cc)	32%
Punto de marchites Permanente (Pmp)	16%
Densidad Aparente (Da)	1.12 gr/cm ³
Nivel Agotamiento Permisible (NAP)	1%
Profundidad del suelo segun la planta a sembrar (cm)	900 mm
Evapotranspiración del cultivo (ETc)	7.4 mm/Día
Lamina de Riego (LR)	16.13 mm
Eficiencia de Aplicación (Ea)	95%
Conductividad Eléctrica del agua de riego (CEi)	1 mmhos/cm
Conductividad Eléctrica del extracto de saturación del suelo (CEs)	2.5 mmhos/cm
Eficiencia de lavado (f)	85%
Coeficiente de Uniformidad (CU) en (%)	90
Necesidades de lavado (LR)	0.39
Factor de lavado o Percolación (KL)	0.39
Necesidades brutas o Totales (Nb)	5.52 mm/Día
Dosis bruta (Db) :	29.38 mm
Intervalo de Riego (IR)	3 Días
Presión nominal del emisor:	6 mca
Orificio de salida ó Diámetro del goteo (D) :	0.1 mm
Caudal nominal del emisor	1 lph
Coeficiente de variación del proceso de fabricación:	0.05
Separación de goteros en línea (Se):	30 cm
Separación entre surcos ó hileras (SL)	1.80 m
Porcentaje del Suelo mojado (% P)	75%
Exponente de la carga de presión (x)	0.1991 Autocompensante
Área del marco de Plantación (SL x Se)	0.54 m ²
Radio mojado (Rm)	0.17 m
Área mojado del emisor (Ame)	0.09 m ²
Número de emisores / m ²	8.33 Emisores/m ²
Área por emisores (m ² /Emisores)	0.12 m ² /Emisores
Separación máxima entre los goteros en línea (Se):	0.40 m
Condición máxima del solape obtenido (%)	160%

Dosis práctica de riego (Dp)	29.38 mm
Volumen de agua que emitirá un emisor por m2	2.98 Litros
Tiempo de riego por los 3 Días	15.86 Horas
Tiempo de Riego por Día	9.0 Horas
Número de subunidades de riego (N°)	24 Subunidades

4.8 Diseño hidráulico

En este apartado vamos a obtener la información hidráulica de todo el sistema primero tenemos que comenzar como calcular las pérdidas de cada sección para saber cuál es nuestra presión de operación del sistema vamos a hacer 3 análisis ya que como son 6 secciones con 4 subunidades cada una y dado que vamos a tener abiertas 4 válvulas por turno y estas están aleatoriamente dispersas en toda el área vamos a tener 3 diferentes rutas y por lo tanto tendremos 3 análisis ya que cada ruta tiene sus pérdidas y tenemos que estar seguros que en todas son menores que la presión que tenemos en el cabezal y para eso utilizamos la ecuación de Hazen-Williams para calcular las perdidas, conocemos todos los datos y estos se introdujeron a una hoja de cálculo de Excel codificada por un servidor y a continuación mostramos los resultados.

Cuadro 32. Cálculo De Pérdidas De Carga Por Fricción de la ruta 1 (critica)

Cálculo De Pérdidas De Carga Por Fricción de la ruta 1 (critica) Por Hazen- Williams						
Tramo	Gasto (lps)	Longitud (m)	Material(pvc)	Diámetro (mm)	Pérdidas (m)	Factor f
Cinta de goteo	0.155	165	150	15.87	2.945371573	0.351
Distribuidora	20	250	150	109	3.041949435	0.351
Subprincipal	20	375	150	160	2.005113046	1
Principal 8"	80	334	150	208.4	6.425421336	1
Principal 8"	40	167	150	208.4	0.889946836	1
Principal 6"	40	334	150	160	6.447058541	1
Principal 6"						
Filtros					5	1
Inyectores					0	
Válvulas					1	
				H=	27.75486077	

Fuente: Diseño de Cesar Palacios para el sistema de riego

Las pérdidas que tengo totales en el sistema son de **27.75 mca.** Estos cálculos son de la región crítica es decir de una sola sección. Cabe destacar que en la cinta de

goteo y en la tubería distribuidora vamos a introducir el factor $F=0.351$ siendo que son de salidas múltiples en los demás se multiplica por 1 ya que son tuberías cerradas, las pérdidas de los filtros son propuestas por la experiencia en campo (Sánchez Briones).

Determinamos la carga dinámica total

$$CDT = Pa \pm \Delta z + \sum Hf + Hf_{filtros} + Hf_{valvulas}$$

$$CDT = 31.17m - 34m + 31.22m$$

$$CDT = 28.49mca$$

Diseño de la ruta 2

Cuadro 33. Cálculo De Pérdidas De Carga Por Fricción de la ruta 2

Cálculo De Pérdidas De Carga Por Fricción De La Ruta 2 Por Hazen- Williams						
Tramo	Gasto (lps)	Longitud (m)	Material(pvc)	Diámetro (mm)	Pérdidas (m)	Factor f
Cinta de goteo	0.155	165	150	15.87	2.945371573	0.351
Distribuidora	20	250	150	109	3.041949435	0.351
Subprincipal	20	375	150	160	2.005113046	1
Principal 8"	80	167	150	208.4	3.212710668	1
Principal 8"	40	333	150	208.4	1.774564649	1
Principal 6"	40	167	150	160	3.223529271	1
Filtros					5	1
Inyectores					0	
Válvulas					1	
H=					22.20323864	

Fuente: Diseño de Cesar Palacios para el sistema de riego

$$CDT = Pa \pm \Delta z + \sum Hf + Hf_{filtros} + Hf_{valvulas}$$

$$CDT = 31.17m - 34m + 22.2032m$$

$$CDT = 19.90 mca$$

Diseño de la ruta 3

Cuadro 34. Cálculo De Pérdidas De Carga Por Fricción de la ruta 3

Cálculo De Pérdidas De Carga Por Fricción De La Ruta 3 Por Hazen- Williams						
Tramo	Gasto (lps)	Longitud (m)	Material(pvc)	Diámetro (mm)	Pérdidas (m)	Factor f
Cinta de goteo	0.155	165	150	15.87	2.945371573	0.351

Distribuidora	20	250	150	109	3.041949435	0.351
Subprincipal	20	375	150	160	2.005113046	1
Principal 8"	40	500	150	208.4	2.664511485	1
Principal 8"	0	0	0	0	0	1
Principal 6"	0	0	0	0	0	0
Filtros					5	1
Inyectores					0	
Válvulas					1	
				H=	16.65694554	

$$CDT = Pa \pm \Delta z + \sum Hf + Hf_{filtros} + Hf_{valvulas}$$

$$CDT = 31.17m - 34m + 16.66m$$

$$CDT = 14.36 mca$$

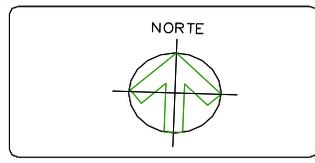
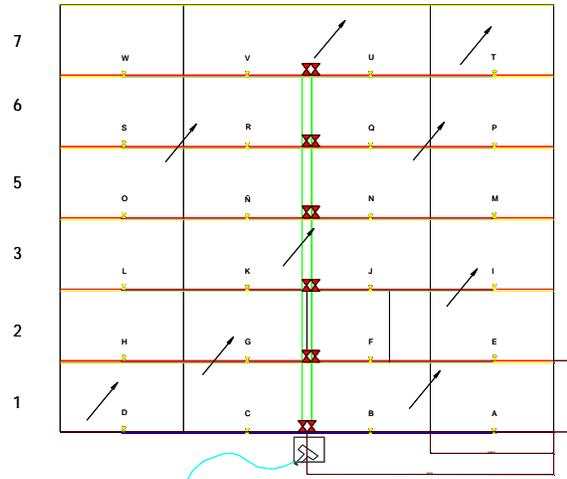
Ahora hacemos el balance de las perdidas del sistema total

Cuadro 35. Carga Dinámica Total del sistema completo vs Presión en el cabezal de riego.

Ruta	CDT (m)	Balance	H cabezal (entrada del sistema) m
1	28.49	<	31.7
2	19.90	<	31.7
3	14.36	<	31.7

PLANO GLOBAL DE PROYECTO PRESA
DERIVADORA, LINEA DE CONDUCCIÓN Y
SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EJ.
SACRAMENTO, SACRAMENTO COAHUILA.

VALVULAS		
SECCION	VALVULAS	RUTA
3 y 6	A-B-C-D	1
2 y 5	E-F-G-H	2
1 y 4	I-L-J-K	3
3 y 6	M-N-Ñ-O	1
2 y 5	P-Q-R-S	2
1 y 4	T-U-V-W	3



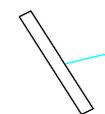
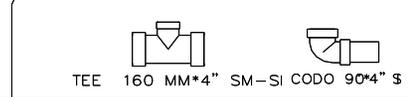
CARACTERISTICAS TECNICAS DEL PROYECTO
 Tipo de Sistema: RIEGO-POR-GOTEO-EN-MANCUERA
 Nombre del Lugar: EJ. SACRAMENTO, SACRAMENTO COAHUILA
 Localidad: SACRAMENTO, COAHUILA
 Representante o Proprietario: MAIZ... FORRAJERO
 Superficie a Riegar: 100-00-00
 Cultivo(s) Propuesto(s): PRESA DE ABASTECIMIENTO
 Punto de Abastecimiento: OOTERO-BOT.-DESAR.-J-TURBO-KEYPLUS
 Modelo del Emisor: 1.02-LPH
 Costo del Emisor: 100LPS

DATOS DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO
 Diametro de Obra de Toma: 10"
 Costo: 100LPS

Simbologia

SIMBOLOGIA

- CINTILLA
- DISTRIBUIDORA PVC 4"
- SUBPRINCIPAL PVC 6"
- PRINCIPAL PVC 8"
- LINEA DE COND. PVC 8"
- PURGANTE PVC 2"
- VALVULA CRUCEROS SENCILLOS
- PURGA
- FLUJO DE LA CORRIENTE
- VALVULA CRUCEROS DOBLES TUBERIA PRINCI.



<p>Crucero Sencillo</p> <p>DETALLE CRUCERO SENCILLO</p>	<p>Crucero Doble</p> <p>DETALLE CRUCERO DOBLE</p>	<p>Válvula liberadora de aire</p> <p>VALVULA ADM. Y EXP. DE AIRE AL 2"</p>
--	--	---

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO	
NOMBRE DEL PROYECTO: CONSTRUCCION DE SISTEMA DE RIEGO POR LOCALIZADO PARA UN AREA DE 100-00-00 HAS PARA MAIZ FORRAJERO, SIMMETRICO POR PRESA DERIVADORA, Y LINEA DE CONDUCCION	
UBICACION: SACRAMENTO COAHUILA	SCALE: 1:500
TIPO DE SISTEMA: LOCALIZADO	FECHA: 15/06/2012
DISEÑO: CESAR EDUARDO PALACIOS MIRALES	SUP. TOTAL A REGAR: 100000 Has.

4.9 Ingeniería Financiera

4.9.1 Rendimiento y costos en el mercado del maíz forrajero

Haciendo la referencia al estudio realizado en la laguna tendremos los siguientes resultados de rendimientos de la producción en materia seca.

Cuadro 36. costos de producción en una hectárea para maíz forrajero (materia seca)

Costos de producción en una hectárea	
Acción	Costo
Barbecho	\$ 600.00
Rastreo	\$ 400.00
Subsuelos	\$ 600.00
Maquinaria	\$ 300.00
Semilla 25 kg-\$20	\$ 541.00
Escarda	\$ 400.00
Herbicida 250 lt/ha	\$ 600.00
Aplicación de herbicida	\$ 350.00
Fertilizante	\$ 600.00
Aplicación fertilizante	\$ 350.00
Corte y empaque	\$ 6,656.00
Total	\$ 11,397.00

Cuadro 37. Tabla de rendimiento de maíz (materia seca) por Ha , ingresado al mercado real

Tabla de rendimiento de maíz por Ha , ingresado al mercado real							
Área (ha)	Peso paca kg	Rendimiento kg/ha	Pacas	Precio	Utilidad	Costo de producción	Utilidad neta
1	28	18,354.00	655	\$ 55.00	\$ 36,052.00	\$11,397.00	\$24,655.00

Cuadro 38. Producción maíz en el área total de riego 100 Has (materia seca)

Producción maíz en el área total de riego 100 Has (materia seca)						
Área (ha)	Producción (kg/100 has)	Pacas en 100 Has	Precio x paca	Utilidad bruta	Costos de producción 100 Ha	Utilidad neta
100	1,835,400	65,550.00	\$ 55.00	\$ 3,605,250.00	\$1,137,900.00	\$2,467,350.00

En los resultados estamos jugando con el precio de la paca ya que eso es lo que cuesta la paca actualmente (mercado actual real), y así existen diferentes alternativas para poder obtener diferentes ganancias.

Ahora es recomendable hacer la comercialización y auto consumo del maíz forrajero en materia verde o también llamado silo ya que se presentan mejores producciones, mayor valor nutricional y mejor precio en el mercado.

Los costos de producción son los mismos, solo varía en la maquinaria utilizada para su cosecha o corte (ensiladora)

En la actualidad la producción va desde las 30-50 ton/ha (fuente datos reales productores e instituto del maíz 2012 (UAAAN)), ya que en el estudio hecho por fuentes que les presentamos en la revisión de literatura muestra rendimientos de 103,610 kg/ha, cosa que es una producción muy alta, tomaremos la producción de 40 ton /ha (basada en resultados con productores 2012) para hacer los cálculos financieros del proyecto.

Cuadro 39. Costos de producción en una hectárea de maíz (materia verde)

Costos de producción en una hectárea	
Acción	Costo
Barbecho	\$ 600.00
Rastreo	\$ 400.00
Subsuelos	\$ 600.00
Maquinaria	\$ 300.00
Semilla 25 kg-\$20	\$ 541.00
Escarda	\$ 400.00
Herbicida 250 lt/ha	\$ 250.00
Aplicación de herbicida	\$ 350.00
Corte y empaque	\$ 700.00
Fertilizante	\$ 600.00
Aplicación fertilizante	\$ 350.00
Acarreo	\$ 125.00
Melaza	\$ 50.00

Mano de obra trabajador	\$	10.00
Total	\$	5,276.00

Cuadro 40. Tabla de rendimiento de maíz (materia verde) por Ha , ingresado al mercado real

Tabla de rendimiento de maíz por Ha , ingresado al mercado real					
Área (ha)	Rendimiento ton/ha	Precio \$/ha	Utilidad	Costos de producción	Utilidad neta
1	40	\$ 1,200.00	\$40,000.00	\$ 5,276.00	\$ 42,725.00

Cuadro 41. Producción maíz (materia verde) en el área total de riego 100 Has

Producción maíz en el área total de riego 100 Has					
Área (ha)	Producción ton /100 ha	Precio por Ton/100ha	Utilidad bruta	Costos de producción 100 Ha	Utilidad neta
100	4,000.00	\$ 1,200.00	\$4,800,000.00	\$527,600.00	\$4,272,400.00

Analizando las tablas vemos grandes diferencias desde rendimientos, costos de producción y costos en el mercado, siendo que el producir maíz forrajero y comercializarlo como materia seca no va a ser de gran provecho, en cambio si se dedica a la producción de silo vamos a tener resultados sorprendentes y mas adelante con el análisis del VAN, Bf/c y TIR veremos los resultados económicos, para el pago del proyecto en un periodo de 10 años.

4.9.2 Descripción del presupuesto general de la presa

Construcción de presa de mampostería

Cuadro 42. Relación de agregados para un m³ de construcción de la presa de mamposteria

Concepto	U.m.	Cant.	P.u.	Importe
Cemento	Ton	0.17	2,400.00	408.00
Arena	M ³	0.7	420.00	294.00
Grava	M ³	0.6	300.00	180.00
Piedra bola	M ³	0.6	272.00	163.20
Total:				\$1045.20

Cuadro 43. Componente de mezclas para la construcción total de la obra (presa mampostería)

Agregados de componentes	Volumen m ³	Cemento Ton	Arena m ³	Grava m ³	Piedra m ³
	1,337.33	227.35	936.13	802.40	802.40

Cuadro 44 Fuente de financiamiento de la presa de mampostería. Ejido Sacramento, Mpio. Sacramento.

CONCEPTO	U.M.	CANT.	P.U.	IMPORTE	PROGRAMA	PRODUCTOR
Cemento	ton	227.35	2,400.00	545,640.00	545,640.00	0.00
Arena	m ³	936.13	420.00	393,174.60	393,174.60	0.00
Grava	m ³	802.40	300.00	240,720.00	240,720.00	0.00
Piedra bola	m ³	802.40	272.00	218,252.80	218,252.80	0.00
Mano de obra que considera: limpia y trazo, excavación para empotramiento y desplante de cortina, construcción de la presa	jornal	1,351.82	136.17	184,077.33		184,077.33
TOTAL:				1,581,864.73		

Construcción de desarenador de mampostería

Cuadro 45. Relación de agregados para un m³ de construcción del desarenador

CONCEPTO	U.M.	CANT.	P.U.	IMPORTE
Cemento	Ton	0.17	2,400.00	408.00
Arena	m ³	0.7	420.00	294.00
Grava	m ³	0.6	300.00	180.00
Piedra bola	m ³	0.6	272.00	163.20
TOTAL:				1045.20

Cuadro 46. Componente de mezclas para la construcción total de la obra (desarenador)

Agregados de componentes	Volumen m ³	Cemento Ton	Arena m ³	Grava m ³	Piedra m ³
	97.5	16.57	68.25	58.50	58.50

Cuadro 47. Fuente de financiamiento del desarenador de la presa Ejido Sacramento, mpio. Sacramento.

CONCEPTO	U.M.	CANT.	P.U.	IMPORTE	PROGRAMA	PRODUCTOR
Cemento	ton	16.57	2,400.00	39,768.00	39,768.00	0.00
Arena	m ³	68.25	420.00	28,665.00	28,665.00	0.00
Grava	m ³	58.50	300.00	17,550.00	17,550.00	0.00
Piedra bola	m ³	58.50	272.00	15,912.00	15,912.00	0.00
Mano de obra que considera: limpia y trazo, excavación para empotramiento, desplante y construcción de desarenador de mampostería.	jornal	169.37	136.17	23,063.11		
TOTAL:				124,958.11		

Cuadro 48. Fuente de financiamiento de la presa de mampostería. Ejido Sacramento, mpio. Sacramento. **Obra de toma y línea de conducción.** (2.6 km de longitud tubería de estrupack)

CONCEPTO	U.M.	CANT.	P.U.	IMPORTE	PROGRAMA	PRODUCTOR
Tubería de 4" de polietileno de alta densidad RD11 en tramos de 12.2 m (213 tramos)	M	2,600	60.00	156,000.00		
Coples de unión entre tubo y tubo	Piezas	213	534.00	113,742.00		
Válvula de alivio de aire incluye todas sus conexiones para tubo termofusionado	Lote	6	1,474.20	8,845.20		
Tubería de polietileno de 42" de diámetro	M	6.4	3,437.50	22,000.00		
Instalación de tramos de tubería	tramos	213	140.84	29,998.92		

termofusionados	
SUBTOTAL:	330,586.12
IVA:	52,893.77
TOTAL:	383,479.89

Cuadro 49. Fuente de financiamiento de la presa de mampostería. Ejido Sacramento, Mpio. Sacramento. Obra de toma y línea de conducción. (6.7 km de longitud tubería de PVC)

CONCEPTO	U.M.	CANT.	P.U.	IMPORTE	PROGRAMA	PRODUCTOR
Excavación de zanja para tubería de 60 cm de ancho por 1 m de profundidad	M	6,700	7.61	50,987.00		
Tubería de 4" de PVC RD26 cementado	m	6,700	57.00	381,900.00		
Instalación de tubería de PVC	M	6,700	4.47	29,949.00		
SUBTOTAL:				462,836.00		
IVA:				74,053.76		
TOTAL:				536,889.76		

4.9.3 Evaluación financiera VAN, B/C y TIR

Cabe mencionar que estamos haciendo dos evaluaciones de la comercialización del maíz forrajero, como materia seca (pacas de rastrojo) y como materia verde (ensilado). Para evaluar la rentabilidad del proyecto se hizo un estudio financiero proyectando los flujos de caja esperados durante el periodo de 10 años de operación bursátil.

La producción esperada de acuerdo a las referencias citadas es de 18,350 kg /ha de materia seca o bien rastrojo a un precio en el mercado de \$1.96 kg y de 40,000 kg/ha a un precio de comercialización de \$1.20 kg.

Para trabajar este proyecto se trabajó con una tasa de interés del 13 % para proyectos agrícolas, se consideró el fondo de subsidio que ofrece la dependencia FIRA para proyectos de infraestructura Hidroagrícola, que consiste en apoyar 50% de la inversión total de personas físicas y morales (CNA), dedicadas al desarrollo de los recursos hidráulicos.

Flujo de Efectivo, se estimaron colocando el año 0 al presupuesto del proyecto o cotización del sistema completo (presa, línea de conducción, sistema de riego), del año 1-10 se registraron los ingresos esperados menos los costos de la producción.

El factor de descuento se estimó aplicando la fórmula de interés compuesto para pagos simples de valor futuro esperado

Factor de descuento = (P/F, n, i) fórmula en Excel.

$$\frac{P}{F}, n, i = (1/(1 + i)^n)$$

Valor actual de flujos de efectivo, cuando obtenemos el resultado del producto del flujo de efectivo obtenido por el factor de descuento como se muestra en la fórmula.

$$VA = (\text{Flujo de efectivo} * \text{factor de descuento})$$

La depreciación en los proyectos de inversión está basada en la ley tributaria y dependiendo el giro (agricultura 5%-10%), ya que existen tres tipos de depreciación calcularemos la *depreciación acelerada*.

Formula en Excel=

$$fx=DDB(Inversión/2,valor desecho, vida útil,año periodo)$$

VAN (Valor Actual neto)

$$VAN = \sum_{i=1}^{10} -(inversion * 0.5)$$

Si VAN es mayor que 0 entonces el proyecto es aceptado.

Relación Beneficio Costo (RB/C)

$$\frac{RB}{C} = \frac{\sum_{i=1}^{10}}{inversion * 0.5}$$

Si RB/C>1 es rentable, mucho mayor que 1 es muy buen proyecto

Tasa Interna de Retorno (TIR)

TIR=(flujos de efectivo(0,10),10 años de vida util)

TIR debe ser mayor que la tasa marginal , es decir si TIR>>>tasa bancaria acepto el proyecto de inversión.

Cuadro 50. Análisis financiero: depreciación, VAN, BF/C, TIR de materia seca (pacas de restrojo)

MATERIA SECA (PACAS DE RASTROJO)								
Área cultivada=100 Has				Tasa de descuento=		13%		
Años	Producción esperada #pacas/100 ha	Valor de la cosecha \$	Costos de producción	Flujos de efectivo \$	Factor de descuento	Valor actual \$	Depreciación de los activos fijos por año	Valor actual después de depreciación \$
0				- \$5,173,526.00	1	- \$5,173,526.00		-5127200
1	65,550	3,605,250	1,137,900	\$ 2,467,350.00	0.884955752	\$ 2,183,495.58	\$512,720.00	\$1,670,775.58
2	65,550	3,605,250	1,137,900	\$ 2,467,350.00	0.783146683	\$ 1,932,296.97	\$410,176.00	\$1,522,120.97
3	65,550	3,605,250	1,137,900	\$ 2,467,350.00	0.693050162	\$ 1,709,997.32	\$328,140.80	\$1,381,856.52
4	65,550	3,605,250	1,137,900	\$ 2,467,350.00	0.613318728	\$ 1,513,271.96	\$262,512.64	\$1,250,759.32
5	65,550	3,605,250	1,137,900	\$ 2,467,350.00	0.542759936	\$ 1,339,178.73	\$24,610.56	\$1,314,568.17
6	65,550	3,605,250	1,137,900	\$ 2,467,350.00	0.480318527	\$ 1,185,113.92	\$0.00	\$1,185,113.92
7	65,550	3,605,250	1,137,900	\$ 2,467,350.00	0.425060644	\$ 1,048,773.38	\$0.00	\$1,048,773.38
8	65,550	3,605,250	1,137,900	\$ 2,467,350.00	0.376159862	\$ 928,118.03	\$0.00	\$928,118.03

9	65,550	3,605,250	1,137,900	\$ 2,467,350.00	0.332884833	\$ 821,343.39	\$0.00	\$821,343.39
10	65,550	3,605,250	1,137,900	\$ 2,467,350.00	0.294588348	\$ 726,852.56	\$0.00	\$726,852.56
					VAN 1 =	\$ 5,550,570.71	\$1,538,160.00	\$4,373,828.65
				13388441.84	RB/C=	\$ 4,373,828.65	RB/C=	1.155511791
					TIR	30%	TIR=	23%
					Anualidades=	-\$472,444.76		

Cuadro 51. Análisis financiero: depreciación, VAN, BF/C, TIR de materia verde (silo)

MATERIA VERDE (SILO)								
100 Ha proyecto		Tasa de descuento=			13%			
Años	Producción esperada Ton/100 ha	Valor de la cosecha \$	Costos de producción	Flujos de efectivo \$	Factor de descuento	Valor actual \$	Depreciación de los activos fijos por año	Valor actual después de depreciación \$
0				-\$ 5,173,526.45	1	-\$ 5,173,526.45		-\$ 5,127,200.00
1	4,000	\$ 4,800,000.00	\$ 527,600.00	\$ 4,272,400.00	0.8849558	\$ 3,780,884.96	\$ 512,720.00	\$ 3,759,680.00
2	4,000	\$ 4,800,000.00	\$ 527,600.00	\$ 4,272,400.00	0.7831467	\$ 3,345,915.89	\$ 410,176.00	\$ 3,862,224.00
3	4,000	\$ 4,800,000.00	\$ 527,600.00	\$ 4,272,400.00	0.6930502	\$ 2,960,987.51	\$ 328,140.80	\$ 3,944,259.20
4	4,000	\$ 4,800,000.00	\$ 527,600.00	\$ 4,272,400.00	0.6133187	\$ 2,620,342.93	\$ 262,512.64	\$ 4,009,887.36
5	4,000	\$ 4,800,000.00	\$ 527,600.00	\$ 4,272,400.00	0.5427599	\$ 2,318,887.55	\$ 24,610.56	\$ 4,247,789.44
6	4,000	\$ 4,800,000.00	\$ 527,600.00	\$ 4,272,400.00	0.4803185	\$ 2,052,112.88	\$ 0.00	\$ 4,272,400.00
7	4,000	\$ 4,800,000.00	\$ 527,600.00	\$ 4,272,400.00	0.4250606	\$ 1,816,029.09	\$ 0.00	\$ 4,272,400.00
8	4,000	\$ 4,800,000.00	\$ 527,600.00	\$ 4,272,400.00	0.3761599	\$ 1,607,105.39	\$ 0.00	\$ 4,272,400.00
9	4,000	\$ 4,800,000.00	\$ 527,600.00	\$ 4,272,400.00	0.3328848	\$ 1,422,217.16	\$ 0.00	\$ 4,272,400.00

10	4,000	\$	\$	\$	0.2945883	\$	\$0.00	\$
		4,800,000.00	527,600.00	4,272,400.00		1,258,599.26		4,272,400.00
					VAN 1 =	\$		\$19,419,577.34
						11,503,635.20	1,538,160.00	
			23183082.63		RB/C=	\$	RB/C=	4.015999314
						19,419,577.34		
					TIR	61%	TIR=	75%
					Anualidades=	-\$472,444.76		

Haciendo el análisis de las tablas de resultados de las variantes financieras del proyecto y como se hizo la comparación entre dos diferentes producciones, es decir dos productos diferentes, los resultados nos arrojan que la producción de silo de maíz es mucho más rentable que la producción de materia seca, desde los costos de producción, costos de traslado y maquila, hasta los rendimientos esperados de cada producto podemos decir que se recomienda ampliamente a los productores la comercialización de lo que es el silo de maíz (materia verde de producción).

Resultados de materia seca

Cuadro 52. resultados de VAN, RB/C y TIR de maíz (materia seca)

VARIANTE	MATERIA VERDE	MATERIA SECA
VAN	10,350,056.36	\$4,396,991.65
RB/C	2.110579617	1.155511791
TIR	75%	23%

Analizando los valores de VAN, RB/C y TIR de cada uno de las producciones decimos que la materia seca no es una inversión negativa, es decir sí obtenemos la utilidad necesaria para el pago del financiamiento del proyecto y ya que en los primeros 10 años que es cuando el proyecto se pagara, las utilidades finales ya una vez habiendo pagado el proyecto son pequeñas. Esto es ya que el TIR (23%) es superior al interés que maneja en el periodo de los 10 años (13%) por la financiera para el pago del proyecto, es decir podemos pagar un proyecto con un 23% de intereses con las ganancias generadas por el cultivo y cuando hablamos de la relación beneficio costo los resultados arrojados los interpretamos que por cada peso invertido vamos a generar una utilidad de \$0.15 en el proyecto.

Por otro lado tenemos observamos en la tabla anterior los resultados de la materia verde (silo) con respecto a materia seca (pacas) de las variantes financieras son mucho mayores las de materia verde y lo que esto nos indica es que el TIR (45%) es superior al interés que maneja en el periodo de los 10 años (13%) por la financiera para el pago del proyecto, es decir podemos pagar un proyecto con un 75% de intereses con las ganancias generadas por el cultivo y cuando hablamos de la relación beneficio costo los

resultados arrojados los interpretamos que por cada peso invertido vamos a generar el doble de utilidad ya que obtendremos \$4.00 de ganancia en el proyecto, es decir 4 veces mas.

En conclusión la recomendación es que cosechemos el maíz forrajero como silo ya que obtenemos mucha mas producción y rendimiento con respecto a las pacas de rastrojo y así mismo las ganancias van a ser mucho mayores, y tomando en cuenta que tenemos que pagar anualmente por un periodo de 10 años la cantidad de \$472,444.76 a la fuente de financiamiento nos quedara una gran utilidad y bien se podría pagar en menos tiempo la parte de proyecto que corresponde a los productores.

4.9.4 Descripción de costos del sistema de riego

Cotización y elementos de filtrado para el sistema de riego por goteo 100 Ha para gasto de 100 lps.



Www.infill.com.mx

COTIZACION	
No.	65 - 2012
HOJA	1 DE 1

Rio Nazas No. 1626 Col. González
Saltillo Coahuila, C.P. 25030
Tel. 01-844-410-16-27, 28

FECHA	ATENCIÓN A:	TEL.
15/06/12	CESAR EDUARDO PALACIOS	247-97-33

CLIENTE	DIRECCIÓN
Proyecto Hidroagricola En Mpio De Sacramento Coahuila	SALTILLO, COAHUILA
E-mail.	
Cesar_rider@hotmail.com	

CANTIDAD	MODELO	DESCRIPCIÓN	IMPORTE
		Sistema F.Arena-Mallas 100 lps MAX	
3	As486	Filtro de arena, 6" x 6"	

2	D3s6x10-as	Distribuidor 3 salidas 6" x 10" as486	
1	Drtas486-4	Distribuidor retro-lavado as486-4"	
42	Accesorio	Bulto arena silica imp. 8/16	
12	Accesorio	Bulto grava 1/4"	
3	My680	Filtro de mallas tipo y, 6" x 6"	
2	D3s6x10	Distribuidor 3 salidas 6" x 10"	
3	Accesorio	Valv. Mariposa 4"	
3	Accesorio	Valv. Mariposa 6"	
1	Accesorio	Valv. Mariposa 10"	
3	Accesorio	Valv. Nisinn 1 1/2"	
2	Accesorio	Valv. Alivio aire 2"	
14	Accesorio	Manómetros 0-100 psi	
1	Lte	Accesorios	
		3 EMP. NEOPRENO 8"	
		10 EMP. NEOPRENO 6"	
		94 TORNILLO 5/8" X 4" C/T	
		72 TORNILLO 5/8" X 2" C/T	
NOTA:		SUBTOTAL	\$150,000
PRECIOS EXCLUSIVOS DE DISTRIBUIDOR LAB SALTILLO, COAHUILA		I.V.A	0%
		TOTAL	\$150,000

CONDICIONES DE VENTA:

50% AL ORDENAR
50% PREVIO ENVIO

CANTIDAD CON LETRA:

CIENTO CINCUENTA MIL PESOS 00/100 M.N.

DEPÓSITOS A NOMBRE DE:

IGNACIO GARCÍA ARIZPE BANCO: BANCOMER

CTA: 169908749

TIDE: 012078001699087495

VIGENCIA: Jun-12

Cotización y lista de materiales del sistema de riego de 100 Ha y 100 lps

Cuadro 53. Lista y precios de materiales para el sistema de Riego.

Lista de materiales para el sistema de riego.				
Cantidad	Descripcion	Unidad	p.unitario	importe \$
245	Rollos de cinta de goteo aquatraxx ea5081245-70 ,2286 m/carrete	Carretes	\$ 2,500.00	\$ 612,500.00
6672	Iniciales 10x16 mm	Pz	\$ 5.00	\$ 33,360.00
6672	Conectores para cinta 12 mm*5/8"	Pz	\$ 5.00	\$ 33,360.00
6672	Ligas para iniciales	Pz	\$ 1.00	\$ 33,360.00
1000	Tubo pvc 4" (109) mm rd 41	Pz	\$ 227.02	\$ 227,020.00
833	Tubo pvc 6" (160) mm rd 41	Pz	\$ 400.72	\$ 333,799.76
55	Tubo pvc 8" (209) mm dr 41	Pz	\$ 618.22	\$ 34,002.10
456	Tubo pvc 10" (250) mm rd 41	Pz	\$ 1,023.70	\$ 466,807.20
1000	Ligas -empaques para 4"	Pz	\$ 71.42	\$ 71,420.00
873	Ligas -empaques para 6"	Pz	\$ 118.41	\$ 103,371.93
56	Ligas -empaques para 8"	Pz	\$ 227.49	\$ 12,739.44
456	Ligas -empaques para 10"	Pz	\$ 320.00	\$ 145,920.00
2	Valvulas mariposa 10"	Pz	\$ 2,800.00	\$ 5,600.00
24	Valvulas mariposa 4"	Pz	\$ 1,692.00	\$ 40,608.00
48	Extremidad bridada 4" ced 80	Pz	\$ 345.84	\$ 16,600.32
96	Codos 90°- 4" sementado	Pz	\$ 458.32	\$ 43,998.72
24	Reduccion 6"*4"	Pz	\$ 420.00	\$ 10,080.00
13	Tee pvc normale 6*6*6 plg	Pz	\$ 1,181.65	\$ 15,361.45
12	Codos 90°- 6" empaque campana	Pz	\$ 1,451.90	\$ 17,422.80
24	Reduccion buching 6"* 4" ced 80	Pz	\$ 466.66	\$ 11,199.84
1000	Tubo pvc 2" rd 41 (50) mm	Pz	\$ 10.15	\$ 10,150.00

48	Adaptadores macho pvc cementar 4" ced 80	Pz	\$ 341.89	\$ 16,410.72
48	Tapones capa roscado pvc 4" ced	Pz	\$ 438.25	\$ 21,036.00
12	Tee pvc normal 4*4*4*	Pz	\$ 346.02	\$ 4,152.24
12	Codos 90°-4" pvc sementado		\$ 458.32	\$ 5,499.84
4	Cruces reducidas 8"*6"	Pz	\$ 525.98	\$ 2,103.92
1	Cruz normal 6"*6"	Pz	\$ 732.19	\$ 732.19
1	Reduccion buching 8"* 6"	Pz	\$ 1,135.81	\$ 1,135.81
20	Manguera de polietileno 12mm (rollo 200 mts)	Rollos	\$ 3,066.00	\$ 61,320.00
30	Cemento rexolit altapresion 1000 ml	Lt	\$ 126.00	\$ 3,780.00
60	Lubricante rexolit lata500 grs.	Lt	\$ 25.00	\$ 1,500.00
Total=				\$ 2,396,352.28

Cuadro 54. Tabla de costos del proyecto, plasmado en desglose general.

Costos generales del proyecto	
Presa	\$ 1,581,846.73
Desarenador	\$ 124,958.00
Linea y obra de toma	\$ 920,368.76
Sistema de riego	\$ 2,546,352.96
	\$ 5,173,526.45

5. CONCLUSIONES

Observando los resultados y haciendo el análisis de ellos , llegamos a la conclusión de que la problemática del Ejido Sacramento , fue resuelta por la solución implementada, es decir la hipótesis resultó verdadera ya que pudimos solucionar el problema de la sequia mediante la captación de los escurrimientos superficiales y con esto todo lo que se deriva, al diseñar un área de riego de 100 Ha para cultivo de maíz forrajero, la calidad de vida de los lugareños va a mejorar, incluyendo los estudios financieros y los resultado que estos nos arrojaron , el proyecto es rentable y va a dejar utilidades considerables si se maneja el proyecto como se plantea y recomienda.

Finalmente la problemática de las regiones semiáridas en el país puede ser solucionada implementando soluciones productivas como estas ya que se generan fuentes de empleo dependiendo de la magnitud de la obra y llegan a ser regiones autosustentables ya que pueden establecer cultivos como hortalizas (calabacita, melón, zanahoria) entre las plantas de maíz, claro no tanta población ya que podríamos llegar a la competencia , pero si aprovecharían la humedad disponible en el suelo y así obtendrían mas productos para su autoconsumo o bien para la comercialización de ellos

6.- BIBLIOGRAFÍA

- I. Arteaga Tovar R. E. 1993. Hidráulica Elemental. 1ª edición. UACH. Depto. de Irrigación. Chapingo, México.
- II. Comisión Federal de Electricidad. 1980c. Manual de Diseño de Obras Civiles. Hidrotecnia. A.1.9. Simulación del Funcionamiento de un Vaso. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México 5, D.F. p. A.I 1.9.1 – 1.9.2.
- III. Comisión Federal de Electricidad. 1980d. Manual de Diseño de Obras Civiles. Hidrotecnia A.1.10. Avenida de Diseño. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México 5, D.F. p. A.I. 1.10.1 – 1.10.4.
- IV. Comisión Federal de Electricidad 1980. Manual de Diseño de Obras Civiles. Hidrotecnia. A.2.9. Ecurrimiento a Superficie Libre. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México 5, D.F. p. A.I. 2.9.1.
- V. Comisión Federal de Electricidad. 1981a. Manual de Diseño de Obras Civiles. Hidrotecnia. A.1.2. Precipitación. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México 5, D.F. p. A.I. 1.2.1 – 1.2.8.
- VI. Comisión Federal de Electricidad. 1981b. Manual de Diseño de Obras Civiles. Hidrotecnia. A.1.3. Ecurrimientos. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México 5, D.F. p. A.I. 1.3.1.
- VII. Comisión Federal de Electricidad 1983. Manual de Diseño de Obras Civiles. Hidrotecnia. A.2.2. Obras de Toma para Plantas Hidroeléctricas. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México 5, D.F. p. A.I 2.2.1 – 2.2.2
- VIII. Colegio de posgraduados. 1980. Manual para Proyectos de Pequeñas Obras Hidráulicas para riego y abrevadero; Tomo I, 1ª Edición; SPP, Chapingo México D.F.
- IX. García, N.J.M. 1985. Principios de Hidráulica Potencial. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. Talleres Gráficos de la División de Ciencias Forestales. 349p.
- X. Ingeniería Hidráulica en México. 1970. Meteorología, Distribución de Frecuencias de Heladas, llluvias y tormentas eléctricas en México. Vol. 24
- XI. Secretaría de los Recursos Hidráulicos. 1973. Recursos Hidráulicos. Número 1. Volumen II. México 6, D.F. p. 71.

- XII. Secretaría de los Recursos Hidráulicos. 1975. Presas de Derivación. Modelo México 4. Plan Nacional de Obras Hidráulicas para el Desarrollo Rural. México D.F.
- XIII. United States Department of the interior Bureau of Reclamation. 1978. Diseño de Presas Pequeñas. Una Publicación Técnica de Recursos Hidráulicos. Compañía Editorial Continental. México 22, D.F. 639 p.
- XIV. Montemayor A. y colaboradores, 2008, Producción De Maíz Forrajero (*Zea Mays L.*) En Tres Sistemas De Irrigación En La Comarca Lagunera De Coahuila Y Durango, Instituto Tecnológico de Torreón. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de San Luis Potosí Centro de Investigación de Química Aplicada. Saltillo, Coahuila. México. CENID-RASPA INIFAP. Gómez Palacio, Durango. México.
- XV. Dirección de Desarrollo Rural-Autodema Región Arequipa., 2005, Ficha Técnica Del Maíz Forrajero, Proyecto especial majes-siguas / Paquete Tecnológico, Sistema de Información Rural Arequipa – SIRA/ Convenio SADA – GTZ – IICA
- XVI. Echeverría J. A, Centro De Investigaciones Hidráulicas, Instituto Superior Politécnico
- XVII. Alegret E, Pardo R., Diseño Hidráulico De Aliviaderos Para Presas Pequeñas.

7.- ANEXOS

Fotografías de la zona del proyecto.

Inicio de la obra





Presas En Proceso

