

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**



**USO EFICIENTE DEL AGUA Y AGRICULTURA PROTEGIDA
SUSTENTABLE, EN EL EJIDO PILAR DE RICHARDSON,
MUNICIPIO DE GENERAL CEPEDA, COAHUILA.**

POR

ALEXIS HERNÁNDEZ AGUILAR

TESIS

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre del año 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

**Uso eficiente del agua y agricultura protegida sustentable, en el
ejido Pilar de Richardson, municipio de General Cepeda,
Coahuila.**

Por:

Alexis Hernández Aguilar

**Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como
requisito parcial para obtener el título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobada por el comité de tesis



Dr. Felipe de Jesús Ortega Rivera
Presidente del jurado



Dr. Raúl Rodríguez García
Sinodal




MC. Tomas Reyna Cepeda

Sinodal Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



MC. Carlos Rojas Peña
Sinodal



DR. Luis Samaniego Moreno
Coordinador de la división de ingeniería


Coordinación de
Ingeniería
2015

Buenvista, saltillo, Coahuila, México. Noviembre del año 2015

DEDICATORIA

A mis padres:

Por ser pilares importantes de mi vida que día a día me demuestran su amor, cariño y apoyo para seguir adelante. Por su energía y confianza que me brindaron durante la carrera.

Roberto Hernández. Por estar siempre a mi lado, por apoyarme en cada momento de mi vida y darme los mejores consejos.

Margarita Aguilar. Por darme la mano cuando más la necesitaba, por su apoyo incondicional, pero sobre todo por creer en mí, a pesar de todo quererme y esto es una muestra de lo que he logrado.

A mis hermanos:

Mari Hernández Aguilar

José Luis Hernández Aguilar

Juan Carlos Hernández Aguilar

Rubí Hernández Aguilar

Martin Hernández Aguilar

Liliana Hernández Aguilar

Que aparte de ser hermanos, han sido mis mejores amigos desde mi infancia, gracias por estar conmigo y apoyarme siempre.

A mis cuñados:

Que son de gran importancia para este logro en la vida, con sus consejos y enseñanzas.

A mis sobrinos:

Parte fundamental para este logro, como inspiración para poder ser una mejor persona cada día, y ser un ejemplo en la vida para ellos.

A mi familia:

Que con sus defectos y virtudes tienen siempre una palabra de aliento y motivación en el momento preciso para poder seguir adelante, ante los problemas y dificultades que se nos presentan en la vida.

AGRADECIMIENTOS

“**A ti Dios Mío**, por no abandonarme, ayudarme a levantarme en mis fracasos, por aprender de ellos y darme las fuerzas para seguir adelante a pesar de todas esas piedras con que trómpese, por tu infinita bondad y principalmente por permitirme realizar un sueño importante de mi vida”.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro mi “ALMA MATER”**, y al **Departamento de Riego y Drenaje**, por haberme brindado la preparación e identidad profesional que siempre busqué y permitirme obtener una de mis más anheladas metas como Ing. Agrónomo en Irrigación, por cobijarme durante cinco años, gracias por existir.

Al **Dr. Felipe de Jesús Ortega Rivera** por haber confiado en mí y por el apoyo incondicional en la realización del presente trabajo; además por haberme brindado su amistad y paciencia.

Al **Dr. Raúl RodríguezGarcía** por sus conocimientos y su valioso apoyo en la realización de esta tesis con sus valiosas enseñanzas.

Al **M.C. Carlos Rojas Peña** por sus conocimientos y su valiosas sugerencias en la realización de esta tesis.

Al **M.C. Tomas Reyna Cepeda** por sus importantes sugerencias en la realización de esta tesis y su valiosa aportación en la revisión de la tesis.

A todas aquellas personas que de alguna manera influyeron por la culminación del presente trabajo.

A mis compañeros de Generación en la Carrera de Ing. Agrónomo en Irrigación, con quienes pasé momentos agradables durante toda la estancia fuera y dentro de la Institución.

INDICE

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCION.....	2
2.1. SITUACIÓN ACTUAL EN EL ESTADO DE COAHUILA	3
2.2. JUSTIFICACIÓN	4
2.3. OBJETIVO GENERAL	6
2.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
2.5. HIPÓTESIS.....	6
3. REVISIÓN DE LITERATURA	7
3.1. DISPONIBILIDAD DEL AGUA	7
3.1.1. <i>Reservas regionales de agua y balance de agua nacional</i>	7
3.2. PRECIPITACIÓN.....	9
3.3. PRECIPITACIÓN EN ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS.....	9
3.4. AGUA SUPERFICIAL	10
3.5. AGUA ALMACENADA EN MÉXICO	11
3.6. CICLO HIDROLÓGICO	12
3.7. PRESAS	13
3.8. TIPOS DE PRESAS.....	14
3.8.1. <i>Según su estructura</i>	14
3.8.2. <i>Según sus materiales</i>	15
3.8.3. <i>Según su aplicación</i>	16
3.8.4. <i>Según como permitan el paso del agua</i>	17
3.8.5. <i>Según la altura de presión creada por la presa</i>	18
3.8.6. <i>Según los materiales empleados en la construcción</i>	18
3.8.7. <i>Consideraciones generales para la ubicación de la presa</i>	18
3.9. NECESIDAD DE PRESAS.....	19
3.10. PRESAS DE MAMPOSTERÍA	19
3.11. MÉTODOS PARA CALCULAR EL GASTO DE LA AVENIDA MÁXIMA PROBABLE.....	21
3.11.1. <i>Método Directo:</i>	21
3.11.2. <i>Método Indirecto:</i>	21
3.12. AGRICULTURA.....	22
3.13. AGRICULTURA PROTEGIDA	24
3.13.1. <i>El desarrollo de la horticultura protegida en el país</i>	25
3.14. MALLA SOMBRA Y CASA SOMBRA.....	25
3.15. RIEGO	27

3.15.1. Riego por Goteo	29
3.16. FERTIRRIGACION.....	31
3.16.1. Fertilizantes utilizados en fertirrigacion	32
3.17. PIMIENTO MORRÓN (CAPSICUM ANNUUM L.).....	33
3.17.1. Taxonomía y morfología.....	33
3.17.2. Nombre Botánico y Variedades	35
3.17.3. Producción Global	35
3.17.4. Clima	36
3.17.5. Temperatura	36
3.17.6. Luz.....	39
3.17.7. Agua.....	40
3.17.8. Suelo.....	41
3.17.9. Nutrición del Pimiento Morrón	42
3.17.10. Plantación	42
3.17.11. Poda de formación.....	43
3.17.12. Control de plagas y enfermedades	45
3.17.13. Fertilización.....	46
3.17.14. Recolección	47
3.17.15. Valor nutricional	48
4. MATERIALES Y MÉTODOS	49
4.1. ASPECTOS GENERALES.	49
4.1.1. Propósito de la obra.....	49
4.1.2. Localización.....	49
4.2. CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES	51
4.2.1. Climatología.....	51
4.2.2. Precipitaciones.....	51
4.3. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS.	52
4.3.1. Área de la cuenca hidrológica.....	52
4.3.2. Coeficiente de escurrimiento	54
4.3.3. Cálculo del escurrimiento medio anual.....	55
4.3.4. Cálculo del volumen anual escurrido	56
4.3.5. Cálculo del volumen aprovechable medio anual	56
4.3.6. Avenida máxima	57
4.4. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA.	58
4.4.1. Presa almacenadora-derivadora de mampostería:.....	58
4.4.2. Obras de excedencias.....	60
4.4.3. Estimación de la estabilidad del muro de la presa	61
4.4.4. Calculo de la fuerza resultante	62

4.4.5.	<i>Revisión por volteo</i>	63
4.5.	TECNOLOGÍA A UTILIZAR.....	65
4.6.	CONSTRUCCIÓN DE VERTEDOR DE EXCEDENCIAS Y PRESA DE MAMPOSTERÍA	66
4.7.	POSIBLE ÁREA A IRRIGAR	66
4.8.	DISEÑO AGRONÓMICO PARA EL CULTIVO DEL CHILE PIMIENTO MORRÓN.....	68
4.9.	DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO LINEAL	69
4.10.	EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CHILE PIMIENTO MORRÓN VS MAÍZ	72
5.	CONCLUSIÓN	74
6.	BIBLIOGRAFÍA	75
7.	ANEXOS	78

INDICE DE CUADROS

<i>CUADRO 1.- CLASIFICACION DE ZONAS SECAS SEGUN MELGS (1953)</i>	10
CUADRO 2.- PRINCIPALES PLAGAS Y ENFERMEDADES EN PIMIENTO MORRON Y SU CONTROL.....	45
CUADRO 3.-VALOR NUTRICIONAL DEL PIMIENTO MORRÓN	48
CUADRO 4.- COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTOS	54
CUADRO 5.- COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTOS DE LA CUENCA EN ESTUDIO.	55
CUADRO 6.- VALORES DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA Y PRECIPITACIÓN.....	57
CUADRO 7.- RELACIÓN DE AGREGADOS PARA UN M ³ DE CONSTRUCCIÓN.....	66
CUADRO 8.- COMPONENTE DE MEZCLAS PARA LA CONSTRUCCIÓN TOTAL DE LA OBRA. 66	
CUADRO 9.- CALCULO DEL VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO.....	67
CUADRO 10.- DISEÑO AGRONÓMICO PARA EL CULTIVO DEL PIMIENTO MORRÓN.	68

INDICE DE FIGURAS

<i>FIGURAS 1.- RESERVAS DE AGUA EN EL MUNDO POR REGIÓN</i>	7
<i>FIGURAS 2.- BALANCE DE AGUA EN MÉXICO.</i>	8
<i>FIGURAS 3.- CICLO HIDROLÓGICO DEL AGUA.</i>	13
<i>FIGURAS 4.- PRESA BAJA DERIVADORA. VAGA R. O. ARREGUIN C., F.I. 1987</i>	17
<i>FIGURAS 5.- LOCALIZACIÓN DE LA PRESA Y EL EJIDO PILAR DE RICHARDSON.</i>	50
<i>FIGURAS 6.- UBICACIÓN DE GENERAL CEPEDA.</i>	50
<i>FIGURAS 7.- CARTAS CLIMATOLÓGICAS</i>	51
<i>FIGURAS 8.- INDICADORES DEL CAUCE PRINCIPAL OBTENIDO CON EL SOFTWARE SIATL.</i>	53
<i>FIGURA 9.- CUENCA HIDROLÓGICA DEL EJIDO PILAR DE RICHARDSON</i>	53
<i>FIGURAS 10.- PEQUEÑA PRESA DE MAMPOSTERÍA DEL EJIDO PILAR DE RICHARDSON, VISTA AGUAS ABAJO.</i>	59
<i>FIGURAS 11.- PUNTO DE EQUILIBRIO DE LA PRESA</i>	64
<i>FIGURAS 12.- VISTA DE PERFIL DEL NIVEL DE ALMACENAMIENTO</i>	67
<i>FIGURAS 13.- DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO LINEAL</i>	71
<i>FIGURAS 14.- PRODUCCIÓN DE MAÍZ CON MODALIDAD DE RIEGO EN EL AÑO 2014</i>	73
<i>FIGURAS 15.- PRODUCCIÓN DE CHILE CON LA MODALIDAD DE RIEGO EN EL AÑO 2014</i>	73

1. RESUMEN

Con la construcción de la presa de mampostería para almacenamiento se aprovecharán los escurrimientos superficiales por las lluvias, transformando la agricultura de temporal a riego; incrementando la producción de los cultivos básicos del ejido, como el maíz y el sorgo escobero. Por lo tanto la captación y derivación de agua por medio de un sistema hidráulico incrementa la producción agrícola y pecuaria del ejido.

La producción agrícola es afectada por los cambios climáticos, utilizando la tecnología actual se puede combatir estos cambios mediante la implementación adecuada de un sistema de riego y un invernadero logrando así cambios favorables para el ejido, obteniendo así una agricultura protegida sustentable.

Correo Electronico; Alexis Hernández Aguilar, hernandez_92@outlook.com

Palabras claves: presa, almacenamiento, riego, precipitación, hortalizas.

2. INTRODUCCION

Actualmente a nivel mundial la falta de agua es uno de los grandes problemas que se tendrán que resolver presentando alternativas de solución viables. En la clasificación mundial, México está considerado como un país con baja disponibilidad de agua. En todo el país llueve aproximadamente mil 511 kilómetros cúbicos de agua cada año.

Las regiones donde se manifiesta esta crisis, se enmarca dentro de las zonas áridas y semiáridas al norte del país, la escasez y errática distribución de la lluvia genera fuertes limitaciones para la producción agrícola y pecuaria, y es frecuente la pérdida de gran cantidad de hectáreas de cultivos y cabezas de ganado por sequía. Las lluvias de estas zonas son de carácter torrencial, lo que ocasiona que solo se aprovechen una mínima parte de las lluvias y el resto se pierda como escurrimiento superficial.

La captación de agua puede ser considerada como una forma rudimentaria de riego. El riego es fundamental para la alimentación mundial. De la superficie cultivada, sólo el 19% (FAO. Aquastat. 2010) tiene infraestructura de riego, sin

embargo produce más de una tercera parte de los cultivos del mundo (FAO. Water and Food Security, 2010).

Es importante señalar que el 77% del agua que se utiliza en nuestro país se emplea en la agricultura, que su disponibilidad es escasa en amplias zonas del territorio y las eficiencias en el uso del agua en el riego en general son bajas.

Las obras hidráulicas incrementan el avance de la agricultura del mundo, principalmente en las regiones donde las lluvias son escasas o donde llegan a presentarse, caen fuera de tiempo en que más se les necesita, en estos lugares es indiscutible la construcción de una obra de almacenamiento. Las obras de almacenamiento cuyo fin es conservar el agua principalmente en épocas que esta deja de presentarse en forma de lluvia, benefician a la humanidad resolviendo el problema de sobrepoblación.

En los últimos años, el variante clima que afecta a las diferentes regiones, no sólo de nuestro estado ni del país, sino en gran parte del planeta a consecuencia del cambio climático, los cultivos hortícolas y ornamentales han experimentado una tendencia cada vez más marcada hacia la obtención de una producción anticipada o fuera de estación, en ocasiones diferentes a aquellas en las que tradicionalmente dichos productos se cultivan a campo abierto.

2.1. Situación actual en el estado de Coahuila

Coahuila es el tercer estado de la República Mexicana donde menos llueve, incluso ubicándose por debajo de la media nacional, pues en promedio se registra

una precipitación inferior a los 400 milímetros de agua cada año. Razón por la cual se depende del agua subterránea en más de un 90 %.

La región sureste del estado de Coahuila geográficamente se sitúa en la zona semiárida del país, donde las características del clima no favorecen el desarrollo de la agricultura.

Los habitantes de las zonas áridas y semiáridas, tienen como actividad el dedicarse a la agricultura. En estas zonas el agua es un limitante. Actualmente, los productores de la llamada agricultura de temporal, tienen rendimientos muy bajos, pues su agricultura es muy deficiente en lo que se refiere al aprovechamiento del escurrimiento superficial, por lo cual se hace necesario aplicar nuevas tecnologías para aprovechar mejor las escasas y erráticas precipitaciones motivo por el cual se propone la construcción de una presa de almacenamiento de mampostería.

2.2. 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 sequía, mucho más de los observados en las décadas pasadas, para ejemplificar se dice que Coahuila ha perdido en este último periodo de sequía 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 los Estados del 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.

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

Las obras hidráulicas tienen como finalidad, el impulsar y apoyar las necesidades de la producción agropecuaria, mejorando las condiciones socioeconómicas de las comunidades en el campo.

En la construcción de la presa de almacenamiento de mampostería en las zonas áridas y semiáridas del futuro se reducirán los índices de siniestralidad por sequía. Contribuirá al incremento de la productividad y la producción así como también fomentara la base para la autonomía económica y crecimiento sostenido de los productores.

2.3. Objetivo General

Con la construcción de la presa almacenadora de mampostería, se pretende aprovechar la mayor parte posible de los escurrimientos de la región producida por las lluvias, pretendiendo convertir la agricultura de temporal a riego.

2.4. Objetivos Específicos

- Lograr incrementos en la producción de cultivos básicos y/o forrajes de temporal, mediante la construcción de obras para el aprovechamiento de escurrimientos superficiales.
- Llevar a cabo la construcción de obras que contribuyan a disminuir los procesos de degradación del recurso suelo.
- Fomentar en los productores la cultura de la conservación de los recursos naturales y sensibilizar sobre los beneficios que aporta el realizar acciones para la cosecha del agua.
- El propósito final de ese proyecto es derivar agua hacia las parcelas con sistemas de riego por gravedad.

2.5. Hipótesis

a) La captación y almacenamiento del agua por medio de obras hidráulicas en el ejido Pilar de Richardson incrementara la producción agrícola y pecuaria del ejido.

b) Se pretende la derivación de una gran cantidad de agua hacia las áreas de siembras con sistemas de riego, nos permitirá incrementar así el rendimiento de

los cultivos, y de esa manera producir también mayor alimentación para los animales.

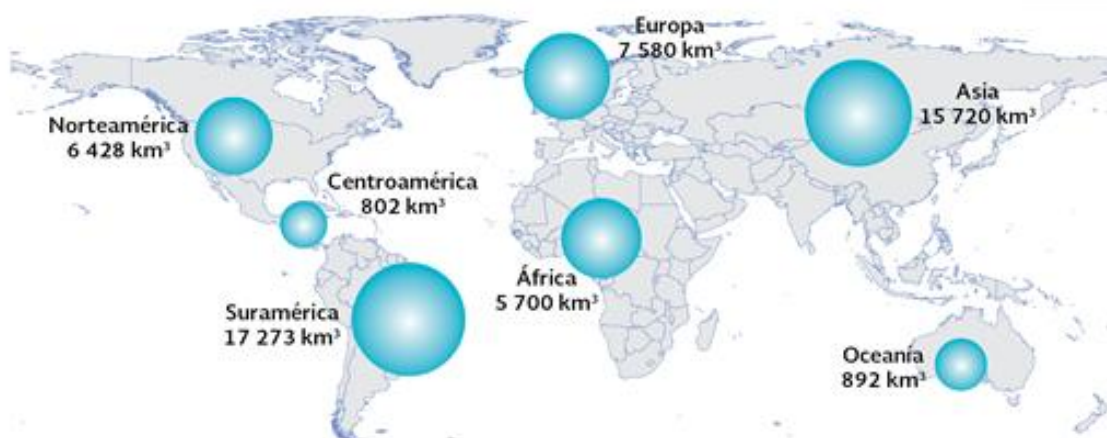
3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Disponibilidad del agua

3.1.1. Reservas regionales de agua y balance de agua nacional

Las reservas de agua en el mundo consideran el volumen disponible total acumulado de agua subterránea y superficial. En la (figura 1), se presentan los volúmenes de las reservas de agua mundiales: Suramérica es la región con los mayores recursos hídricos renovables del planeta (cerca del 31.8% del total), seguida por Asia (28.9%) y Europa (13.9%); en contraste, la región de Centroamérica posee tan sólo el 1.5% de la reserva total mundial.

FIGURAS 1.- Reservas de agua en el mundo por región

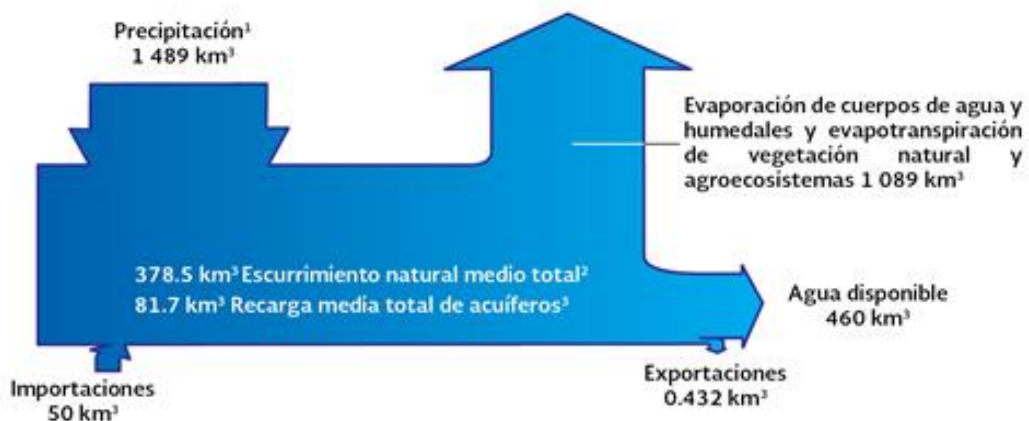


La disponibilidad del agua de una región o país depende del balance de agua, esto es, del volumen que se recibe por precipitación y de lo que se pierde por la

evaporación de los cuerpos de agua y por la evapotranspiración de la vegetación. El volumen restante puede dirigirse hacia la recarga de los acuíferos o escurrir superficialmente. Debido a que la distribución de la precipitación y de la evapotranspiración varía notablemente, la disponibilidad de recursos hídricos muestra diferencias muy importantes en las diferentes regiones del planeta.

En México, el volumen promedio de agua que se obtiene por precipitación cada año es de 1 489 kilómetros cúbicos; no obstante, la mayor parte, alrededor de 1 089 kilómetros cúbicos (73.1%), regresa a la atmósfera por evapotranspiración, por lo que se conoce como “agua verde” (Falkenmark y Rockström, 2004). Además del agua que ingresa por precipitación, México recibe alrededor de 50 kilómetros cúbicos por importaciones de los ríos de las fronteras norte y sur y exporta 0.432 kilómetros cúbicos del río Bravo a los Estados Unidos de acuerdo con el Tratado sobre Distribución de Aguas Internacionales firmado en 1944. De esta forma, el balance general muestra que la disponibilidad natural media de México es de 460 kilómetros cúbicos de agua en promedio al año (Figura 2.2), valor superior al de la mayoría de los países europeos, pero muy inferior si se compara con el de Estados Unidos (3 051 km³), Canadá (2 902 km³) o Brasil (8 233 km³; FAO, 2007).

FIGURAS 2.- Balance de agua en México.



3.2. Precipitación

Se denomina precipitación al agua que llega a la superficie terrestre proveniente de la atmosfera. Requiere el ascenso de una masa de aire en la atmósfera, de tal manera que esta se enfría y se condensa para formar la lluvia. La precipitación puede ser: **convectiva, ciclónica u orográfica y convergencia.**

Precipitación convectiva. Tiene su origen en la inestabilidad de una masa de aire más caliente que las circundantes. Estas precipitaciones son de gran intensidad y de corta duración, y se concentran en pequeñas áreas.

Precipitación ciclónica u orográfica. Resultan de la ascensión mecánica de corrientes de aire húmedo con movimiento horizontal cuando chocan sobre barreras naturales, tales como montañas. Se producen precipitaciones moderadas o fuertes y continuas sobre áreas muy extensas

Precipitaciones por convergencia. El aire asciende por el choque de dos masas de aire de temperatura y humedad similares. Son de larga duración y presentan intensidades de bajas a moderadas, y se esparcen por grandes áreas.

3.3. Precipitación en Zonas Áridas y Semiáridas.

La zona árida se caracteriza por tener una precipitación anual menor a los 400 mm y una época de sequía de 8 a 12 meses, y la semiárida por tener una precipitación anual entre 400 a 700 mm con 6 a 8 meses de sequía.

CUADRO 1.- Clasificación de zonas secas según Melgs (1953)

Zona climática	Índice de humedad	Precipitación P (mm).	Apta para cultivos
Subhúmeda	-20<1<0	> 500 mm	Si
Semiárida	-40<1<-20	200 – 500 mm	Si, para algunos pastos naturales.
Árida	-56<1<-40	25 – 200 mm	No
Hiperárida	1>-56	<25 mm	No

3.4. Agua Superficial

El agua superficial es aquella que se encuentra circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra. Estas masas de agua sobre la superficie de la tierra, forma ríos, lagos, lagunas, pantanos, charcas, humedales, y otros similares, sean naturales o artificiales. El agua superficial es la proveniente de las precipitaciones, que no se infiltra ni regresa a la atmósfera por evaporación o la que proviene de manantiales o nacimientos que se originan de las aguas subterráneas.

Las aguas superficiales pueden estar fluyendo constantemente como los ríos o estar en reposo como los lagos y lagunas. El escurrimiento se da sobre la tierra debido a la gravedad y a la inclinación del terreno. Así cuando el agua cae del cielo (o se precipita, por ejemplo en forma de lluvia) la que no se infiltra, escurre en la dirección de la pendiente (hacia abajo) hasta que llega a los ríos y lagos.

Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad y siempre por gravedad discurre de las partes altas hacia las bajas. Posee un caudal determinado y finalmente desemboca en el mar, en un lago o en otro río, en este último caso se le denomina afluente.

Un lago es un cuerpo de agua dulce o salada sin conexión con el mar. Es un componente más del agua superficial del planeta.

También se pueden formar lagos artificialmente por la construcción de una presa. En ingeniería se denomina presa o represa a un muro grueso de piedra, cemento u otro material, que se construye a través de un río, arroyo o canal para almacenar el agua y elevar su nivel, con el fin de regular el caudal para:

- Controlar inundaciones
- Aprovechamientos de riego,
- Agua potable
- Generación hidroeléctrica
- Turismo
- Usos diversos o idealmente para una combinación de dos o más usos (Multiusos).

3.5. Agua almacenada en México

El volumen de agua almacenado en los lagos del país (alrededor de 10 km^3) es relativamente pequeño, si se contrasta con lo que se utiliza sólo para el abastecimiento público nacional anual, que equivale a cerca de 11 kilómetros cúbicos. Esto se debe, básicamente, a que la orografía mexicana no permite la formación de lagos profundos. Por esa razón, para asegurar el suministro del

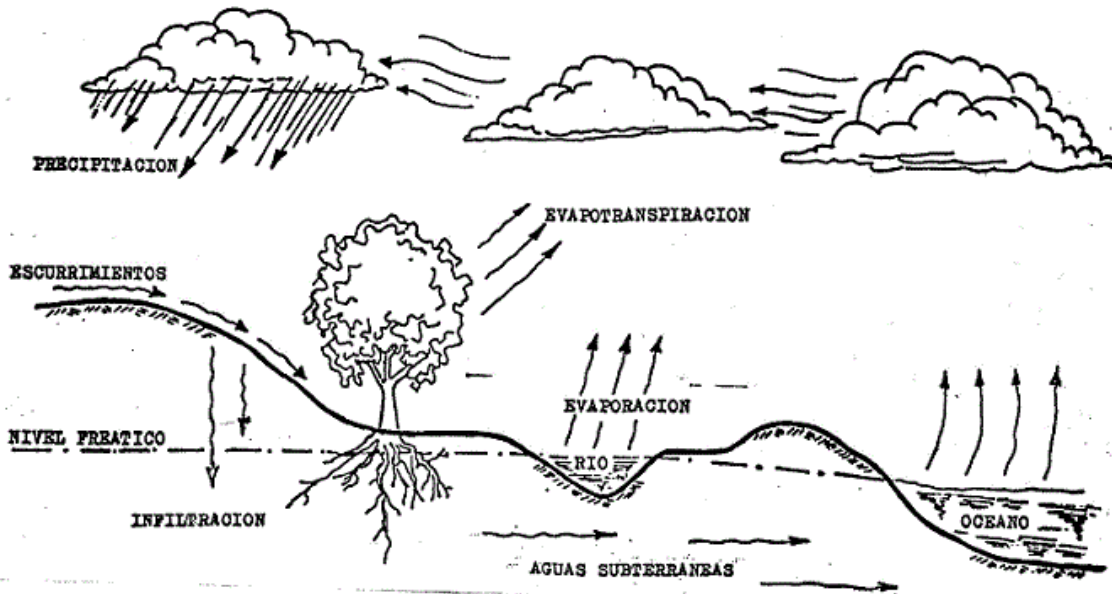
líquido para los diferentes usos en todo el país, y considerando la heterogeneidad espacial y temporal en la precipitación, se ha construido una importante red de infraestructura hidráulica en forma de presas y embalses. La mayoría de los ríos más caudalosos se encuentran parcial o totalmente regulados mediante presas de propósitos múltiples.

Existen más de 4,462 presas y bordos en México, las cuales representan una capacidad total de almacenamiento de alrededor de 150 kilómetros cúbicos. De las cuales 667 están clasificadas como grandes presas, de acuerdo con la definición de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD, por sus siglas en inglés). Se tiene un registro incompleto de los bordos, pequeñas obras de almacenamiento en su mayoría de terracería. El volumen almacenado de agua en las presas no sólo depende de su capacidad de construcción, sino también de la precipitación ocurrida en sus cuencas de captación y de los escurrimientos en las distintas regiones del país. La captación de agua puede ser considerada como una forma rudimentaria de riego.

3.6. Ciclo Hidrológico

El ciclo hidrológico se refiere al movimiento y circulación natural que el agua tiene en toda la tierra y su atmósfera. Este movimiento se da por medio de distintos fenómenos que hacen circular el agua, subiéndola desde el mar hasta la atmósfera y regresándola por las lluvias hacia la tierra y a los mismos océanos. El ciclo no tiene principio ni fin, pero se puede decir que el concepto de ciclo hidrológico se origina en el agua de los océanos.

FIGURAS 3.- Ciclo Hidrológico del Agua.



3.7. Presa

Una obra hidráulica nace de una idea que normalmente viene a suplir una carencia en las infraestructuras hidráulicas.

Las presas son estructuras hidráulicas de contención que permiten conseguir niveles de inundación previstos y el embalsamiento de las aguas.

En ingeniería se denomina presa o represa a un muro grueso de piedra u otro material, como hormigón; material suelto o granular, que se construye a través de un río, arroyo o canal para almacenar el agua y elevar su nivel, con el fin de regular el caudal, para su aprovechamiento en el riego de terrenos, en el abastecimiento de poblaciones o en la producción de energía mecánica. La energía mecánica puede aprovecharse directamente como en los molinos (actualmente en desuso), o de forma indirecta para producir energía eléctrica como en las centrales hidroeléctricas.

3.8. Tipos de Presas

3.8.1. Según su estructura

Presa de gravedad. Es aquella en la que su propio peso es el encargado de resistir el empuje del agua. El empuje del embalse es transmitido hacia el suelo, por lo que éste debe ser suficientemente estable para soportar el peso de la presa y del embalse.

Dentro de las presas de gravedad se puede tener:

Escollera: Tierra homogénea, tierra zonificada, CFRD (grava con losa de hormigón), de roca. Se usa las rocas para su construcción, la pantalla se impermeabiliza con suelo impermeable, concreto, asfalto o un elemento de recubrimiento impermeable.

De hormigón: tipo RCC (hormigón rodillado) y hormigón convencional.

Presa de arco. Es aquella en la que su propia forma es la encargada de resistir el empuje del agua. Debido a que la presión se transfiere en forma muy concentrada hacia las laderas de la cerrada, se requiere que ésta sea de roca muy dura y resistente.

Presa de arco-gravedad. Combina características de las presas de arco y las presas de gravedad y se considera una solución de compromiso entre los dos tipos. Tiene forma curva para dirigir la mayor parte del esfuerzo contra las paredes de un cañón o un valle, que sirven de apoyo al arco de la presa. Además, el muro de contención tiene más espesor en la base y el peso de la presa permite soportar

parte del empuje del agua. Este tipo de presa precisa menor volumen de relleno que una presa de gravedad.

3.8.2. Según sus materiales

Presas de hormigón. Son las más utilizadas en los países desarrollados ya que con éste material se pueden elaborar construcciones más estables y duraderas; debidas a que su cálculo es del todo fiable frente a las producidas en otros materiales. Normalmente, todas las presas de tipo gravedad, arco y contrafuerte están hechas de este material. Algunas presas pequeñas y las más antiguas son de ladrillo, de sillería y de mampostería.

Presas de materiales sueltos. Son las más utilizadas en los países subdesarrollados ya que son menos costosas y suponen el 77% de las que podemos encontrar en todo el planeta. Son aquellas que consisten en un relleno de tierras, que aportan la resistencia necesaria para contrarrestar el empuje de las aguas. Los materiales más utilizados en su construcción son piedras, gravas, arenas, limos y arcillas aunque dentro de todos estos los que más destacan son las piedras y las gravas.

Este tipo de presas tienen componentes muy permeables, por lo que es necesario añadirles un elemento impermeabilizante. Además, estas estructuras resisten siempre por gravedad, pues la débil cohesión de sus materiales no les permite transmitir los empujes del agua al terreno. Este elemento puede ser arcilla (en cuyo caso siempre se ubica en el corazón del relleno) o bien una pantalla de hormigón, la cual se puede construir también en el centro del relleno o bien aguas arriba. Estas presas tienen el inconveniente de que si son rebasadas por las aguas en una crecida, corren el peligro de desmoronarse y arruinarse.

Presas de enrocamiento con cara de hormigón. Este tipo de presas en ocasiones es clasificado entre las de materiales sueltos; pero su forma de ejecución y su trabajo estructural son diferentes. El elemento de retención del agua es una cortina formada con fragmentos de roca de varios tamaños, que soportan en el lado del embalse una cara de hormigón la cual es el elemento impermeable.

3.8.3. Según su aplicación

Presas filtrantes o diques de retención. Son aquellas que tienen la función de retener sólidos, desde material fino, hasta rocas de gran tamaño, transportadas por torrentes en áreas montañosas, permitiendo sin embargo el paso del agua.

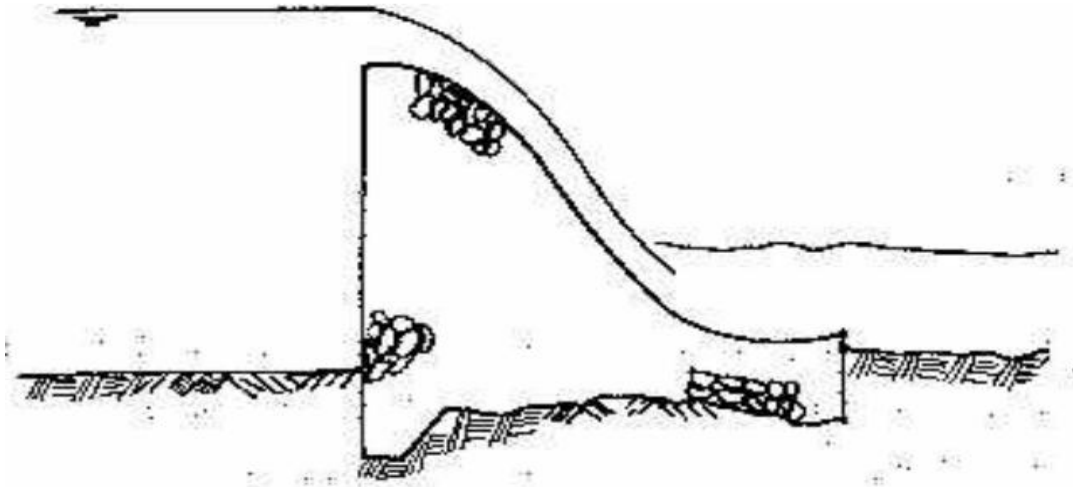
Presas de control de avenidas. Son aquellas cuya finalidad es la de laminar el caudal de las avenidas torrenciales, con el fin de que no se cause daño a los terrenos situados aguas abajo de la presa en casos de fuerte tormenta.

Presa de almacenamiento: El objetivo principal de estas es retener el agua para su uso regulado en irrigación, generación eléctrica, abastecimiento a poblaciones, recreación o navegación, formando grandes vasos o lagunas artificiales. El mayor porcentaje de presas del mundo, las de mayor capacidad de embalse y mayor altura de cortina corresponden a este objetivo.

Presa derivadora. El objetivo principal de estas es elevar la cota del agua para hacer factible su derivación, controlando la sedimentación del cauce de forma que no se obstruyan las bocatomas de derivación. Este tipo de presas son, en general,

de poca altura ya que el almacenamiento del agua es un objetivo secundario. . Las presas son de gran importancia para la agricultura.

FIGURAS 4.- Presa baja Derivadora. Vaga R. O. Arreguin C., F.I. 1987



3.8.4. Según como permitan el paso del agua

Presas con sección sorda no permiten el vertimiento de agua por encima de su estructura. En este caso, el agua se conduce al nivel inferior mediante estructuras de conducción o aliviaderos anexos a la presa.

Presas vertedoras o hidroaliviadoras permiten el paso del agua a través de orificios superficiales alojados en su cuerpo. Las presas de concreto se construyen hidroaliviadoras y solo se deja una parte sorda en contacto con las orillas.

Presas con sección mixta se construyen de forma que parte de la presa permite el vertimiento del agua y parte no.

3.8.5. Según la altura de presión creada por la presa

Presa altas. Las presas se pueden considerar altas si sobrepasan los 75 m de altura. La seguridad requerida por la presa adquiere más importancia a medida que aumenta su altura.

Presas intermedias. La presión actuante sobre las estructuras es media. Las presas tienen una altura comprendida entre 25 m y 75 m.

Presas bajas. Presas menores de 25 m pueden clasificarse como bajas. Una presa derivadora puede tener alrededor de tres metros de altura.

3.8.6. Según los materiales empleados en la construcción

Las presas pueden ser de concreto simple, concreto ciclópeo, concreto reforzado, materiales sueltos compactados, gaviones, madera, materiales plásticos para modelaje hidráulico.

3.8.7. Consideraciones generales para la ubicación de la presa

Consideraciones geológicas. La ubicación de la presa se fija por la necesidad de aprovechar una buena cimentación o estribación. Así mismo, se requiere estabilidad de las laderas del embalse creado.

Consideraciones hidrológicas. La disposición rectilínea de la presa, se usa cuando con ella se logra suficiente longitud del vertedero pues da menor longitud y menores costos. En caso contrario se puede pensar en alineamientos curvos, tipo

abanico, que permiten tener longitudes del frente vertedero mayores y así poder disminuir la carga de agua sobre la estructura y disminuir altura total de presa.

Consideraciones topográficas. La presa debe tener la menor longitud posible, lo cual se logra ubicándola en cañones estrechos. En este caso la presa resultante suele ser de mayor altura, para lograr el embalsamiento necesario que si se ubica en valles amplios. Un valle amplio permite la construcción de las obras en etapas. Si existe un rápido en el cauce, resulta mejor localizar la presa aguas arriba de él, en zonas de más bajas pendientes.

Consideraciones hidráulicas. El sitio escogido debe facilitar la desviación del cauce durante la construcción de las obras y la derivación del río durante la operación del proyecto. Si el cauce es navegable, la presa debe tener la longitud suficiente de forma que se pueda ubicar el vertedero y las esclusas.

3.9. Necesidad de presa.

La construcción de una presa se requiere para garantizar un volumen suficiente, de almacenamiento de agua, y crear un nivel de agua constante con el fin de regular los aportes del río y suplir las demandas durante épocas de sequía.

3.10. Presas de mampostería

Son estructuras permanentes construidas con piedra, arena y cemento, ubicadas de forma transversal a la corriente dentro de un cauce o una cárcava, con el fin de reducir la velocidad del escurrimiento superficial, retener azolves y almacenar agua. Su uso se recomienda en cárcavas de cualquier tamaño pero con profundidades mayores a 2 metros.

Objetivos

Reducir la velocidad de los escurrimientos en el cauce o en la cárcava, con lo cual se propicia la sedimentación y retención de azolves y al tratarse de una estructura impermeable también sirve para el almacenamiento de agua.

Ventajas

- Es una estructura permanente.
- Presenta una alta durabilidad y eficiencia.
- Reduce la velocidad del escurrimiento.
- Retiene azolve y agua.
- Reduce la pendiente media de la cárcava.
- El agua almacenada puede tener diversos usos para las poblaciones rurales.

Desventajas

- Requiere conocimiento técnico para su diseño.
- Alto costo.
- Se requieren obras complementarias de control de azolves en cauces tributarios, para evitar su rápido azolvamiento y la reducción de su vida útil.

3.11. Métodos para calcular el gasto de la avenida máxima probable.

3.11.1. Método Directo:

Método de secciones y pendientes: La Secretaria de los Recursos Hidráulicos, (1975); dice que la determinación del gasto de una avenida utilizando el método de sección y pendiente, es de utilidad para fijar el gasto de diseño para la obra de excedencias y servirá de comparación con el gasto determinado con las curvas envolventes.

3.11.2. Método Indirecto:

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

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

Donde:

$$C = 0.936 / (A)^{0.048}$$

A = área de la cuenca, en km²

Q = gasto máximo por unidad de área de la cuenca, en m³/seg./km²

Fórmula racional: Es de las más antiguas (1889) y probablemente todavía una de las más utilizadas, considera que el gasto máximo se alcanza

cuando la precipitación se mantiene con una intensidad constante durante un tiempo igual al tiempo de concentración. La fórmula racional es:

$$Q_p = 0.278 C i A$$

Donde:

Q_p = gasto máximo pico, en m^3 / seg

C = coeficiente de escurrimiento

i = intensidad media de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, mm / h

A = área de la cuenca, en km^2

Para estimar el tiempo de concentración se utiliza la fórmula de Kirpich.

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

Donde:

t_c = tiempo de concentración, en hrs.

L = longitud del cauce principal, en km^2

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

3.12. Agricultura

En lo que se refiere a los usos del agua, el 77% corresponde al uso agrícola, 14% al público y 9% a las industrias que obtienen agua de ríos y acuíferos; es oportuno comentar que en el uso agrícola se están incluyendo también los usos agrícola, pecuario, acuicultura y múltiples, que se establecen en la clasificación de la Ley de Aguas Nacionales.

En lo que respecta al aprovechamiento del agua, las eficiencias en el uso son aún muy bajas, ya que en el sector agrícola oscilan entre el 33 y 55%.

El mayor volumen concesionado para usos consuntivos del agua es el que corresponde a las actividades agrícolas, en este caso, se está considerando principalmente el agua empleada para riego. Cabe destacar que México es uno de los países con mayor infraestructura de riego en el mundo.

La superficie dedicada a la agricultura en México es de aproximadamente 21 millones de hectáreas y de ella, 6.5 millones son de riego y 14.5 de temporal. La productividad de las áreas de riego es, en promedio, 3.7 veces mayor que las de temporal y a pesar de su superficie sustancialmente menor, la agricultura de riego genera más de la mitad de la producción agrícola nacional.

Por otra parte, en el país, el mayor crecimiento poblacional y económico se ha generado en las zonas con menor disponibilidad de agua; así, en el centro y norte, donde se tiene el 31% de la disponibilidad de agua nacional se concentra el 77% de la población, a diferencia de la zona sureste, donde el 23% de la población cuenta con el 69% del recurso disponible (CNA, 2007).

Por lo tanto, la distribución natural del agua, la contradictoria distribución urbana en el país y la falta de planeación son algunas de las principales razones por las que en México se está padeciendo problemas de escasez.

3.13. Agricultura Protegida

La agricultura protegida se realiza bajo estructuras construidas con la finalidad de evitar las restricciones que el medio impone al desarrollo de las plantas. Así, mediante el empleo de diversas cubiertas se reducen las condiciones restrictivas del clima sobre los vegetales. A través de los años pero sobre todo en las últimas décadas, se han desarrollado varios tipos de estructuras para la protección de las plantas que plantean diferentes alternativas, generar condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de cultivos, de acuerdo a los requerimientos climáticos de cada especie y en concordancia con los factores climáticos de cada región.

En México, la horticultura protegida está en amplio crecimiento y desarrollo. En el año de 1980 se reportaron 300 hectáreas (ha) con este sistema de producción y en 2008 alrededor de 10 000 ha. Este sistema de producción ha presentado un elevado crecimiento en los últimos años (entre 20 y 25% anual), lo que ha generado contradicciones en el número de hectáreas (ha) actualmente establecidas. La Secretaría de Agricultura Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA), en 2010 reportó 11 760 has mientras que para el mismo año la Asociación Mexicana de Agricultura Protegida, Asociación Civil (AMHPAC) en el mismo año censó 15 300 ha. En general, los invernaderos constituyen 44 % y la malla sombra 51% de la superficie total. Los Estados que concentran el mayor número de hectáreas de cultivo en invernadero son: Sinaloa (22%), Baja California (14%), Baja California Sur (12%) y Jalisco (10%); en estas cuatro entidades se encuentra más del 50% de la producción total de cultivos protegidos.

Las principales especies cultivadas en este sistema de producción son: hortalizas como tomate rojo o jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), pimiento morrón (*Capsicum annum* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), melón (*Cucumis melo* L.), lechuga (*Lactuca sativa*L.); plantas ornamentales y flores de corte tales como rosas (*Rosa hybrida*L.), gerbera (*Gerbera* spp.) y crisantemo (*Chrysanthemum*

spp). Adicionalmente, en agricultura protegida también se producen plántulas de hortalizas para trasplante a campo abierto, así como plantas medicinales y aromáticas.

3.13.1. El desarrollo de la horticultura protegida en el país

La horticultura protegida en México se ha venido desarrollando bajo condiciones muy heterogéneas, desde costosos invernaderos de vidrio, con muy elevadas inversiones que superan los 1300 pesos/m², hasta económicas instalaciones como las denominadas “casas sombra” con costos de 104 pesos/m².

3.14. Malla sombra y casa sombra

Las casa sombra y la malla sombra son dos elementos que se emplean para disminuir la cantidad de energía radiante que llega a los cultivos. Las mallas no sólo se utilizan como elemento de sombreo, sino que se emplean en las ventanas de los invernaderos con el objetivo de impedir la entrada de insectos y reducir el uso de pesticidas.

Las mallas empleadas para cubrir completamente estructuras de invernaderos o estructuras tipo cobertizos, conocidas comercialmente como casas sombra, consisten en una tela tejida de plásticos con entramados de cuadros de diferentes tamaños que sirve como cubierta protectora que regula la cantidad de luz que llega a las plantas y proteger los efectos del granizo, insectos, aves y roedores.

Mediante el empleo de mallas se puede reducir entre 10 a 95% del total de la radiación solar. La cantidad de luz que se deja pasar al interior depende de la especie que se tenga en cultivo. Con las mallas no se evita el paso del agua de

lluvia, además son permeables al viento. Generalmente las estructuras sobre las que se colocan las mallas sombra son metálicas pero también pueden ser construidas con madera.

Las mallas de color negro son las más utilizadas y en menor medida las de color rojo y azul. Los materiales más comunes para la fabricación de mallas sombras son el polietileno y polipropileno, también se empieza a utilizar el poliéster. La duración de las mallas de polietileno, con un buen manejo, puede ser de cuatro años mientras que las de polipropileno pueden durar hasta diez años, ambos materiales son de color negro.

El objetivo del empleo de una malla sombra no sólo es reducir la cantidad de luz, también tiene como finalidad evitar el exceso de temperatura. Si se considera que el calor es producido por la radiación infrarroja cercano del espectro electromagnético o energía radiante del sol, una malla sombra ideal debería ser un filtro selectivo que detuviera esa radiación sin afectar la parte visible o útil para la fotosíntesis.

Las mallas sombras también se usan en los invernaderos, para disminuir la luminosidad colocadas por encima de la cubierta de plástico, con el propósito de proporcionar sombra y disminuir la cantidad de energía luminosa que penetra al interior, en este caso se requiere de una estructura de 30 a 40 cm encima del plástico. Cuando se coloca debajo de la cubierta de plástico, disminuye la luminosidad pero aumenta la temperatura, ya que la energía retenida se transforma en calor que la malla irradia al interior del invernadero.

3.15. Riego

Es el suministro de agua a la zona radicular de las plantas.

La situación del agua en el mundo presenta un panorama de escasez, sobrexplotación y contaminación, de tal forma que en muchos países se le considera un factor limitante para un desarrollo sustentable. Lo anterior, obliga a buscar formas de incrementar la eficiencia en el uso del agua, para impactar en aquellos aspectos donde es afectado el rescate del recurso, tanto en cantidad como en calidad, sea el mayor posible (Phene, 1999).

El concepto de “***uso eficiente del agua***” se ha definido en diferentes maneras, pero tal vez el concepto de Baumann et al. (1980) sea el más atinado; este autor menciona, que es cualquier reducción o prevención de pérdida del agua que sea de beneficio para la sociedad. Visto de esta manera, el uso eficiente del recurso es de suma importancia para la conservación. Al mismo tiempo, la definición de la conservación sugiere que las medidas de eficiencia deben tener sentido social y económico, además de reducir el uso de vital líquido por unidad de actividad.

Tomando en cuenta solo el agua que se utiliza en la agricultura, Hidalgo (1971) define la eficiencia en el uso del agua, como la relación entre la lámina de agua estrictamente precisa para lograr el mejor producto neto de las cosechas, en un medio determinado y la derivada con este fin, de la fuente de abastecimiento, de manera que no se altere la fertilidad del terreno.

Su expresión algebraica es:

$$E = \frac{L_u}{L_d} * 100\%$$

Donde:

E = Eficiencia total en %

Lu = Lámina de agua estrictamente precisa para lograr el mejor rendimiento sin daño a la fertilidad del terreno. mm/hr

Ld = La lamina derivada de la fuente de abastecimiento en lps.

La Ld se puede obtener con buena precisión y se considera como la lámina riego optima económica; esta última Palacios y Fernández (1972) la definen como el producto de la deficiencia entre evapotranspiración optima económica y la lluvia efectiva, por un factor de manejo. Algebraicamente es:

$$Lu = (Eto - Pe) k$$

Donde:

Eto = evapotranspiración optima económica, o sea, la mínima cantidad de agua evapotraspirada por un cultivo para obtener el máximo rendimiento económico.

Pe = precipitación efectiva, que es la cantidad de agua de lluvia que es utilizada por el cultivo en el proceso de evapotranspiración.

K = factor de manejo: este es mayor que la unidad y puede deberse a un cierto requerimiento de lavado de suelo, agua para mantener inundado el cultivo como en el caso del arroz o riegos necesarios para el control de plagas u otros motivos, diferente al uso en el proceso de evapotranspiración.

Es difícil conocer L_u con precisión, debido a que los términos que la componen como el E_t y K , son difíciles de medir o estimar y solo puede obtenerse con medios experimentales, o sea, que requiere el apoyo de la investigación agrícola. Por lo tanto, estimar la eficiencia en el uso del agua es difícil y solo pueden lograrse estimaciones gruesas, debido a la cantidad de datos que se desconocen (Palacios, 1995)

3.15.1. Riego por Goteo

Se le denomina riego de alta frecuencia, ya que se fundamenta en la aplicación continua de agua (varias veces al día, diaria o cada tres días); en este se aplican bajos volúmenes de agua, con el propósito de remplazar con exactitud el agua utilizada en la evaporación del suelo y por la planta en el proceso de transpiración. Además, mantiene una parte de la zona radical en condiciones de humedad casi constante minimiza el movimiento del agua abajo del nivel de las raíces (Phene y Beale, 1976; Phene et al., 1987; Phene et al., 1989).

Este sistema de riego es excelente para incrementar la eficiencia del uso del agua y los fertilizantes; además, disminuye la incidencia de la enfermedad denominada "secadera". Los sistemas de riego por goteo, ayudan a distribuir el agua y los fertilizantes en la parcela con mayor eficiencia que el sistema de surcos, lo que se traduce en un mayor rendimiento, mejor calidad de los frutos y ahorro de agua (Castellanos et al., 2000).

El riego por goteo es un método de aplicación de agua, nutrientes y agroquímicos directamente a la zona radicular de las plantas en proporción controlada, lo que le permite obtener máximos resultados y minimizándose el uso del agua y otros recursos. Al controlar el área y la proporción en que el agua es aplicada, la

humedad del suelo se optimiza. Las grandes variaciones en la humedad el suelo suelen causar estrés a las plantas y afectar su crecimiento y la producción comercial. El riego por goteo es una herramienta de manejo, que cuando se opera correctamente, minimiza el estrés en las plantas (T-Tape, 2002).

El riego por goteo ofrece muchas ventajas como un método de aplicación de agua para la producción de hortalizas. Se aplica el agua en la zona de la raíz de la planta a través de emisores, que controlan la misma descarga en cualquiera lugar de la parcela, siendo conducida hacia la parcela por tubería de plástico y dentro de la parcela por manguera de poliducto tipo cintilla. Además del agua se puede aplicar fertilizante líquido (fertirrigación) e inyectarse al utilizar este sistema, en el lugar donde se necesite. Así, las necesidades de agua y la aplicación de fertilizante se pueden realizar de acuerdo a las necesidades de la planta (Clark, 1992; citados por Bravo y Echavarría, 2003).

Para establecer un sistema de riego por goteo en el cultivo de chile, se recomienda que la plantación se realice en camas de 152 cm de ancho, con plantas a doble hilera, con una separación de 50 a 60 cm entre hileras de planta y 30 cm entre matas. Se debe colocar una Cintia o manguera de goteo en el centro de las dos hileras de plantas, o con una cintilla por hilera (Bravo et al., 2002).

Si la línea de goteo moja adecuadamente toda la cama, se podrá utilizar una sola línea. Por el contrario, se debe utilizar una línea de goteo por cada hilera de plantas, en caso de que se alcance a mojar bien la cama. El mismo criterio se utiliza para determinar la separación de los emisores de agua en la línea de goteo; esta separación puede ser de 20 o 30 cm; la decisión se tomara según disminuya la humedad en el suelo.

Se recomienda regar diariamente o cada tercer día, según el tipo de suelo; en los ligeros o con algo porcentaje de arena, el riego será diario y en los medios arcillosos, podrá ser cada dos o tres días.

3.16. Fertirrigación

Se entiende por fertirrigación la aplicación de sustancias nutritivas (iones minerales, compuestos orgánicos, vitaminas, aminoácidos, mejoradores, bioactivadores, hormonas, ácidos, etc.) requeridas por las plantas en el agua de riego, aplicándolas en la cantidad, proporción y forma química requerida por estas según su etapa fenológica, ritmo de crecimiento y acumulación de materia seca, de tal manera que se logre a corto y largo plazo altos rendimientos con calidad y el mantenimiento de un adecuado nivel de fertilidad general en el suelo (Navarro, 2002).

Mediante la fertirrigación es posible aplicar, en forma oportuna y precisa, los nutrimentos que requieren las plantas para alcanzar altos rendimientos, es decir, los fertilizantes pueden aplicarse durante el ciclo del cultivo en las cantidades que las plantas los requieran, en cada etapa fenológica. Esto permite incrementar la eficiencia del uso de los fertilizantes (Hochmuth y Clark, 1991; citados por Bravo y Lozano, 2003).

La fertirrigación es la aplicación simultánea del agua de riego y los fertilizantes, generalmente de manera localizada y con elevada frecuencia (Alarcón y Egea, 1999). Con el riego localizado se reducen las pérdidas de agua por evaporación directa y el volumen de suelo humedecido, es relativamente bajo; con lo cual se reduce la capacidad de almacenamiento de agua, de ahí la necesidad de aplicaciones frecuentes de volúmenes reducidos de agua con lo cual se reducen las pérdidas por escurrimiento y percolación (Muñoz y Castellanos, 2003).

Se debe controlar el pH de la solución nutritiva que se va a inyectar por el sistema de riego y de suelo, para facilitar que las plantas tomen los nutrientes esenciales para su desarrollo; se recomienda que el suelo tenga un valor de pH 6.5 a 7.0 para que sean asimilables todos los nutrientes (Martínez, 2002).

Los nutrientes pueden ser inyectados por el sistema de riego; los más empleados son el nitrógeno (N) y el potasio (K), ya que el fósforo (P) se puede aplicar todo al suelo debido a su baja movilidad. Los fertilizantes que se pueden usar como fuente de N son: nitrato de amonio, sulfato de amonio y urea; como fuente de P: ácido fosfórico, fosfato monoamónico (MAP) y fosfato diamónico (DAP); como fuente de K: nitrato de potasio y cloruro de potasio. También, se puede utilizar algún otro fertilizante que tenga altos contenidos de N P K, y que sea soluble.

3.16.1. Fertilizantes utilizados en fertirrigación

Por definición, fertilizantes es cualquier material orgánico o inorgánico, natural o sintético, capaz de proporcionar a las plantas uno o más elementos químicos esenciales para su desarrollo normal. Hasta la fecha, se consideran 16 elementos esenciales. Los fertilizantes a utilizar en fertirriego deben reunir ciertas características para su correcta aplicación a través de riego por goteo, dentro de las que destacan por su importancia: la solubilidad, pureza, compatibilidad y el precio, el cual es el factor importante a considerar (Martínez et al., 2004).

Solubilidad. Los fertilizantes deben ser altamente solubles al agua, para obtener en disolución los elementos contenidos en los mismos y evitar obstrucciones en los goteros. Se debe descartar todos los que contengan aditivos para mejorar su conservación y los fertilizantes liberación lenta.

Pureza. Los fertilizantes que han de ser inyectados en el sistema de riego, deben contener la menor cantidad de impurezas. Se debe evitar el uso de fertilizantes de alto índice de salinidad y aquellos que contengan sustancias tóxicas para los cultivos.

Compatibilidad. Esta propiedad se debe tener en cuenta al momento de preparar las mezclas de fertilizantes, ya que de lo contrario, se tendrán problemas de formación de precipitados. Como norma general, el ion sulfato es incompatible con el calcio, y los fosfatos con el calcio y el magnesio.

3.17. Pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.)

3.17.1. Taxonomía y morfología

-Familia: Solanaceae.

-Especie: *Capsicum annuum* L.

-Planta: herbácea perenne, con ciclo de cultivo anual de porte variable entre los 0,5 metros (en determinadas variedades de cultivo al aire libre) y más de 2 metros (gran parte de los híbridos cultivados en invernadero).

-Sistema radicular: pivotante y profundo (dependiendo de la profundidad y textura del suelo), con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 50 centímetros y 1 metro.

-Tallo principal: de crecimiento limitado y erecto. A partir de cierta altura (“cruz”) emite 2 o 3 ramificaciones (dependiendo de la variedad) y continua ramificándose

de forma dicotómica hasta el final de su ciclo (los tallos secundarios se bifurcan después de brotar varias hojas, y así sucesivamente).

-Hoja: entera, lampiña y lanceolada, con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un pecíolo largo y poco aparente. El haz es glabro (liso y suave al tacto) y de color verde más o menos intenso (dependiendo de la variedad) y brillante. El nervio principal parte de la base de la hoja, como una prolongación del pecíolo, del mismo modo que las nerviaciones secundarias que son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja. La inserción de las hojas en el tallo tiene lugar de forma alterna y su tamaño es variable en función de la variedad, existiendo cierta correlación entre el tamaño de la hoja adulta y el peso medio del fruto.

-Flor: las flores aparecen solitarias en cada nudo del tallo, con inserción en las axilas de las hojas. Son pequeñas y constan de una corola blanca. La polinización es autógena, aunque puede presentarse un porcentaje de alopolinización que no supera el 10%.

-Fruto: baya hueca, semicartilaginosa y deprimida, de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco); algunas variedades van pasando del verde al anaranjado y al rojo a medida que van madurando. Su tamaño es variable, pudiendo pesar desde escasos gramos hasta más de 500 gramos. Las semillas se encuentran insertas en una placenta cónica de disposición central. Son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5 milímetros.

3.17.2. Nombre Botánico y Variedades

El cultivo de pimiento *Capsicum* ha sido cultivado en Centro y Sudamérica mucho antes de la llegada de Cristóbal Colón, específicamente en Perú y Bolivia.

El pimiento pertenece a la familia de Solanácea que incluye tomate, papa y berenjena. Hay cinco especies domesticadas de *Capsicum* (Dewitt y Bosland, 1996):

- *Capsicum annuum*: Pimiento Dulce (California o Bell Pepper), Chile Serrano, Chile
- Jalapeño, Chile Ancho.
- *Capsicum chinense*: Habanero, Dátil.
- *Capsicum frutescens*: Tabasco, Malagueta.
- *Capsicum baccatum*: Christmas Bells, Ajíes y Piquis.
- *Capsicum pubescens*: Rocoto.

3.17.3. Producción Global

El pimiento morrón es de gran importancia mundial, ya que se encuentra extendido de manera general en las regiones templadas y cálidas, además ocupa el 5° lugar en la producción y superficie cultivada de las principales hortalizas (Guzmán y Limón, 2000).

Seis países son responsables del 76,6 % de la producción mundial de pimiento (en toneladas). China produce 50,1 % de la producción mundial. México, Turquía, España, EE.UU. y Nigeria son responsables del otro 26,5 % de la producción mundial.

La producción de pimiento morrón en México se realiza a cielo abierto y es destinada principalmente al mercado de exportación, el 90 % de la producción es destinada principalmente a Estados Unidos y Canadá, por medio del cual se captan divisas que influyen en el desarrollo regional.

3.17.4. Clima

El correcto manejo de los factores climáticos, dentro de los cuales cabe destacar, temperatura de día y temperatura nocturna, humedad relativa y radiación luminosa son aspectos fundamentales a considerar en un adecuado desarrollo vegetativo y generativo del cultivo del pimiento. Conocer sus valores óptimos y críticos además de sus relaciones facilitará un apropiado manejo del cultivo.

Adaptación general. El cultivo se adapta muy bien a altitudes de 0 hasta 2,300 msnm, dependiendo de la variedad.

3.17.5. Temperatura

El pimiento es un cultivo de estación cálida y comparado con otras especies de solanáceas necesita de temperaturas más altas que el tomate, y más bajas que la berenjena (IFA, 2006).

Rango de temperatura óptima. La temperatura ideal para pimiento oscila entre 18 y 28 °C. Por esta razón la mayoría de los cultivos al aire libre se producen en climas templados, entre los paralelos 30° y 40° en ambos hemisferios, norte y sur.

La combinación de un régimen de 15,6 °C en la noche y 21,1 °C durante el día, unido a un alto nivel de humedad en el suelo, dio como resultado los niveles más altos de fructificación (Cochran, 1936). Temperaturas nocturnas de 20 °C después de floración aumentaron asimismo el tamaño del fruto y el número de semillas por fruto, acelerando también el desarrollo de la fruta. El peso de la fruta aumentó al mismo tiempo que aumentaron el número de semillas por fruta (Rylski, 1973).

Exigencias de la planta

- Muy exigente en temperatura
- Temperatura sin luminosidad provoca ahilamiento, caída de flor y gran producción de forraje.

Germinación:

Temperatura	Mínima	13° C
	Óptima	20-25° C
	Máxima	40° C

Crecimiento

Temperatura	Mínima	14° C
	Óptima	día..... 20- 25° C
	Optima	noche..... 16- 18° C
	Máxima	35- 40° C con HR >50%

Cuajado:

Temperatura	Mínima	18- 20° C
	Óptima	25° C
	Máxima	35° C

Helada:

Se hiela a 0° C

Crecimiento vegetativo:

Detiene su crecimiento por debajo de 10° C positivos y por encima de 35° C cuando la HR es baja. Aguanta hasta 40° C si la humedad relativa ronda al 70%.

Materia Orgánica:

Mínimo de 4%

Humedad Relativa:

En periodo de crecimiento admite HR superiores a 70%. Pero en periodo de floración y cuajado del fruto la humedad relativa óptima está entre el 50-70% con humedades superiores se corre el riesgo de padecer enfermedades criptogámicas.

Sila HR es baja produce frutos asurados comúnmente llamados “asoleados”.

Temperaturas nocturnas. Las temperaturas nocturnas condicionan, en términos generales, el crecimiento de la planta de pimiento y en particular los procesos de floración y fructificación (Rylski y Spigelman, 1982).

Temperaturas nocturnas bajas. Las bajas temperaturas nocturnas (15 °C) aumentaron la fructificación en general y en particular la formación de frutos partenocárpicos (sin semillas) (Rylski y Spigelman, 1982).

Temperaturas de día bajas cercanas a 16-18 °C, afectan la formación de la flor negativamente, aunque pareciera ser más importante para los procesos de cuajado.

Altas temperaturas nocturnas (24 °C) provocan la caída de flores (Rylski y Spigelman, 1982) (Figura 22).

Altas Temperaturas Diurnas sobre 32 °C en combinación con baja humedad relativa producirán aborto floral, mientras que la viabilidad del polen será fuertemente reducida debido a la falta de humedad.

3.17.6. Luz

El chile dulce necesita de una buena iluminación. En caso de baja luminosidad, el ciclo vegetativo tiende a alargarse; en caso contrario, a acortarse. Esto indica que las épocas de siembra y la densidad deben ser congruentes con el balance de la luz.

Luminosidad

- Poco exigente en fotoperiodo, siempre que la intensidad de la luz sea alta.
- Muy exigente en intensidad, sobre todo en periodo de floración

Fotoperiodo. Esta planta es de días cortos, es decir, la floración se realiza mejor y es más abundante en los días cortos (diciembre), siempre que la temperatura y los demás factores climáticos sean óptimos. No obstante, debido a la gran diversidad de cultivares existentes en la actualidad, las exigencias fotoperiódicas varían de 12 a 15 horas por día.

En estado de plántula, es un cultivo relativamente tolerante a la sombra. En el semillero, la utilización de hasta un 55% de sombra aumenta el tamaño de las plantas, lo que favorece la producción en el campo de mayor número de

frutos de tamaño grande. La sombra tenue en el campo puede ser benéfica para el cultivo, por reducir el estrés de agua y disminuir el efecto de la quema de frutos por el sol; sin embargo, el exceso de sombra reduce la tasa de crecimiento del cultivo y también puede provocar el aborto de flores y frutos.

3.17.7. Agua

El manejo apropiado del riego es esencial para asegurar un alto rendimiento y una alta calidad. Al aire libre, el pimiento puede necesitar hasta 8,000 m³/ha de agua, y en invernaderos hasta 4,500 m³/ha (Berrios et al., 2007).

La fertirrigación diaria con cantidades pequeñas de nutrientes evitará el stress por sal (salinidad) en la zona radicular o el agotamiento temprano de nutrientes (falta de nutrición), como podría ser el caso si se llevaran aplicaciones semanales de fertilizantes (Fuentes, 2003).

La escasez de agua producirá un crecimiento reducido en general, y una absorción escasa de calcio en particular, conduciendo al desequilibrio por deficiencia de calcio, mostrado en la fruta como Blossom end rot (BER, necrosis apical). La floración es afectada negativamente y se podrían aparecer abscisión de flores (Katerji et al, 1993). El estrés por falta de agua hasta las primeras etapas de crecimiento de la planta redujo la cosecha en forma similar al estrés uniforme durante todo el ciclo del cultivo. Las diferencias en los rendimientos entre los diferentes regímenes de riego fueron debido a las importantes diferencias en el número de fruto por planta (Pellitero et al, 1993).

El estrés por escasez de agua afecta el crecimiento del pimiento, reduciendo el número de las hojas y el área foliar, resultando en una menor transpiración (Abou - Hussein, 1984). Estrés debido a falta de agua afecta el crecimiento de plantas de pimiento causando una reducción del número de hojas y un área foliar reducida

modificando así la arquitectura de la planta. Las implicancias sobre el régimen de radiación sobre la canopia pueden ser anticipadas (Giulivo y Pitacco, 1993). La densidad de raíz se reduce un 20 % bajo condiciones de estrés de escasez de agua, comparada con plantas suficientemente regadas (De Lorenzi et al, 1993).

Por otro lado, el exceso de agua causará muerte de raíz debido a la condición anaeróbica que presentará el suelo, también habrá retraso de la floración y desórdenes en la fructificación (por ejemplo partidura de fruto (Barrios, 2007).

El agua de riego con un pH elevado generalmente contiene altos niveles de bicarbonatos y carbonatos tanto de calcio como de magnesio. Se recomienda la acidificación del agua para reducir el pH a 5-6 antes que ésta llegue a la planta. Esto mejorará la disponibilidad de ciertos nutrientes, tales como P, Fe, Zn, Cu, Mn y B y evitará la precipitación de sales insolubles que podrían bloquear el sistema de riego por goteo (Fuentes, 2003).

3.17.8. Suelo

En la actualidad, la elección del suelo para la producción de chile dulce es una de las decisiones más importantes. Si se comete un error al respecto, se puede producir la pérdida total del cultivo; sin embargo, el cultivo de chile se siembra en un rango muy amplio de suelos.

Textura. Los suelos ideales son los de textura ligera a intermedia: franco arenosos, francos, profundos y fértiles, con adecuada capacidad de retención de agua y buen drenaje; deben evitarse los suelos demasiados arcillosos. El encharcamiento por períodos cortos, ocasiona la caída de las hojas por la falta de oxígeno en el suelo y favorece el desarrollo de enfermedades fungosas.

Las raíces están presentes en los primeros 60 cm de profundidad de suelo, con 70% del volumen de raíces total en los primeros 20 cm de profundidad.

El pH ideal del suelo es de 6,0-6,5. A un pH > 6,5 los micro-nutrientes metálicos (Fe, Zn, Mn y Cu), boro (B) y fósforo (P), llegan a presentar una baja disponibilidad para la absorción por parte de la planta. A un pH < 5,5 el fósforo (P) y molibdeno (Mo) están menos disponibles para ser absorbidos por la planta.

3.17.9. Nutrición del Pimiento Morrón

La fertilización después del riego, es el principal factor limitante de la producción hortícola, y tiene como objeto fundamental la restitución al medio de cultivo de las cantidades nutrientes absorbidas por las plantas (*Moreno et al., 2004*).

El periodo de mayores necesidades de N, P y K se extienden desde aproximadamente diez días después de la floración hasta justo antes de que es fruto comience a madurar. Las concentraciones de N, P y K son mayores en las hojas, seguidas del fruto y del tallo. El orden de estos días últimos se invierten en los contenidos de Ca y Mg (*Jiménez et al., 2001*).

Los programas de fertirrigación, desde el agua de riego y los fertilizantes se aportan conjuntamente, deben restituir las cantidades extraídas por el cultivo en cada estado de desarrollo.

3.17.10. Plantación

El marco de plantación se establece en función del porte de la planta, que a su vez dependerá de la variedad comercial cultivada. El más frecuentemente empleado en los invernaderos es de 1 metro entre líneas y 0,5 metros entre plantas, aunque

cuando se trata de plantas de porte medio y según el tipo de poda de formación, es posible aumentar la densidad de plantación a 2,5-3 plantas por metro cuadrado. También es frecuente disponer líneas de cultivo pareadas, distantes entre sí 0,80 metros y dejar pasillos de 1,2 metros entre cada par de líneas con objeto de favorecer la realización de las labores culturales, evitando daños indeseables al cultivo.

En cultivo bajo invernadero la densidad de plantación suele ser de 20.000 a 25.000 plantas/ha. Al aire libre se suele llegar hasta las 60.000 plantas/ha.

3.17.11. Poda de formación

Es una práctica cultural frecuente y útil que mejora las condiciones de cultivo en invernadero y como consecuencia la obtención de producciones de una mayor calidad comercial. Ya que con la poda se obtienen plantas equilibradas, vigorosas y aireadas, para que los frutos no queden ocultos entre el follaje, a la vez que protegidos por él de insolaciones.

Se delimita el número de tallos con los que se desarrollará la planta (normalmente 2 ó 3). En los casos necesarios se realizará una limpieza de las hojas y brotes que se desarrollen bajo la “cruz”.

La poda de formación es más necesaria para variedades tempranas de pimiento, que producen más tallos que las tardías.

Aporcado. Práctica que consiste en cubrir con tierra o arena parte del tronco de la planta para reforzar su base y favorecer el desarrollo radicular. En terrenos enarenados debe retrasarse el mayor tiempo posible para evitar el riesgo de quemaduras por sobrecalentamiento de la arena.

Tutorado. Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida, ya que los tallos del pimiento se parten con mucha facilidad.

Las plantas en invernadero son más tiernas y alcanzan una mayor altura, por ello se emplean tutores que faciliten las labores de cultivo y aumente la ventilación.

Pueden considerarse dos modalidades:

Tutorado tradicional: consiste en colocar hilos de polipropileno (rafia) o palos en los extremos de las líneas de cultivo de forma vertical, que se unen entre sí mediante hilos horizontales pareados dispuestos a distintas alturas, que sujetan a las plantas entre ellos. Estos hilos se apoyan en otros verticales que a su vez están atados al emparrillado a una distancia de 1.5 a 2 m, y que son los que realmente mantienen la planta en posición vertical.

Tutorado holandés: cada uno de los tallos dejados a partir de la poda de formación, se sujeta al emparrillado con un hilo vertical que se va liando a la planta conforme va creciendo. Esta variante requiere una mayor inversión en mano de obra con respecto al tutorado tradicional, pero supone una mejora de la aireación general de la planta y favorece el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales (destallados, recolección, etc.), lo que repercutirá en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades.

Destallado. A lo largo del ciclo de cultivo, se irán eliminando los tallos interiores para favorecer el desarrollo de los tallos seleccionados en la poda de formación, así como el paso de la luz y la ventilación de la planta. Esta poda no debe ser demasiado severa, para evitar en lo posible paradas vegetativas y quemaduras en los frutos que quedan expuestos directamente a la luz solar, sobre todo en épocas de fuerte insolación.

Aclareo de frutos. Normalmente es recomendable eliminar el fruto que se forma en la primera “cruz” con el fin de obtener frutos de mayor calibre, uniformidad y precocidad, así como mayores rendimientos.

En plantas con escaso vigor o endurecidas por el frío, una elevada salinidad o condiciones ambientales desfavorables en general, se producen frutos muy pequeños y de mala calidad que deben ser eliminados mediante aclareo.

3.17.12. Control de plagas y enfermedades

Para combatir las plagas y enfermedades, que se presentaron durante el ciclo del cultivo, se aplicaron en forma preventiva y de control con diferentes productos químicos. Las aplicaciones de estos productos (insecticidas y funguicidas), se realizó cuando se detectaron algunas plagas y enfermedades. Las plagas y enfermedades que más se presentaron en el cultivo de pimiento morrón se señalan en el Cuadro 2.

CUADRO 2.- Principales plagas y enfermedades en pimiento morrón y su control

Producto utilizado	Plaga o enfermedad	Dosis por mochila *
Agrimec 1.8% CE	Araña roja (<i>Tetranychus urticae</i>)	20 ml
Endosulfan 3 CE	Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	60 ml
Permetrina 500 CE	Gusano del fruto (<i>Heliothis zea</i>)	25 ml
Methomyl 90	Gusano falso medidor (<i>Trichoplusia ni</i>)	20 g
Agrimec 1.8% CE	Minador de la hoja (<i>Liriomiza munda</i>)	20 ml
Methomyl 90	Gusano soldado (<i>Spodoptera spp</i>)	20 g
Metamidofos 600	Pulgones (<i>Myzus persicae</i>)	30 ml
Dimetoato 400 CE	Pulgones (<i>Myzus persicae</i>)	30 ml
Trebanil 75 PH	Tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>)	125 g
Promyl 50 PH	Cenicilla polvorienta (<i>Erysiphe horacearum</i>)	30 g
Tecto 60	<i>Fusarium spp.</i>	40 g
Ridomil Gold 4E	Secadera o tristeza del pimiento (<i>Phytophthora capsici</i>)	50 ml
Prozycar 500 F	<i>Phytium spp.</i>	25 g
Cupravit Hydro	Mancha bacteriana (<i>Xanthomonas campestris pv. Vesicatoria</i>)	80 g

*: Mochila de 20 litros, se utilizó un adherente comercial (Bionex) a una dosis de 1ml/l de agua.

3.17.13. Fertilización

Con relación a la fertilización aplicada de manera tradicional a nivel regional en México, se tienen las siguientes recomendaciones (Santiago, 2000):

- Región Bajío: para el cultivo de chiles; ancho, pasilla, mulatos, guajillo o cascabel, aplicar $180-80-00 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N-P-K, distribuyendo la mitad del nitrógeno y todo el fósforo, a los ocho días después del trasplante, empleando de preferencia urea o sulfatos y superfosfato simple de calcio. La otra mitad del nitrógeno a los 60 días después del trasplante (ddt) o al inicio de la floración, empleando sulfatos, nitratos o urea.
- Región Huasteca: para el cultivo de chile serrano, aplicar $180 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrógeno, distribuidos como sigue: la mitad del nitrógeno a los 30 días después de la emergencia y el resto a los 100 días después de la emergencia.
- Región Noroeste: para el cultivo de chiles pimiento dulce o tipo Bell, aplicar $250-250-100$ o bien $350-350-200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N-P-K, en caso de que el cultivo anterior no haya sido una hortaliza, distribuido como sigue: una tercera parte del nitrógeno, dos terceras partes del fósforo y dos terceras partes del potasio, antes del trasplante. En la fructificación dos terceras partes del nitrógeno, una tercera del fósforo y una tercera parte del potasio.

En la actualidad, la fertilización de los cultivos ha dejado de ser una actividad convencional, ya que ahora existen fórmulas que nos permiten diversas aplicaciones de fertilizantes, puede ser por vía foliar, en forma sólida, líquida (goteo, aspersión y fertirrigación) o combinada. Cada una de ellas se puede adaptar a las necesidades de los diferentes cultivos y sistema de producción, aunque en realidad una de las mejores opciones consiste en desarrollar un

sistema integral de nutrición en el cual se combinan, de acuerdo con el tipo de suelo, el estado fenológico del cultivo y la infraestructura de la explotación (Santiago, 2000).

3.17.14. Recolección

Los precios y la demanda por un lado y las temperaturas por otro, son los factores que van a determinar el momento y la periodicidad de esta operación, recolectando antes de su madurez fisiológica en verde o en rojo según interese.

Momento de la recolección en función del tipo de pimiento:

Pimientos Verdes: tamaño, firmeza y color del fruto.

Pimientos de Color: un mínimo de 50% de coloración.

Una sola planta puede producir de 12 a 15 frutos durante la temporada de cosecha.

Los frutos se cortan con tijeras con el rabillo de 2 ó 3 cm.

Se estropean relativamente rápido. En fresco se conservan de 20-30 días a 0°C.

3.17.15. Valor nutricional

El fruto fresco de pimiento destaca por sus altos contenidos en vitaminas A y C y en calcio. Dependiendo de variedades puede tener diversos contenidos de capsainoides, alcaloides responsables del sabor picante y de pigmentos carotenoides.

CUADRO 3.-Valor nutricional del Pimiento Morrón

Glúcidos (g)	6.40
Proteínas (g)	1
Grasas (g)	0.40
Fibras alimentarias (g)	1.60
Valor energético (kcal)	32

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Aspectos generales.

Nombre de la obra:	Uso Eficiente del Agua y Agricultura Protegida Sustentable
Comunidad beneficiada:	Ejido Pilar de Richardson
Municipio:	General Cepeda
Estado:	Coahuila
Inversión:	\$ 3, 576, 514.62 MNM.
Finalidad de la obra:	Derivar y almacenar (40,000 m ³) agua hacia las áreas de siembra.
Programa:	COUSSA, SAGARPA

4.1.1. Propósito de la obra

Desfogar los excedentes de agua de la cuenca hidrológica y almacenar 1, 000,000 m³ de agua.

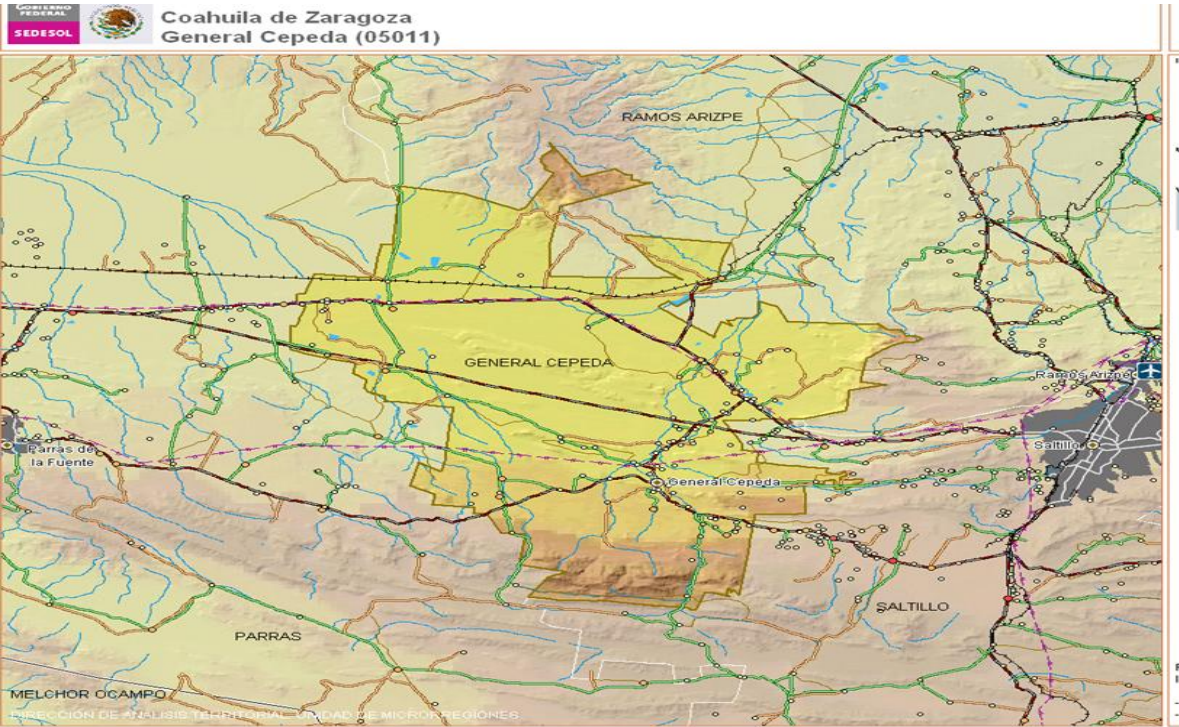
4.1.2. Localización

La presa se localiza a 10 km del ejido Pilar de Richardson. La ubicación geográfica del vertedor de demasías y presa de almacenamiento es de 25°39'7.16" latitud norte y 101°46'31.14" longitud oeste a 1209 msnm.

FIGURAS 5.- Localización de la presa y el ejido Pilar de Richardson.



FIGURAS 6.- Ubicación de General Cepeda.



4.2. Características ambientales

Son de mucha importancia para la determinación del diseño de la presa y definir los valores y coeficientes según sus características para el cálculo de avenidas máximas.

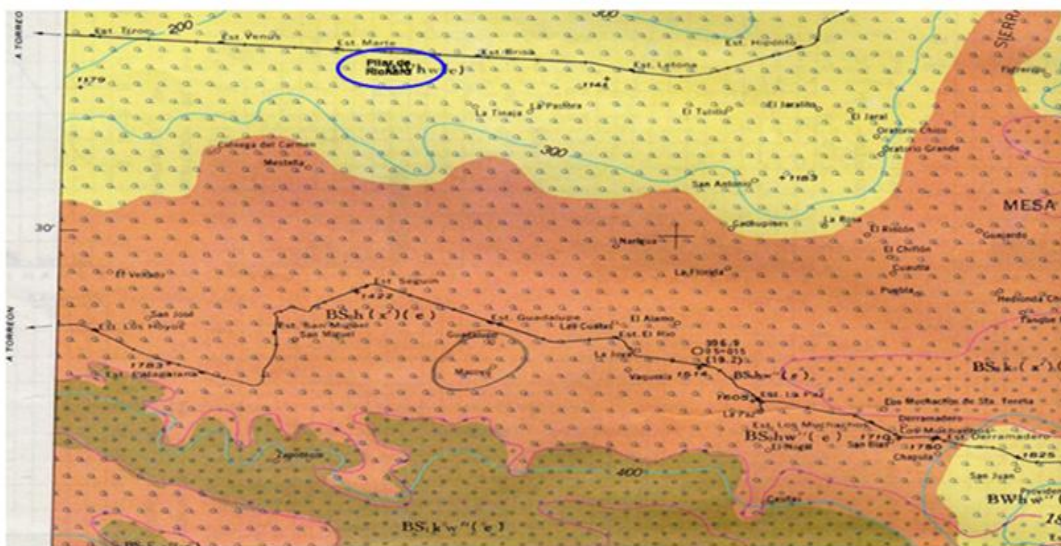
4.2.1. Climatología.

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.

4.2.2. Precipitaciones

Durante el período de 1961 a 2003 las estadísticas reportadas por el INIFAP de la precipitación media anual del municipio de general cepeda son de 250 mm anuales, registrándose normalmente en los meses de junio a septiembre.

FIGURAS 7.- Cartas Climatológicas



4.3. Estudios Hidrológicos.

4.3.1. Área de la cuenca hidrológica

De acuerdo con la ayuda del software satelital, simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas (SIATL); se obtuvo el área de la cuenca y con base a este dato se realizó el siguiente concentrado de estudios hidrológicos.

Concentrado del estudio hidrológico de acuerdo al SIATL.

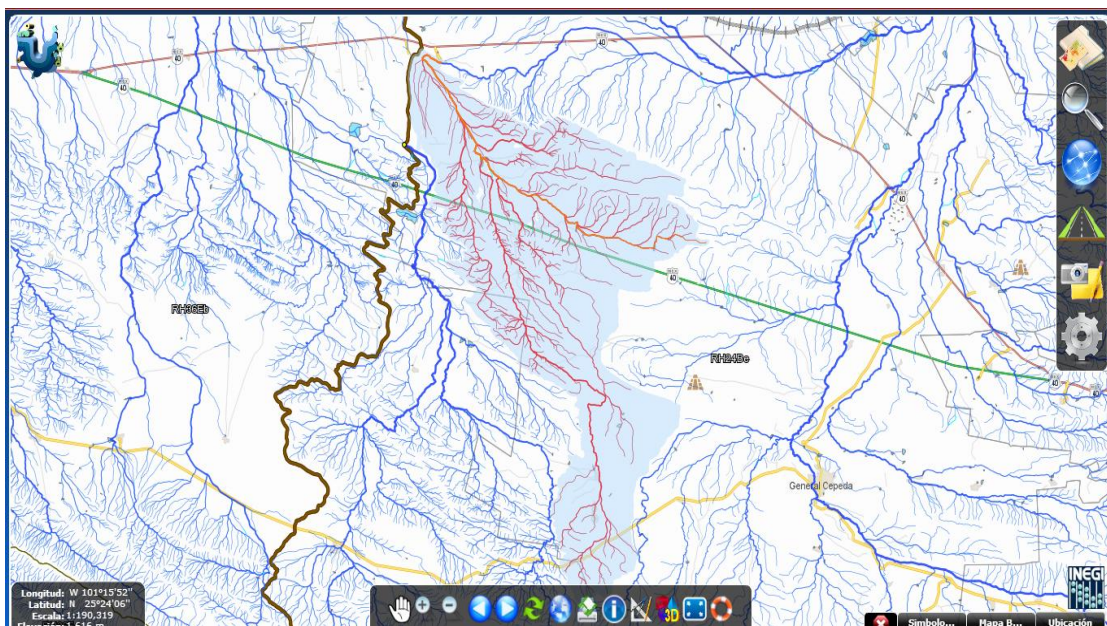
ÁREA DE LA CUENCA.....	361.01 km ² = 361, 010,000 m ²
PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL.....	250 mm = 0.25 m
VOLUMEN ANUAL POR LLUVIA PRECIPITADA.....	25, 000,000 m ³
COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO.....	= 0.11 = 11 %
VOLUMEN ANUAL ESCURRIDO.....	= 2, 750, 000 m ³
VOLUMEN APROVECHABLE.....	70 % =1, 925, 000 m ³

FIGURAS 8.- Indicadores del cauce principal obtenido con el software SIATL.

Indicadores del Cauce Principal

Propiedad	Valor
Elevación máxima	1490 m
Elevación media	1344 m
Elevación mínima	1199 m
Longitud	31951 m
Pendiente Media	0.9107 %
Tiempo de Concentración	341.70 (minutos)
Área Drenada	361.01 km ²

FIGURA9.- Cuenca hidrológica del ejido Pilar de Richardson



4.3.2. Coeficiente de escurrimiento

Para el cálculo del coeficiente de escurrimiento del Cuadro, se tomaron en cuenta las cartas topográficas de la región (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1992), los cálculos incluyen valores del cuadro 3 y que a la vez se hace uso de la siguiente ecuación:

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

Dónde:

Ac= Área de la cuenca km^2

Pm= precipitación media anual mm

Cv= cobertura vegetal

Gs= grupo de suelo

CUADRO 4.- Coeficiente de escurrimientos

Coeficiente de escurrimiento por área de cuenca	Área de cuenca (km^2)	Ce/Ac
	Menor de 10	0.20
	11 a 100	0.15
	101 a 500	0.10
Coeficiente de escurrimiento por área de cuenca	Precipitación media anual (mm)	Ce/Pm
	Menor de 800	0 a 0.05
	801 a 1,200	0.06 a 0.15
	1,200 a 1,500	0.16 a 0.25
	Mayo de 1,500	0.35
Coeficiente de escurrimiento por cubierta vegetal	Cubierta vegetal	Ce/Cv
	Bosque matorral	0.05 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 suelo	Ce/Gs
	Alta permeabilidad	0.05 a 0.25
	Moderada permeabilidad	0.01 a 0.30
	Baja permeabilidad	0.25 a 0.60

CUADRO 5.- Coeficientes de escurrimientos de la cuenca en estudio.

Descripción		Coeficiente de escurrimiento
Área de la cuenca	361.10 Km ²	0.10
Precipitación media anual	250 mm	0.05
Cubierta vegetal	Bosque matorral	0.15
Permeabilidad del terreno	Moderada permeabilidad	0.15

Con los coeficientes de escurrimientos obtenidos del cuadro anterior, se procede a sustituir en la ecuación anterior para obtener el cálculo correspondiente del coeficiente de escurrimiento.

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

$$Ce = (0.10 + 0.05 + 0.15 + 0.15) / 4$$

$$Ce = 0.112$$

4.3.3. Cálculo del escurrimiento medio anual

Considerando el área de la cuenca, así como también la precipitación media anual; obtenemos el escurrimiento medio anual mediante la siguiente ecuación.

$$EMA = (A \times Ce \times Pm)$$

Dónde:

EMA = Escurrimiento medio anual (m³)

Ce = Coeficiente de escurrimiento.

A = Área de cuenca (Km²)

Pm = Precipitación media anual (mm)

$$EMA = (361, 010,000m^2 \times 0.112 \times 0.250 \text{ m})$$

$$EMA = 10, 108,280m^3$$

4.3.4. Cálculo del volumen anual escurrido

El volumen anual escurrido, se obtiene multiplicando el escurrimiento medio anual, que se obtuvo anteriormente, por el coeficiente de escurrimiento de la cuenca en estudio. Quedando la ecuación de esta manera:

$$Va\ esc = (Ce \times EMA)$$

Dónde:

Ce = Coeficiente de escurrimiento.

EMA = Escurrimiento medio anual (m^3).

$$Va\ esc = (0.112 \times 10,108,280\ m^3)$$

$$Va\ esc = 1,132,127.36\ m^3$$

4.3.5. Cálculo del volumen aprovechable medio anual

Para obtener el volumen aprovechable medio anual, se multiplicará el escurrimiento medio anual por un coeficiente estimado de 0.70 o 70 %; ya que tenemos que tomar en cuenta las pérdidas por evaporación e infiltración que se consideran con un coeficiente de 0.20 o 20 %, más el coeficiente de escurrimiento que obtuvimos en la ecuación anterior. Por esta razón decimos que es 0.70.

$$VAMA = 0.7 (EMA)$$

Dónde:

EMA= escurrimiento medio anual

$$VAMA = 0.7 (10,108,280\ m^3)$$

$$VAMA = 7,075,796\ m^3$$

4.3.6. Avenida máxima

Para determinar la avenida máxima utilizaremos el método de Dikens traducido al sistema métrico.

$$Q = 0.0139 C (A)^{0.75} = 287.80 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Q =Gasto de proyecto, en m³/seg.

A = Área de la cuenca, en km² = 361.01

C =Coeficiente que depende de las características de la cuenca y de la precipitación= 250

0.0139 = Factor de conversión y de homogeneidad de unidades.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes propone valores de C extraídos del “Manual para Ingenieros de Carreteras” de Harger y Bonney.

CUADRO 6.- Valores de las características de la cuenca y precipitación.

Características topográficas de la cuenca	Para precipitaciones de 10 cm 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

4.4. Características de la obra.

4.4.1. Presa almacenadora-derivadora de mampostería:

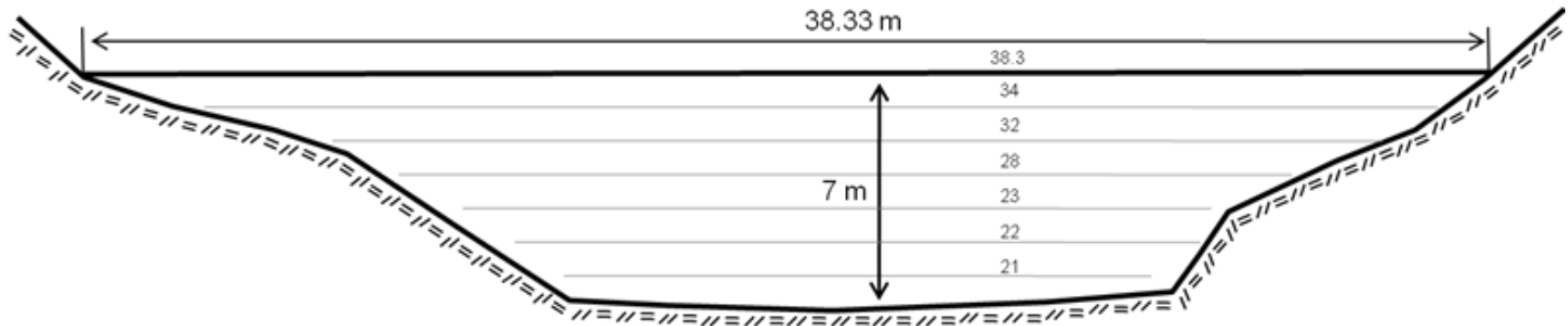
La presa derivadora se construirá de mampostería.

Esta obra cuenta con un vertedor de demasías y obra de toma.

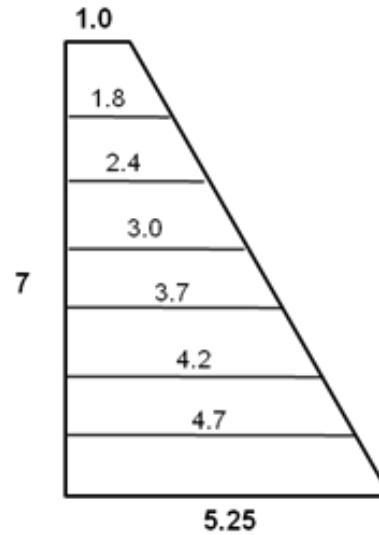
LONGITUD DE LA CORTINA.....	60 m
LONGITUD DEL VERTEDOR.....	38.33 m
ANCHO DE LA CORONA.....	1 m
ALTURA MÁXIMA.....	6.5 m
ELEVACIÓN DE LA CORONA.....	1266.5 msnm
ELEVACIÓN DE EMBALSE MÁXIMO.....	1267.6 msnm
ANCHO DE LA BASE.....	4.9 m
TALUD AGUAS ARRIBA.....	0:0
TALUD AGUAS ABAJO.....	0.61

Resistencia a la compresión $f=200 \text{ kg/cm}^2$

FIGURAS 10.- Pequeña presa de mampostería del ejido Pilar de Richardson, vista aguas abajo.



A m ²	Lm	Vm ³	Σ V m ³
1.4	38.33	53.66	598.63
2.1	34	71.4	544.97
2.7	32	86.4	473.57
3.35	28	93.8	387.17
3.95	23	90.85	293.37
4.45	22	97.9	202.37
4.975	21	104.47	104.47



4.4.2. Obras de excedencias

El diseño y cálculo de un vertedor de demasías se hace tomando en cuenta la avenida máxima de diseño, la cual se determina con el tamaño de la cuenca y sus características físico-geográficas. Además de las precipitaciones de la región, el ancho del vertedor depende directamente de la forma de la boquilla. La carga sobre el vertedor se determina con la siguiente formula:

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

Donde:

b= Ancho del vertedor (38.33 m)

m= Coeficiente de gasto (0.48)

H= Altura del vertedor m

Q= Avenida máxima en m^3/s .

b= 38.33 m

m= 0.48

h= 2.31m

Q= 287.80 m^3/seg .

Dónde: m-coeficiente de gasto

b- ancho del vertedor (m)

Por lo tanto:

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

$$H = \left[\frac{287.80 \text{ m}^3/s}{38.33 * 0.48 * (2g)^{\frac{1}{2}}} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$H = 2.31 \text{ m}$

De acuerdo con el resultado de $H= 2.31$ m, la obra de excedencias tiene suficiente capacidad para desfogar la avenida máxima.

4.4.3. Estimación de la estabilidad del muro de la presa

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

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

$$FRPH = ADP \times B$$

Dónde:

$$ADP = \text{Área del diagrama de presiones} \text{m}^2$$

$$B = \text{Sección del muro de 1 metro de ancho}$$

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

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

$$ADP = \left[\frac{1000 \frac{kg}{m^3} (6.5 \text{ m} + 2.31 \text{ m}) + 1000 \frac{kg}{m^3} (2.31 \text{ m})}{2} \right] \times 6.5 \text{ m}$$

$$ADP = 36,140 \frac{kg}{m}$$

Calculo de la fuerza resultante de la presión hidrostática.

$$FRPH = ADP \times B$$

$$FRPH = 36,140 \frac{kg}{m} \times 1 \text{ m}$$

$$FRPH = 36,140kg$$

$$FRPH = 36.140 \text{ Ton.}$$

Calculo del peso del muro (W).

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

$$\text{Área} = \left(\frac{4.9 \text{ m} + 1 \text{ m}}{2} \right) * 6.5 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 19.17 \text{ m}^2$$

Volumen del muro

$$V = A * B$$

$$V = 19.17 \text{ m}^2 * 1 \text{ m}$$

$$V = 19.17 \text{ m}^3$$

Peso del muro

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

$$W = 19.17 \text{ m}^3 * 2300 \frac{kg}{m^3}$$

$$W = 44091 \text{ kg}$$

$$W = 44.091 \text{ Ton}$$

4.4.4. Calculo de la fuerza resultante

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

$$\alpha = \frac{36.140 \text{ Ton}}{44.091 \text{ Ton}}$$

$$\alpha = 0.819$$

$$\tan^{-1}(\alpha) = 0.819$$

$$\alpha = 39^{\circ}19'2.91''$$

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

$$fr = \sqrt{36.140^2 + 44.091^2}$$

$$fr = 57.00 \text{ Ton}$$

4.4.5. Revisión por volteo

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

Dónde:

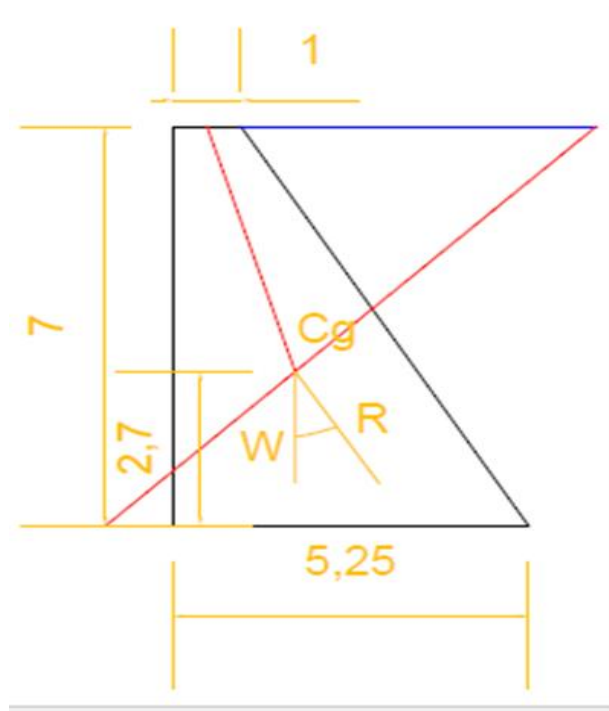
fs: factor de seguridad

$$fs = \frac{57.00 \text{ Ton}}{44.091 \text{ Ton}} > 1$$

$$fs = 1.22 > 1$$

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

FIGURAS 11.- Punto de equilibrio de la presa



Para el caso del vertedor de demasías del ejido Pilar de Richardson, se escogió un vertedor tipo Creager.

El perfil del vertedor se diseña cumpliendo con el cálculo de estabilidad que se reduce a que si la fuerza de empuje pasa dentro de las dos primeras partes de la base de la presa, esta no se voltea. Para cumplir con esta condición se le va poniendo más peso a la presa hasta cumplir con esta condición. En el caso de la presa del ejido Pilar de Richardson, se fue incrementando el peso hasta que se cumplió con el requerimiento.

4.5. Tecnología a utilizar

El procedimiento para la construcción del vertedor de excedencias es el siguiente:

Se realiza un levantamiento altimétrico y planimétrico donde se pretende construir el vertedor de excedencias. Con el perfil se diseña la vista aguas abajo del vertedor de excedencias y se calcula los volúmenes de material a utilizar como son el cemento, la grava, la arena y los jornales que se van a emplear para construir la obra.

En seguida se empieza con la limpia de toda la base del vertedor de excedencias para después hacer el trazo del mismo. Posteriormente se continúa con la excavación para el empotramiento y desplante del vertedor de excedencias. Enseguida se hace la cimentación para posteriormente construir en bloques rectangulares de un metro de alto. El largo y el ancho varían en función del tipo de boquilla.

Este procedimiento de construir en bloque nos ha dado buen resultado en otras construcciones que hemos realizado, pues se facilita al ir poniendo el material sobre un escalón más alto. Por ejemplo, en vertedor de excedencias de siete metros de altura se tendrán siete escalones, todos de un metro de altura. Lo que va a ir variando es el ancho como se muestra en la figura: Corte transversal especificaciones de construcción del muro.

4.6. Construcción de vertedor de excedencias y presa de mampostería

CUADRO 7.- Relación de agregados para un m³ de construcción.

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

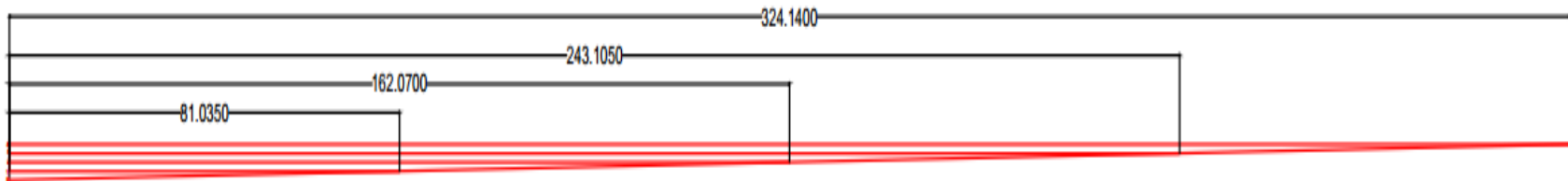
CUADRO 8.- Componente de mezclas para la construcción total de la obra.

Agregados de componentes	Volumen m³	Cemento ton	Arena m³	Grava m³	Piedra m³
	598.63	101.76	419.04	359.18	359.18

4.7. Posible área a irrigar

Tomando en cuenta que el volumen almacenado es 50,252.91 m³ se pretende derivas a las áreas de cultivo 40,000 m³ aproximadamente, vemos que se tiene agua para regar 100 has.

FIGURAS 12.- Vista de perfil del nivel de almacenamiento



CUADRO 9.- Calculo del volumen de almacenamiento.

M	LONG M	AREA(HA)	AREA M ²	VOL. M ³
3--4	324	2.797	27,965.350	27965.350
2--3	243	1.573	15730.509	15730.509
1--2	182.325	0.590	5901.369	5901.369
0--1	81.03	0.066	655.681	655.681
TOTAL		5.025	50252.91	50252.91

4.8. Diseño agronómico para el cultivo del chile pimiento morrón

El diseño agronómico se realizó con la ayuda de la siguiente memoria de Excel

CUADRO 10.- Diseño agronómico para el cultivo del pimiento morrón.

DATOS TÉCNICOS DE GOTEO	
Concepto	Cantidades
Área aregar:	2.00 Has.
Separacion/Hilera:	1.00 Mts.
Separacion/Emisor:	0.30 Mts.
Separacion/Plantas:	0.50 Mts.
Q del Emisor:	1.00 lph/got.
Datos del Cultivo	
Uso Consuntivo	5.00 mm/día
Número de platas/Ha	20,000
Número de plantas totales	40,000
Disponibilidad de agua	
Q Disponible:	8.00 lps
Q Requerido por hectárea:	9.26 lps
Q Requerido total:	18.52 lps
Datos por secciones	
Número de secciones:	3
Área aregar por sección:	-0.666 Has.
Q Requerido por sección:	6.17 lps
Tiempo de Riego	
Volumen unitario:	50.0 m ³
Lámina de aplicación:	3.33 mm/hr
Tiempo de riego/sección:	1.50 hr
Tiempo de riego total:	4.50 hr
Intervalo de riego por día:	24.00 hr
Disponibilidad suficiente:	Si

Calculo de lámina de aplicación

$$LA = (Q_e * NI) / (Sh * Se) = \text{mm/ hr}$$

$$LA = (1 \text{ lps} * 1) / (1 * 0.3) = \underline{3.33 \text{ mm/ hr}}$$

Calculo del Gasto total requerido.

$$Q_t = \frac{\left(\frac{A_t}{Sh} * \frac{Nl}{Se}\right) * Q_e}{3600} = \text{lps}$$

$$Q_t = \frac{\left(\frac{20000}{1} * \frac{1}{0.3}\right) * 1}{3600} = \underline{18.50 \text{ lps}}$$

DONDE:

Q_t = gasto total en lps

A_t = área total en m^2

Sh = separación de hileras en mts

Se = separación del emisor en mts

Nl = número de líneas de riego

Q_e = gasto del emisor lph

4.9. Diseño del sistema de riego por goteo lineal

Los cálculos y diseño del sistema de riego tendrá como conducción y líneas secundarias, tuberías PVC RD-41. La línea de conducción un diámetro de 3", y las líneas secundarias de diámetro 2". Las regantes a base de 1 línea de cinta AQUA TRAXX CAL 6 MIL 5/8 30 CM 0.27 GPH/100.

De esa manera dividir el terreno en 3 secciones de riego, cada sección con un $Q= 6.15$ LPS, sumando así un gasto total del sistema de $Q= 18.47$ LPS.

El siguiente diseño se realizó con la ayuda del programa de diseño de sistemas de riego DISIR, empleando los siguientes datos:

LH= Lamina Horaria (mm/hrs)

$$LH= N_h \times Q_e / S_e \times S_l$$

Donde:

N_h = número de hileras de manguera o cinta por surco

Q_e = gasto del emisor en lph

S_e = separación del emisor en mts

S_l = separación de líneas o surcos en mts

HF= Pérdida de Carga en las Regantes

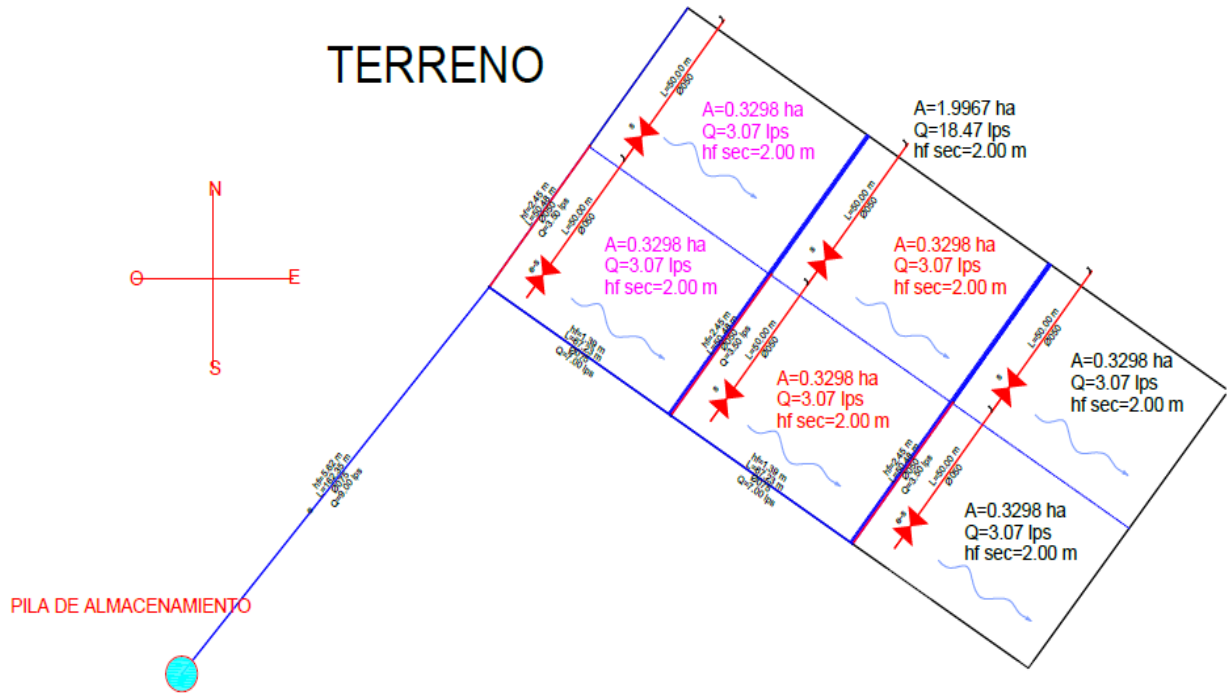
NH= Numero de hileras en mts

SL= Separación de líneas o surcos en mts

El sistema de riego por goteo se pretende realizar a gravedad, teniendo un desnivel desde la pila almacenadora hasta la ubicación del terreno a cultivar, un desnivel de 10 MCA.

La superficie del terreno a cultivar es de 2 Ha, con 200 m de largo y 100 m de ancho.

FIGURAS 13.- Diseño del sistema de riego por goteo lineal



4.10. Evaluación del rendimiento del chile pimiento morrón vs maíz

La evaluación se hizo con la ayuda del programa de sagarpa SIAP, donde se puede observar la producción agrícola por año de diferentes cultivo, en este caso evaluaremos, compararemos la región de general Cepera, Coahuila

The screenshot shows the SAGARPA SIAP website interface. At the top, there are logos for SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) and SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). A navigation menu includes 'SOBRE EL SIAP', 'PRODUCCIÓN AGROPECUARIA Y PESQUERA', 'INFORMACIÓN GEOESPACIAL', 'INDICADORES ECONÓMICOS', 'SALA DE PRENSA', and 'TI'. A search bar is located on the right.

The main content area is titled 'Cierre de la producción agrícola por cultivo'. It features a search form for the 'Anuario Estadístico de la Producción Agrícola' with the following options:

- Ciclo:** Otoño - Invierno, Primavera - Verano, Perennes, Año Agrícola (OI + PV), Ciclicos - Perennes
- Año:** 2014
- Estado:** Nacional
- Distrito:** Todos los Distritos
- Municipio:** Todos los Municipios
- Modalidad:** Riego, Temporal, Riego + Temporal
- Cultivo:** Genérico, Detalle
- Ordenado Por:** Cultivo

A 'Consulta' button is located below the search form. Below the search form, the title 'PRODUCCION AGRICOLA' is displayed, followed by 'Ciclo: Ciclicos y Perennes 2014' and 'Modalidad: Riego + Temporal'.

Cultivo	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor Producción (Miles de Pesos)
1 Aceituna	8,560.95	3,623.70	9,994.42	2.76	7,379.29	73,751.77
2 Acelga	748.25	741.75	8,179.85	11.03	3,027.41	24,783.75
3 Achiote	480.50	438.00	508.80	1.16	15,708.15	7,992.30
4 Agapando (gruesa)	97.00	96.00	50,600.00	527.08	212.32	10,743.48
5 Agave	120,339.51	27,689.34	2,408,884.28	87.00	4,208.27	10,137,225.38
6 Aguacate	175,939.78	153,770.98	1,520,894.50	9.89	13,622.71	20,715,888.37
7 Ajo	5,438.25	5,430.25	54,723.56	10.08	13,257.31	725,487.27
8 Ajo	100,211.21	98,217.51	81,011.07	0.87	15,070.51	1,038,000.14

FIGURAS 14.- Producción de maíz con modalidad de riego en el año 2014

ESTADO Coahuila						
Distrito: Saltillo						
Ciclo: Ciclicos y Perennes 2014						
Modalidad: Riego						
Maíz grano						
Municipio	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor Producción (Miles de Pesos)
1 Arteaga	1,186.00	1,186.00	4,325.86	3.71	3,038.90	13,145.86
2 Ramos Arizpe	435.00	435.00	757.34	1.74	3,250.00	2,461.36
3 Parras	168.00	168.00	308.12	1.84	3,300.00	1,020.10
4 General Cepeda	120.00	120.00	221.78	1.85	3,425.00	759.53
5 Saltillo	10.00	10.00	21.70	2.17	3,100.00	67.27
	1,899.00	1,899.00	5,635.78	2.97	3,097.02	17,454.10

FIGURAS 15.- Producción de chile con la modalidad de riego en el año 2014

ESTADO Coahuila						
Distrito: Saltillo						
Ciclo: Ciclicos y Perennes 2014						
Modalidad: Riego						
Chile verde						
Municipio	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor Producción (Miles de Pesos)
1 Ramos Arizpe	60.00	60.00	4,520.33	75.34	12,430.59	56,190.39
2 Arteaga	20.00	20.00	4,393.90	219.70	16,774.66	73,706.18
3 Saltillo	59.00	59.00	2,001.52	33.92	8,944.49	17,902.58
4 General Cepeda	2.00	2.00	43.59	21.80	5,950.00	259.36
	141.00	141.00	10,959.34	77.73	13,509.80	148,058.51

5. CONCLUSIÓN

Con el almacenamiento producido con la construcción de la presa, se obtienen muchos beneficios personales para los productores del ejido, de esa manera poder cambiar las formas tradicionales de cultivar, en la que se proyecta obtener mayores rendimientos de los cultivos, ya sea con la ayuda de un sistema de riego tecnificado o un sistema a gravedad.

La propuesta de cambiar el cultivo de producción tradicional del ejido, a una agricultura de riego, estableciendo la producción de 2 ha del chile pimienta en condiciones favorables para su producción, como un invernadero y un sistema de riego por goteo lineal, puede ser una nueva alternativa para los productores de la región obteniendo mayor producción, y de esa manera lograr un eficiente uso del agua, que nos permita a los productores de esa comunidad incrementar sus ingresos por ciclo agrícola.

Con la construcción de este tipo de obras constituye una solución para resolver la escasez de agua, mediante la captación de los escurrimientos superficiales, y con la implementación de este tipo de proyectos, se traducen en acciones productivas ya que se generan fuentes de empleo para aprovechar eficientemente los recursos existentes.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Aloni, B. 2004. Physiological disorders in bell pepper: Possible mechanisms and means for elimination. Segundo Seminario Internacional de Chiles. León, México.

- ✓ Arreguín, C.F.I. 2000. Obras de excedencias. Ed. IMTA. .1ª Edición. Morelos. México.

- ✓ Arteaga, T.R.E. 1985. Normas y Criterios Generales que rigen el proyecto de un Bordo de Almacenamiento. Departamento de Irrigación, UACH., Chapingo, México.

- ✓ Arrojo, P., 2008 Seminario Internacional Crisis del Agua y Sustentabilidad. Hacia una Nueva Cultura del Agua. Instituto de Investigaciones Sociales- UANL. 13 al 15 de Octubre del 2008. Monterrey, N.L., México.

- ✓ Avenida de Diseño. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México 5., F.p.A.11.10.1-1.10.4

- ✓ Avila, R. et al. Agraria. Agua, Riego y Fertirrigacion, Direccion General de Investigacion y Formacion.

- ✓ Bastida, T. A. y Ramírez A. J. A. 1999. Invernaderos en México. Diseño, Construcción y Manejo. Serie de publicaciones Agribot No. 5. Chapingo, México. pp. 2-4.

- ✓ Bastida-Tapia A, J.A. Ramírez-Arias. 2008. Los Invernaderos en México. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo.

- ✓ Castellanos, J. 2007. Perspectivas de la agricultura protegida en México. In: Segunda Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Guadalajara, México. [consultado 2011 abril 23].
- ✓ Cadahía, L. C. 1998. Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 67.

- ✓ Comisión Nacional del Agua. 2011. Estadísticas del agua en México: Contexto geográfico y socioeconómico. Edición 2011. México, D.F. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

- ✓ Fuentes, Y. J. L. 1998. Técnicas de riego. 3ª edición. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. pp. 343-360.

- ✓ Giulivo, C. y A. Pitacco. 1993. Effect of water stress on canopy architecture of *Capsicum annuum* L. Acta Hort., Wageningen, v. 335, p. 197-203.

- ✓ Guía del Pimiento para invernaderos, Octubre 2002, Área de Invernaderos.

- ✓ Héctor García Gutiérrez. 2001. Presas derivadoras. Facultad de ingeniería. División de ingeniería civil, topografía y geodésica. Departamento de ingeniería hidráulica. U.N.A.M.

- ✓ PIZARRO, F. Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersión, exudación. 2ª Edición. Ed. Mundi-Prensa. 1990

- ✓ Quinza G, E., Martínez Beltrán, J. Riego Localizado. Diseño Hidráulico. Cursos internacionales de técnicas de riego y gestión del regadío. 1993

- ✓ Salvador Muñoz Castro. 2000. Hidrología superficial. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. p. 13-62.

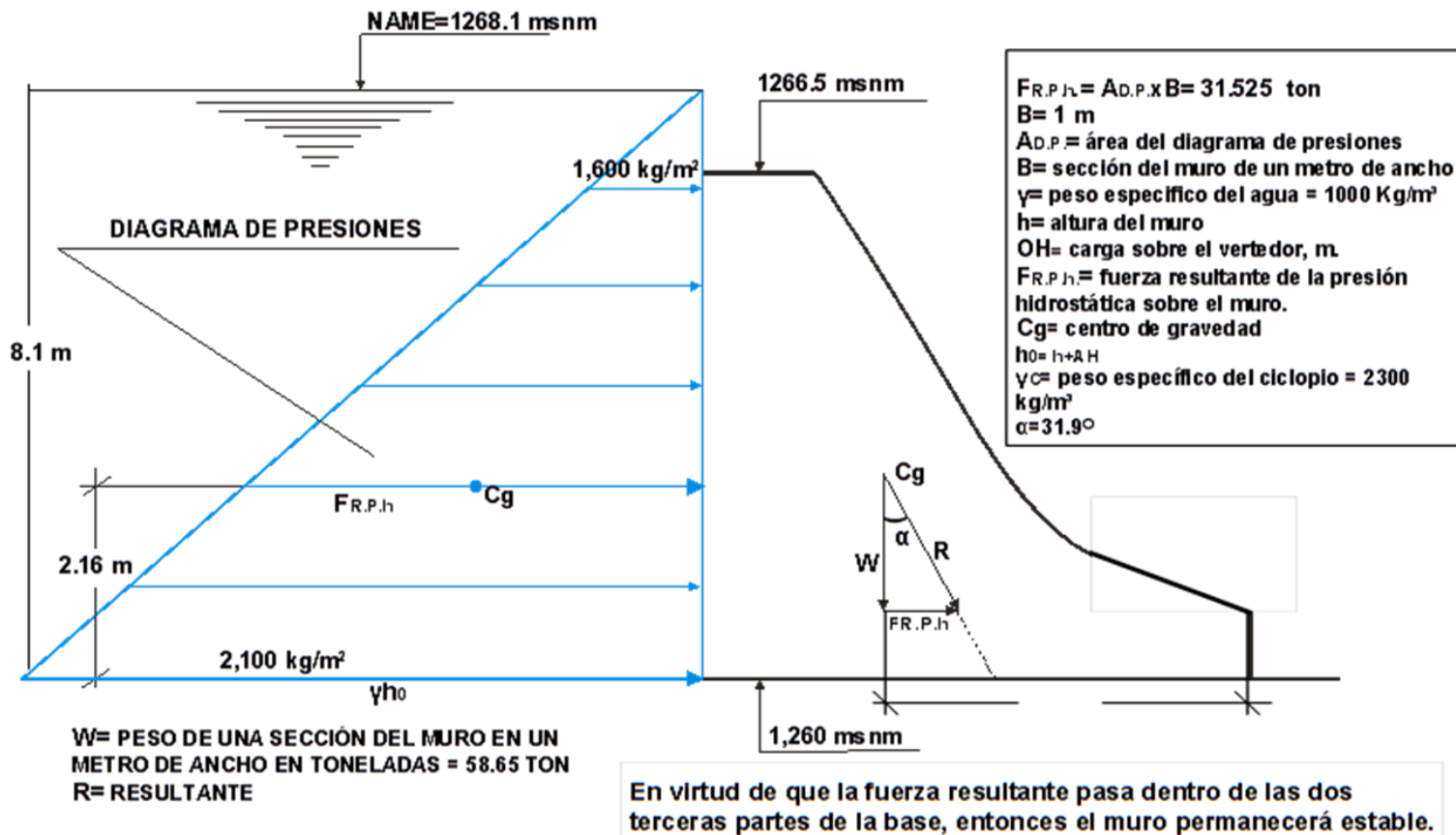
- ✓ SARH. Colegio de postgraduados. 1991. Manual de conservación de suelo y agua. Montecillo, Estado de México. México.

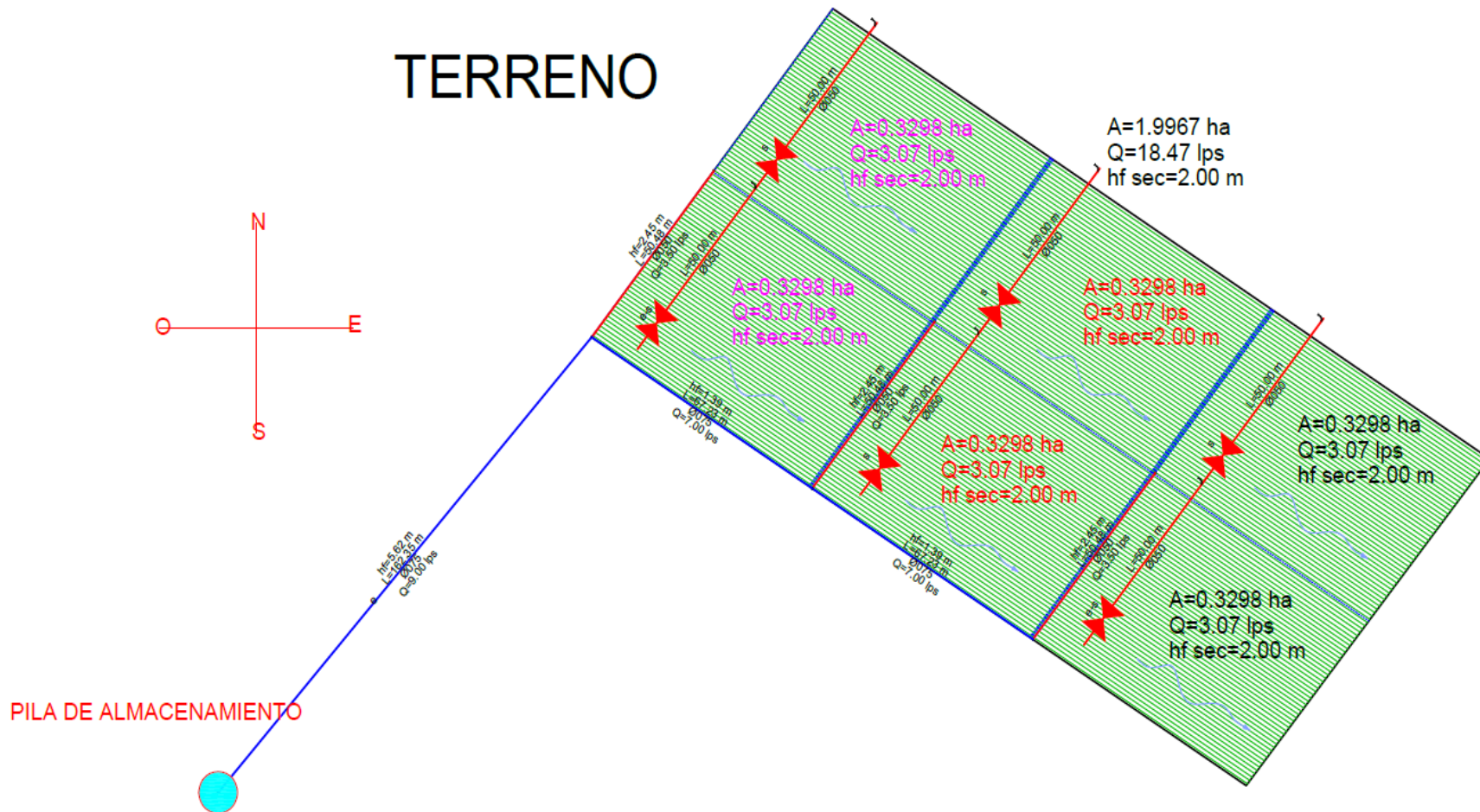
- ✓ S.R.H. 1967. Diseño de presas pequeñas. México. D.F.

- ✓ Vereecke, M. 1975. Phosphorus fertiliser studies with *Capsicum annuum* L. (sweet pepper). Acta Hort 50, 83-8

7. ANEXOS

Esquema para determinar la estabilidad del muro vertedor de excedencias, Pilar de Richardson.





Vista general del sistema de riego



Ubicación de la presa

Localidad-. Pilar de Richardson

Municipio-. General Cepeda

Estado-. Coahuila

COTIZACIONES PARA REALIZAR EL PROYECTO

PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA **SUMINISTRO DE UN MÓDULO DE MALLA SOMBRA SUPERFICIE TOTAL 20, 000 m2 (2 HAS)**

1. INTRODUCCIÓN

A diferencia de las Casas-Sombra Mexicanas o también conocidas como Zig-Zag, la tela antitafidos del techo y del perímetro se sujeta con una malla exterior y otra interior, ambas de alambre, y se va punteando en la zona de las cordadas.



Nuestro invernadero malla-sombra “Tipo Raspa y Amagado” es el más resistente del mercado contra el viento, la lluvia y la misma carga del cultivo sobre la estructura.

El sistema de sujeción de la tela y las calidades de nuestros materiales son nuestra principal ventaja.

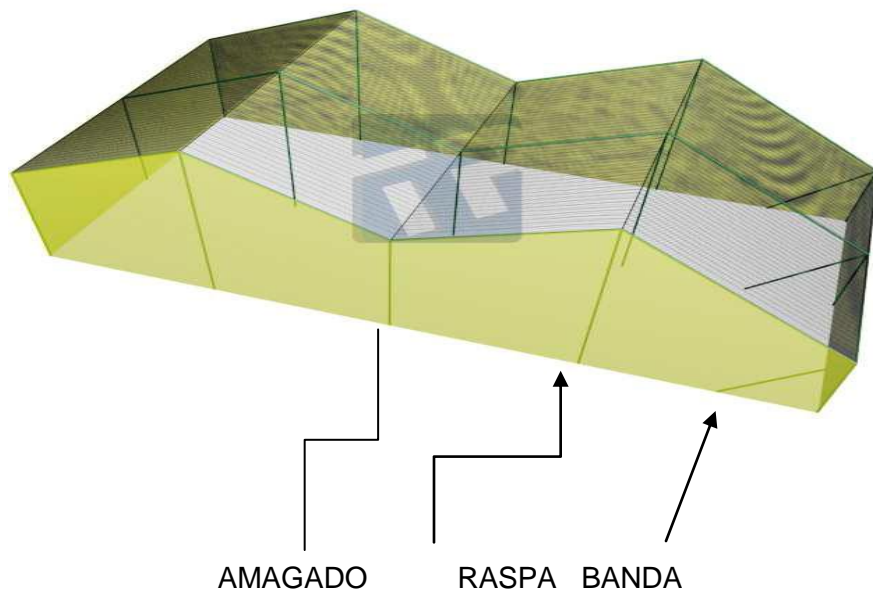
Son estructuras especialmente diseñadas para la cubrición de mallas de sombreo.

Esta estructura es de acero galvanizado y las uniones entre sus piezas van atornilladas o unidas con alambre galvanizado, con el objetivo de evitar las soldaduras y que se creen zonas con oxidaciones indeseadas que dañen la vida útil de la instalación. Estas estructuras pueden ser de umbráculos de techo plano o de Raspa y Amagado.

La malla permite la protección del cultivo durante condiciones de estrés. En condiciones de estrés tanto en las plantas de semillero como en las plantas adultas, resultan en una disminución de rendimiento.

Gracias a la malla de protección la planta crece en mejores condiciones, reflejado en la calidad de las hortalizas y en sus rendimientos.

Las mallas ofrecen protección contra viento, arena, tierra, granizo y heladas. A pesar de ser relativamente bajas en costo, éstas proporcionan sombra y enfriamiento en los cultivos, que de no ser así quedarían expuestos a las inclemencias del tiempo



2. PRINCIPALES VENTAJAS DEL USO DE LA MALLA:

- Aumento de producción de cultivo.
- Protección contra plagas, agentes dañinos y condiciones climáticas.
- Reducción de costos y mano de obra en campo.
- Facilidad para tratamientos.
- Mejor calidad del producto durante todo el ciclo de vida.

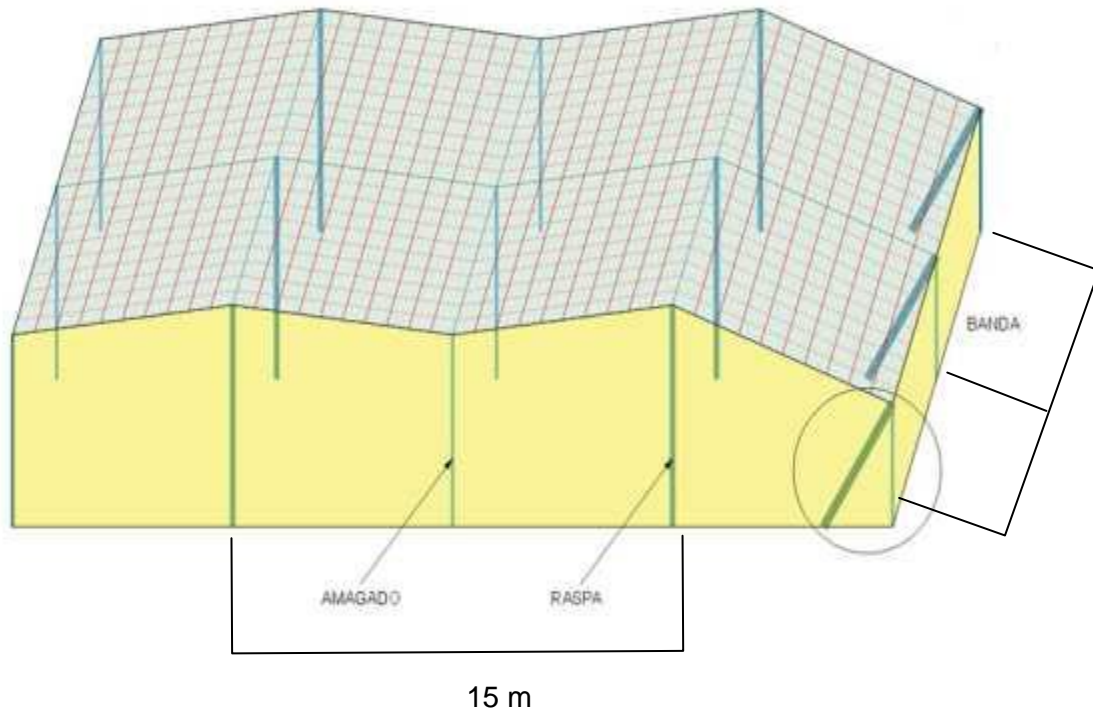
3. CARACTERISTICAS

- 1 nave de 100 m. de ancho x 200 m. de longitud.
- Separación entre rasperas 15 metros.
- Altura de las rasperas 4.75 metros + bloque
- Separación de los postes del frontal 2,5 metros.
- Separación de los postes del lateral 2,5 metros.
- Separación entre postes de las rasperas 2,5 metros.
- Tubo de lateral Ø 90 mm cada 2.5 metros, a 3 m de longitud.
- Tubo de frontal Ø 90 mm cada 2,5 metros, a 3 m de longitud.
- Esquinero Ø 114 mm a 3 m de altura
- Muertos perimetrales de trenza de 3 hilos x 3 mm.
- Anclaje perimetrales de cavilla redonda lisa, Ø 14 mm .
- Anclaje de amagaos de cavilla redonda lisa, Ø 14 mm .
- Alambre de tejido en banda:
 - Llano de 2,40 mm.
 - Tejido de 2,00 mm.
 - Alambre de tejido en cubierta: en cuadrículas de 60 cm.
 - Llano de trenza de 2.4 mm.
 - Tejido de trenza de 2 mm.

- Emparrillado:
 - Está compuesto de trenzas de 3 hilos de acero de 3 mm en sentido contrario de las raspas (cada 2.5 metros) y 16 líneas de cultivo por raspa, a una altura de 2.5 m.
 - 2 puertas corredera de 2 hojas de 2.5 metros de ancho por 2.5 metros de alto. Las puertas llevarán incluida una puerta de paso.
 - Tela antiáfidos en cubierta y banda.

4. COMPONENTES DE LA CASA SOMBRA.

Las características de los materiales fundamentales que integran el invernadero ofertado, son las que a continuación se especifican:



TUBO Ø 114

Los tubos de **Ø114** a 3 m de altura se utilizan para la conformación de las esquinas del invernadero, son tubos redondos de **Ø114 mm.**, **galvanizados en caliente** por proceso de inmersión.

TUBO DE PERIMETRO

Para la realización del perímetro del invernadero se emplean tubos redondos de **Ø90 mm. Galvanizados en caliente** por proceso de inmersión.

Lateral

2.5 m.

2.5 m.

15 m.

5 m.

TUBO Ø 76

Los tubos que se utilizan en este invernadero para conformar las raspas en el interior, son tubos redondos de **Ø76 mm.**, **galvanizados en caliente** por proceso de inmersión a 4,75 m. de altura.

TUBO Ø 30

Se colocan debajo emparrillado. Su función es la de evitar que la trenza no combe excesivamente con el peso de los cultivos. Son tubos de **Ø 30mm.**, **galvanizados en sendzimir** a 2,1 m. de altura.

CAVILLAS

También denominadas “muertos” son las encargadas de sujetar las trenzas provenientes de los postes. Los muertos son de **14 macizos y galvanizados en caliente** por proceso de inmersión.

El motivo del galvanizado en caliente, es porque el “muerto” está en contacto con el alambre y en el caso de no galvanizarse oxidaría al alambre provocando un debilitamiento importante al invernadero.

PUERTA

Está formada por perfiles metálicos galvanizados, siendo su cerramiento en placa rígida. La puerta es de 2 hojas, tanto para el lateral como para el frontal del invernadero.

CERRAMIENTOS

La Tela antiáfidos de cubierta es de 10x16;

- Transmisión de luz color blanco > 80%
- Sombreo hilo blanco > 20%
- Paso de aire > 48.50 %

La Tela antiáfidos de perímetro es de 20x10 (llevará cosido 1 m. de malla plastificada);

- Transmisión de luz color blanco > 76%
- Sombreo hilo blanco > 24%
- Paso de aire > 41.8 %

5. TÉRMINOS DE ENTREGA

No están incluidos en la presente cotización los siguientes puntos:

- Dirección de Obra
- Licencias, permisos, cuotas federales, estatales o municipales, etc.
- Localización y marcado de todas las instalaciones subterráneas (eléctricas, irrigación, drenaje, etc.).
- Trabajos necesarios para la preparación y nivelación mecánica del terreno. Será el constructor quien determine la correcta nivelación del terreno antes de iniciar los trabajos de instalación.

- Marcado con topógrafo de los puntos principales donde se instalará la estructura.
- Equipos de apoyo tales como tractores, montacargas, herramientas, plataformas, batangas, materiales, gente u otros durante la instalación.
- Obra civil (concreto para los pasillos, muretes perimetrales, etc.).
- La preparación del terreno para su puesta en producción.
- Las bolsas de sustrato del cultivo, plántula, ganchos, rafia y anillos.
- Todos los gastos de importación tales como despacho de aduanas, honorarios, tasas, impuestos, manipulación, almacenamiento y demoras en el puerto, etc.
- Almacenamiento, vigilancia e inventariado de los materiales en el terreno.
- Depósito de gas propano, grupo de presión, conducciones para gas y aire caliente y accesorios para el sistema de calefacción.
- Bajantes para las pluviales.
- Instalación eléctrica no especificada.

Cualquier otra partida no mencionada expresamente en esta cotización, se modificarán los precios.

6. PROGRAMA DE OBRA

Se presenta en un plazo no mayor de 10 días después del pago del anticipo en firme en la cuenta bancaria de la empresa.

Podrá existir modificación de fecha de entrega del proyecto debido a condiciones climáticas y meteorológicas, por situaciones de servicio de aduanas y a solicitud expresa del cliente por modificación el proyecto.

7. ENTREGA DE MATERIALES

40 Días posteriores al pago del anticipo, firma de presupuesto y contrato comercial se inicia la entrega de materiales.

8. GARANTIAS DE EQUIPO

Mallas:

- Las Mallas se garantizan por nuestro proveedor a resistir la degradación por rayos UV debido a la exposición Solar por 3 años En condiciones normales de trabajo (no aplica Con fenómenos naturales, fallas mecánicas y encogimiento).

- La Exposición de las mallas a soluciones de cloro no está cubierta por la garantía.
- Roturas de la malla por vientos, granizo, rozaduras, daños mecánicos u otros no entran dentro de la garantía.

Acero:

- Se garantiza por 1 Año contra óxido, corrosión y/o falla del acero debido a exposición de químicos corrosivos tales como ácidos, alta salinidad u otros no califica bajo la garantía otorgada.

Alambres Y cables galvanizados

- Se Garantiza por nuestro proveedor 1 Año contra óxido, corrosión y/o falla del acero debido a exposición de químicos corrosivos tales como ácidos,
- Alta Salinidad u otros no califica bajo la garantía otorgada.

9. GARANTÍAS DEL PROYECTO.

Equipo de filtración

- 1 Año contra defectos de fabricación (Previo diagnostico)
- La Garantía queda sin efecto cuando:
 - Se apliquen solventes químicos, directamente a la filtración, que deterioren la protección.
 - Malos manejos de transporte y almacenaje.

CLIENTE:	A QUIEN CORRESPONDA	COTIZACION		
DOMICILIO:	EJIDO PILAR DE RICHARDSON	FOLIO:		
CIUDAD Y EDO.:	GENERAL CEPEDA, COAHUILA	ATENCION:		
TELEFONO:		FECHA:	23/08/2015	
C.P.:		DESCRIPCION:	CASA SOMBRA 20000 M2 PARA CULTIVO DE CHILE	
RFC:				
EMAIL:				
CANTIDAD	DESCRIPCION	UNIDAD	P UNITARIO \$	TOTAL \$
20000	SUMINISTRO E INSTALACION DE CASA SOMBRA.	M2	\$ 113.16	\$ 2,263,200.00
CONDICIONES DE PAGO:		70% AL FIRMAR CONTRATO Y 20% A LA ENTREGA DE LOS MATERIALES EN CAMPO Y 10 % FINALIZAR LA OBRA.		SUBTOTAL
TIEMPO DE ENTREGA DE LA OBRA		DOS MESES A PARTIR DEL LLEGADO DEL MATERIAL AL PUNTO DE OBRA.		\$ 2,263,200.00
		IVA		\$ 362,112.00
		TOTAL		\$ 2,625,312.00

En caso de vernos favorecidos anexamos datos bancarios para el depósito, una vez realizado enviar ficha y número de folio de cotización al correo electrónico: ventas.inrijagh@hotmail.com y favor de confirmar a los siguientes teléfonos: 01 (844) 482-66-09, (844) y 01 (844) 191-52-18 para darle seguimiento a su pedido.

A NOMBRE DE: INVERNADEROS, RIEGOS Y JARDINES GH S.A. DE C.V.

CLIENTE: AQUIEN CORRESPONDA		COTIZACION		
DOMICILIO: EJIDO PILAR DE RICHARDSON		FOLIO:		
CIUDAD Y EDO.: GENERAL CEPEDA, COAHUILA		ATENCION:		
TELEFONO:		FECHA: 23/08/2015		
C.P.:		DESCRIPCION: EQUIPO DE BOMBEO SOLAR		
RFC:				
EMAIL:				
CANTIDAD	DESCRIPCION	UNIDAD	P UNITARIO \$	TOTAL \$
1	SUMINISTRO E INTALACION EQUIPO DE BOMBEO IMPULSADO CON ENERGIA SOLAR (SISTEMA AISLADO)	LOTE	\$ 95,000.00	\$ 95,000.00
INCLUYE:				
2	Paneles 145 watts			
1	Controlador de 20 amp de carga			
1	Inversor de corriente 1500 whats continuos a 4500 wats de arranque 12.2 amper, 4 volt ciclo profundo 750-950 whats			
1	Bomba de 3/4" 117 volts 8.8 ampers			
1	Protector guarda baterias, herrajes			
1	Caja bimetlica 60 x 40 cm			
1	Termomagnetico de 2 polos 32 amp.			
			SUBTOTAL	\$ 95,000.00
			IVA	\$ 15,200.00
			TOTAL	\$ 110,200.00

En caso de vernos favorecidos anexamos datos bancarios para el depósito, una vez realizado enviar ficha y número de folio de cotización al correo electrónico: gardenh@hotmail.es y favor de confirmar a los siguientes teléfonos: 01 (844) 482-66-09, (844) y 01 (844) 191-52-18 para darle seguimiento a su pedido.

TITULAR: INVERNADEROS, RIEGOS Y JARDINES GH S.A. DE C.V.

CLIENTE: EJIDO PILAR DE RICHARDSON

PROPUESTA: SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO LINEAL

UBICACIÓN: GENERAL CEPEDA, COAHUILA

CULTIVO: CHILE MORRON

SUPERFICIE: 2 Ha

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD
TUBO PVC 2"	RD-41	m	456
TUBO PVC 3"	RD-41	m	306
TUBO PVC 2"	CED-40	m	18
MANGUERA CIEGA R-400 m	Ø16 mm	Rollo	1
INICIAL C/GOMA	Ø16 mm	pza	500
COPLER MANGUERA-CINTA	Ø16 mm	pza	570
TERMINAL	Ø16 mm	pza	500
CINTA AQUA TRAXX CAL 6 MIL 5/8 30 CM 0.27 GPH 3045 m	Ø16 mm	ROLLO	8
VÁLVULA DE AIRE	Ø 1"	pza	9
VÁLVULA PVC PURGA	Ø 2"	pza	6
VÁLVULA POLIETILENO	Ø 2"	pza	6
VÁLVULA POLIETILENO	Ø 3"	pza	1
MANOMETRO GLICERINA	Ø 3/4"	pza	6
TE	Ø 3"	pza	7
TE	Ø 2"	pza	12
CODO 90°	Ø 2"	pza	24
ADAPTADOR MACHO	Ø 3"	pza	2
ADAPTADOR MACHO	Ø 2"	pza	12
RED BUSH 3-2	0	pza	6
RED BUSH 2-1 R	0	pza	9
PEGAMENTO WELD-ON 1000 ml	0	pza	3
LUBRICANTE 500 mL	0	pza	2
CINTA TEFLON 3/4"	0	pza	15
BOLSA ESTOPA 1 kg	0	pza	1
Instalación	0	LOTE	1
FILTRO METALICO DE MALLA 3"	0	pza	1
MANOMETRO GLICERINA	0	paza	1
CODO 45 3"	0	pza	2
BRIDA SCH 3"	0	pza	2
TORNILLO 3/4 x 1/2	0	pza	1
NIPLE 3/4	0	pza	1

VÁLVULA 3/4	0	pza	1
JUNTA NEOPRENO 3"	0	pza	2
TORNILLO 5"	0	pza	8
RONDANA	0	pza	8
TUERCAS	0	pza	8
BOMBA MOTOR GASOLINA 1 HP Y ACCESORIOS	0	pza	1

CONCEPTO	PRESOS
PRECIO TOTAL DEL PROYECTO	\$ 125,731.79
COSTO POR HECTARIA	\$ 62,865.90

EL PROYECTO INCLUYE LO SIGUIENTE:

- 1 LINEA CINTA AQUA TRAXX CAL 6 MIL 5/8 30 CM 0.27 GPH R- 3045 m
- 1 FILTRO METALICO DE MALLA 3"
- VÁLVULAS Y ACCESORIOS
- TUBERÍA E INSTALACIÓN

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

3 secciones de riego

EL ACTUAL PRESUPUESTO NO INCLUYE LOS SIGUIENTES CONCEPTOS:

- Obra civil (atraques, planchas para filtros, obras de alojamiento etc.)
- Apertura y cierre zanja para la instalación de la tubería.
- Equipo de bombeo y accesorios

Nota: En caso de un retraso en la puesta en marcha del sistema de riego por causas no atribuibles a la instalación (falta de agua, instalaciones eléctricas, obra civil, etc.), se deberá cubrir el total del proyecto, quedando la empresa con el compromiso de entrega del sistema de riego una vez que las condiciones sean las adecuadas.

TITULAR: INVERNADEROS, RIEGOS Y JARDINES GH S.A. DE C.V.