

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



**Comparación del cañón viajero contra el cañón estacionario en
riego por aspersión.**

POR:

ABDI ANIEL VELÁZQUEZ MARROQUÍN

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. JUNIO DE 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Comparación del cañón viajero contra el cañón estacionario en riego por
aspersión.

REALIZADO POR:

ABDI ANIEL VELÁZQUEZ MARROQUÍN

Que se somete a la consideración del comité de asesoría, como requisito
parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo en Irrigación.

APROBADA


M.C. Gregorio Briones Sánchez

Asesor Principal


Dr. Felipe de Jesús Ortega Rivera

Coasesor

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"


M.C. Tomas Reyna Cepeda

Coasesor


M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez de

Coordinador de la División de Ingeniería

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. JUNIO DE 2012.

DEDICATORIAS

A DIOS:

Por haberme dado la oportunidad de vivir y por sus abundantes bendiciones en mi vida, entre ellas principalmente por haberme regalado una familia maravillosa.

A mis padres:

Ciria Isabel Marroquín Bravo, por el gran amor y la devoción que tienes a tus hijos, por el apoyo ilimitado e incondicional que siempre me has dado, por tener siempre la fortaleza de salir adelante sin importar los obstáculos, y por ser la mujer que me dio la vida y me enseñó a vivirla.

Isabel Carlos Velázquez Velázquez, por cuidarme siempre, por ser mi guía, mi horizonte, mi límite en los excesos, mi amigo y mi mejor consejero, y sobre todo, por darme la dicha de ser tu hijo.

Para ambos, por ser los padres mas maravillosos de la tierra, a ustedes que siempre están a nuestro lado, aunque muchas veces, no supimos entenderlos y nos enfadábamos con ustedes, pero siempre estaban y están ahí, a nuestro lado, en lo bueno y en lo malo, en nuestras alegrías y tristezas, en los problemas y nuestras dichas. Y en lo personal por el apoyo económico y moral, y por darme la herencia más grande del mundo el haber terminado mi carrera.

A mis hermanos:

José Luis, Hidai Omar y Daniel, por su inmenso cariño, por su muestra de afecto y por darme ánimos para alcanzar esta meta tan importante para mí.

A mis abuelos, por su apoyo moral y por creer en mí, por sus consejos y porque tengo la dicha de gozar de su presencia.

AGRADECIMIENTOS

A MI ALMA TERRA MATER:

Por brindarme la oportunidad de pertenecer a su campus, por forjarme como profesional, por enseñarme a vivir y a superar mis metas, por permitirme haber terminado mi carrera profesional como **Ingeniero Agrónomo en Irrigación** y porque hoy puedo decir orgullosamente que me forjé en la mejor **Universidad de Agronomía**.

A mis asesores:

M.C. Gregorio Briones Sánchez, Dr. Felipe de Jesús Ortega Rivera, M.C. Tomas Reyna Cepeda, por la orientación y asesoría para la realización de mi tesis, por brindarme su conocimiento y su experiencia en el tema desarrollado, por su amistad y su confianza, que me permitieron aprender mucho más que lo estudiado en el proyecto.

A mis amigos, la amistad es un tesoro invaluable y los amigos, son aquellas piezas de oro que cualquier buscador de tesoros anhela encontrar, yo me siento profundamente agradecido por todos aquellos amigos que me han acompañado a lo largo de mi carrera profesional y no solamente en ella si no que también en mi vida. Gracias por estar en los mejores y malos momentos de vida....

Comparación del cañón viajero contra el cañón estacionario en riego por aspersión (Comparison of the traveler gun and the stationary gun sprinkler)

Por: Abdi Aniel Velázquez Marroquín.

RESUMEN

El objetivo de ésta tesis fue para identificar las condiciones de sitio, para diseñar dos propuestas de riego por aspersión tipo cañón para tres localidades, aplicando la metodología de diseño para luego comparar la presión de operación para cada sistema y predecir los costos de operación al manejar manualmente el equipo o mecanizar la unidad, analizando el impacto económico requerido para dichos sistemas (cañón viajero contra el cañón estacionario).

Los parámetros comparados durante la evaluación de los dos sistemas fueron: Gasto disponible, Número de unidades, Tipo de aspersor, Diámetro de boquilla, Presión del aspersor, Cobertura, Carga dinámica total (CDT), Potencia, Consumo anual de energía (KwH/Año) y costos de inversión económica inicial.

Las condiciones de sitio de tres predios favorecen la selección de los aspersores gran cañón para regar la caña de azúcar, considerando que la disponibilidad de agua es suficiente, los vientos dominantes son ligeros, la textura del suelo permite la infiltración de la tasa de precipitación sin encharcado fuera de lo permisible.

La inversión inicial resulto de \$29,994 y de \$42,981 pesos/Ha para el cañón viajero y el cañón estacionario respectivamente. El consumo de energía fue de: 5,516 y de 3,402 KwH/Año*Ha, al comparar el cañón viajero contra el cañón estacionario respectivamente. Al 12% de interés y plazo de 10 años para recuperar la inversión se estimaron costos totales por año de: \$6,120 y de \$8,226 para el cañón viajero y el cañón estacionario respectivamente.

Palabras clave: Cañón viajero, Cañón estacionario, Calculo hidráulico, Objetivos múltiples, Impacto económico y Consumo de energía.

Comparison of the traveler gun sprinkler and the stationary gun sprinkler.

By. Abdi Aniel Velázquez Marroquín

SUMMARY

The aim of this dissertation was to identify the site conditions for designing two proposed big gun sprinkler systems for three locations, using the design methodology in order to compare the operating pressure for each one system and to predict operating costs for the traveler gun sprinkler and the stationary gun sprinkler, the first is a mechanized equipment unit and the second is a system managed manually, analyzing for both alternatives the economic impact succeed, Total Dynamic Head (CDT), Power required, Annual energy consumption (KwH / year) and economic costs of initial investment for such systems (traveling gun hose-drawn and the gun stationary) in base the parameters compared during the evaluation which were: available water flow, number of units, sprinkler type, nozzle diameter, pressure of sprinkler, coverage.

The site conditions of three farms favor selection of the hose-draw sprinklers to irrigate large sugar cane fields, considering that water availability is sufficient, the prevailing winds are light, soil texture allows the infiltration of precipitation rate without puddle outside of the permissible.

The initial investment resulted in \$ 31,108 and \$ 42,981 pesos / Ha for the traveler gun and the stationary gun respectively. Energy consumption was: 5,663 and 3,330 KwH / year * Ha, comparing the traveler gun sprinkler and the stationary gun sprinkler respectively. At 12% interest and 10 years to recovery the investment costs were estimated per year total: \$ 6,120 and \$ 8,226 and traveling gun hose-drawn and the gun stationary.

Keywords: traveler gun sprinkler, stationary gun sprinkler, hydraulic calculation, multiple objectives, economic impact and energy consumption.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO	PÁGINA
DEDICATORIAS	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	V
SUMMARY	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO	VII
ÍNDICE DE CUADROS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
I. INTRODUCCIÓN.	1
1.1 ANTECEDENTES.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.3 HIPÓTESIS.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.	5
2.1. Sistemas de Riego por Aspersión.....	5
2.2. Cañones viajeros y carretes.	5
2.3. Motivos de la mecanización del riego por aspersión	6
2.4. Maquinas de riego con cañones móviles	7
2.5. Carretes para el aspersor.	8
2.6. Los cañones	10
2.7. Mecanismos de propulsión	13
2.7.1. Mecanismos de fuelle hidráulico	13
2.7.2. Mecanismos de turbina	15
2.8. Mecanismos de funcionamiento, control y seguridad	16
2.9. Adaptabilidad, ventajas y desventajas del uso de Carretes de Riego	18
2.10. Las mangueras	19
2.11. Condiciones de funcionamiento	19
2.12. Alas sobre carro.....	26
2.13. Diseño y cálculo del riego con cañones.....	27
2.13.1 Datos iniciales:	27
2.13.2 Cálculo de los parámetros de riego:.....	28

2.13.3 Caudal medio de bombeo necesario:.....	29
2.13.4 Selección del aspersor:	29
2.13.5 Separación entre posiciones de riego:	30
2.13.6 Velocidad de avance del cañón y tiempo de riego:	30
2.13.7 Presión necesaria a la entrada del aparato:.....	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1. Caracterización del área de estudio	34
3.1.1. Características del resumen del cálculo hidráulico con sistema de riego por aspersión tipo cañón viajero del proyecto A.....	38
3.1.2. Características del resumen del cálculo hidráulico con sistema de riego por aspersión tipo cañón estacionario semiportatil del proyecto A.....	39
3.1.3. Características del resumen del cálculo hidráulico con sistema de riego por aspersión tipo cañón viajero del proyecto B.....	40
3.1.4. Características del resumen del cálculo hidráulico con sistema de riego por aspersión tipo cañón estacionario semiportatil del proyecto B.....	41
3.1.5. Características del resumen del cálculo hidráulico con sistema de riego por aspersión tipo cañón viajero del proyecto C	42
3.1.6. Características del resumen del cálculo hidráulico con sistema de riego por aspersión tipo cañón estacionario semiportatil del proyecto C	43
3.2. Localización de los predios.....	44
3.3. Principios de diseño para un sistema de riego por aspersión con cañón viajero	45
3.4. Principios de diseño para un sistema de riego por aspersión semiportatil tipo cañón estacionario.....	45
3.5. Metodología del diseño.....	46
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
V. CONCLUSIONES	55
BIBLIOGRAFÍA	58
APENDICE A	60
APENDICE B	63

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO No.	PÁGINA
Cuadro 2.1. Valores recomendados para espaciamiento entre bandas regadas en función de la velocidad del viento.....	23
Cuadro 2.2 Datos de un fabricante de carretes a título de ejemplo.....	32
Cuadro 3.1. Información básica para el diseño del sistema de riego del proyecto “A”	35
Cuadro 3.2. Información básica para el diseño del sistema de riego del proyecto “B”.....	36
Cuadro 3.3. Información básica para el diseño del sistema de riego del proyecto “C”	37
Cuadro 3.4. Localización geográfica de los proyectos.	45
Cuadro 3.5. Gastos típicos y diámetros de mojado para cañones con un ángulo de 24°, tomados del catalogo de Wade Rain 2010.	47
Cuadro 3.6. Selección de la manguera del cañón viajero y perdida por fricción estimada en m/100m tomadas del catalogo de Wade Rain 2010.	47
Cuadro 3.7. Factor de ajuste (SL/DW) del diámetro de mojado para diferentes velocidades del viento.	48
Cuadro 4.1. Resultados de los parámetros evaluados durante la comparación de la unidad viajera contra el cañón estacionario en el proyecto Santa Cruz.	49
Cuadro 4.2. Resultados de los parámetros evaluados durante la comparación de la unidad viajera contra el cañón estacionario en el proyecto La Nueva Esperanza.	51
Cuadro 4.3. Resultados de los parámetros evaluados durante la comparación de la unidad viajera contra el cañón estacionario en el proyecto Liz.	52
Cuadro 4.4. Comparación de los costos de inversión económica inicial correspondientes a los tres predios (\$/Ha), estimadas con la cotización e instalación de materiales.....	54
Cuadro 4.5. Comparación del consumo de energía en KwH/Ha correspondientes a los tres predios, calculados con la calculadora que evalúa el costo de energía consumida mensual y anual requerida por el sistema.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA No.	PÁGINA
Figura 2.1. Carro autopropulsable remolcado por cable.	7
Figura 2.2. Disposición típica de un potrero regado con un cañón viajero.	8
Figura 2.3. Cañones de riego sobre patín y ruedas.	9
Figura 2.4. Cañón en funcionamiento de un carrete.	9
Figura 2.5. Disposición típica de un riego con carrete.....	10
Figura 2.6. Carrete de riego.	10
Figura 2.7. Sectores circulares de riego.....	11
Figura 2.8. Cañón de brazo oscilante y de turbina.	11
Figura 2.9. Esquema perpendicular de la altura de agua aplicada por un carrete. 13	
Figura 2.10. Mecanismo de propulsión de fuelle hidráulico.....	14
Figura 2.11. Mecanismo de propulsión con turbina.....	15
Figura 2.12. Equipo del mecanismo de propulsión por turbina.....	15
Figura 2.13. Mecanismo guía para enrollamiento de la manguera.....	16
Figura 2.14. Intervalo de presión recomendado en el cañón según el caudal descargado.....	21
Figura 2.15. Perfiles de altura de agua aplicada en sectores circulares de riego comprendidos entre 180° y 330° producidos por cañones con desplazamiento continuo.....	22
Figura 2.16. Alas sobre el carro.	26
Figura 3.1. Localización de los predios Santa Cruz y La Nueva Esperanza.	44
Figura 3.2. Localización del predio Liz.	44
Figura 4.1. Diseño del sistema de riego por aspersión tipo cañón viajero y sus principales características en el predio Santa Cruz.....	50
Figura 4.2. Diseño del sistema de riego por aspersión tipo cañón estacionario semiportatil y sus principales características en el predio Santa Cruz.	50
Figura 4.3. Diseño del sistema de riego por aspersión tipo cañón viajero y sus principales características en el predio La Nueva Esperanza.	51
Figura 4.4. Diseño del sistema de riego por aspersión tipo cañón estacionario semiportatil y sus principales características en el predio La Nueva Esperanza... 52	
Figura 4.5. Diseño del sistema de riego por aspersión tipo cañón viajero y sus principales características en el predio Liz.	53
Figura 4.6. Diseño del sistema de riego por aspersión tipo cañón estacionario semiportatil y sus principales características en el predio Liz.	53

I. INTRODUCCIÓN.

La escasa disponibilidad de agua en las zonas áridas y semiáridas del país constituye la limitante principal para garantizar la producción o para expandir la irrigación en la agricultura. Por otro lado, la explosión demográfica y la demanda creciente de sectores económicos del país en dicha zonas, agrava la competencia por el agua.

Lo anterior hace necesario impulsar programas para promover la conservación y uso eficiente del agua, en el sector agropecuario que es uno de los mayores consumidores de dicho recurso, mediante el mejoramiento de métodos o instrumentos, tanto para conducir, distribuir y aplicar el agua de riego, como para diseñar, realizar y evaluar los sistemas de riego, con el propósito de asegurar el funcionamiento óptimo de dichos sistemas. Existen diversos procesos, procedimientos y actividades para aplicar el riego a los cultivos, los cuales interactúan de manera lógica y ordenada con lo que se logra un sistema de riego parcelario. La utilización eficiente del agua por parte del regante, además de una concienciación previa y, en su caso de unos mínimos incentivos económicos, el intercambio de conocimientos con los extensionistas, ingenieros y científicos nos ayuda a promover y seleccionar un sistema de riego adecuado para aprovechar el recurso hídrico sin alterar su condición. El agricultor formado mínimamente e informado con continuidad será capaz de mejorar enfoques y técnicas para el uso eficiente del agua.

Los sistemas de riego por aspersión se dividen en estacionarios y desplazamiento continuo. A su vez, estos últimos se agrupan en: sistemas con desplazamiento de un aspersor de gran tamaño (**cañones viajeros y enredadores o carretes**) y sistemas con desplazamiento de ramales o laterales de riego (**pivotes centrales y laterales de avance frontal**).

Los Cañones Viajeros y los Enrolladores de Baja Presión, tienen un mayor grado de automatización y presentan la ventaja de ser más manejables en cuanto a su facilidad de traslado. Básicamente estos equipos tienen un bastidor que soporta un tubo flexible conductor de agua. En el caso de los cañones viajeros el emisor de agua es un cañón ubicado en el extremo del tubo, que trabaja a alta presión.

Por movimiento hidráulico, la manguera se va enrollando en el bastidor y arrastra al cañón. Cuando el tubo ha sido enrollado completamente, el equipo se traslada a la posición siguiente y se vuelve a extender el tubo con el cañón en el extremo para iniciar un nuevo recorrido de riego.

En el caso del cañón viajero es necesario realizar cuidadosamente la superposición entre pasadas ya que debido a la presión de trabajo que utiliza existen problemas de deriva y también un mayor consumo de energía.

En los equipos enrolladores con baja presión, este problema ha sido solucionado con el reemplazo del cañón por una barra de baja presión que aumenta la eficiencia del equipo y su capacidad operativa, a la vez que disminuye el consumo de energía.

En la elección de su equipo tenga en cuenta la forma y dimensiones del lote, las características del suelo a regar, la disponibilidad de agua y los siguientes aspectos del equipo: inversión inicial, flexibilidad de traslado, grado de automatización, presión de trabajo, capacidad operativa y mano de obra que requiere.

Combinando estas variables podrá determinar cuál es el equipo que mejor se adapta a su situación.

1.1 ANTECEDENTES

Los cañones viajeros son equipos mecanizados, los cuales tuvieron sus principios en el año de 1953, con la finalidad de adaptarlos a terrenos de topografía ondulada y a zonas húmedas donde el riego es suplementario. Otro de los motivos por el cual surgió la unidad viajera fue por la necesidad de regar los predios agrícolas de una forma más sencilla optimizando el tiempo y esfuerzo.

A principios del año de 1962 se requirió de la tecnología para crear el primer cañón viajero que consistía en un aspersor gigante montado en un carruaje y de un dispositivo de tambor de tubo móvil alcanzando reducciones en horas de trabajo en regar una cierta superficie, mostrando una magnitud del 20%, garantizando una productividad más alta en la eficiencia de aplicación del riego para el cultivo.

Por otra parte en el año de 1973-1977 el Ingeniero Beinlich asumió la responsabilidad de crear el primer tambor arrollador más contemporáneo eléctrico, el cual fue una nueva forma de impulsar al carrete remolcado por un cable al tambor, posteriormente surge la turbina en el cual pasa una corriente de agua en dirección inversa, impulsado por una bomba centrífuga tal fue el caso que llevo a las maquinas autopropulsables al mercado extranjero en particular en Holanda, Dinamarca, Suecia y Grecia en el cual se obtuvieron buenos resultados con respecto a la eficiencia de la maquina.

Para el año de 1978, mediante la práctica y pruebas del sistema de riego se fueron generando alternativas para mejorar el prototipo y determinar el tamaño del tambor, usando el tubo especial de polietileno. Posteriormente la asociación de aguas residuales de Wolfsburgo implemento un motor al carrete del tambor y más tarde fue usado en Estados Unidos de América en cultivos de tabaco, maíz y pastos.

1.2 OBJETIVOS

- Identificar las condiciones de sitio que permitan seleccionar y establecer un sistema de riego por aspersión tipo cañón viajero o estacionario.
- Diseñar dos propuestas de riego por aspersión tipo cañón para tres localidades.
- Aplicar la metodología de diseño para comparar la presión de operación para cada sistema de riego y predecir los costos de operación al manejar manualmente el equipo o mecanizar la unidad.
- Analizar y comparar el impacto económico requerido para cada sistema de riego (cañón viajero contra el cañón estacionario).

Este estudio con el propósito de:

- a) Desarrollar una guía práctica para describir los elementos de manufactura de los viajeros y el procedimiento de operación, b) hacer un análisis comparativo de disponibilidad de maquinas de riego, c) comprender los avances tecnológicos, el análisis de contextos y las condiciones favorables para su adopción, d) examinar las situaciones de un sitio y proporcionar la bases para el diseño y extensión de métodos, e) recabar evidencia en la adopción de la tecnología descrita.

1.3 HIPÓTESIS

Ho: El cañón viajero tiene la misma factibilidad y el mismo impacto económico que un cañón estacionario.

Ha: El cañón viajero tiene diferente factibilidad y diferente impacto económico que un cañón estacionario.

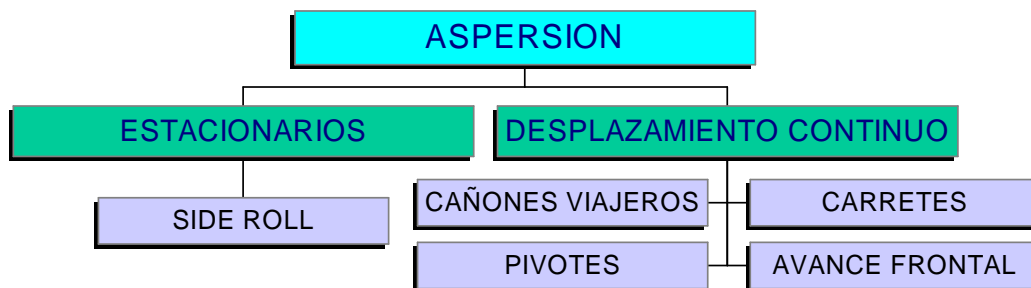
Durante la aplicación de la metodología de diseño se fueron tomando decisiones para: establecer un sistema de riego por cañón viajero a las condiciones del sitio, y se dimensionaron los elementos de la unidad adecuados al predio.

Para probar la hipótesis y demostrar que “el cañón viajero es más factible y tiene menor costo comparado con un cañón estacionario”, se aplicó un software “calculadora que evalúa el costo de energía consumida mensual y anual”.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Sistemas de Riego por Aspersión.

Los sistemas de riego por aspersión se dividen en: estacionarios (permanecen fijos mientras riegan) y desplazamiento continuo (aplican agua en movimiento). A su vez, estos últimos se agrupan en: sistemas con desplazamiento de un aspersor de gran tamaño (**cañones viajeros y enredadores o carretes**) y sistemas con desplazamiento de ramales o laterales de riego (**pivotes centrales y laterales de avance frontal**).



2.2. Cañones viajeros y carretes.

Los **cañones viajeros y carretes** riegan un sector circular y su principal característica es la movilidad. Adecuadas para climas húmedos o semi-húmedos, donde se necesita de riegos de apoyo, mojando franjas de hasta 130 m de ancho. Sus principales inconvenientes son la elevada presión de trabajo (40-100 m.c.a.), y el gran tamaño de gota, cuestión que puede erosionar el suelo y dañar la planta, además de ser más afectadas por el viento dada la altura de la trayectoria de las gotas.

En los cañones, para reducir la presión, la solución se ha orientado hacia una tubería, sostenida también en un carro, en la que se montan aspersores o difusores. Nos encontramos ante un **ramal o ala de riego**, pero más pequeño, que es remolcada por el tambor en el caso de los carretes o arrastrada por un cable en el caso de los cañones viajeros, pudiendo incluso ser autopropulsada.

2.3. Motivos de la mecanización del riego por aspersión

En todas las zonas de riego, se ha observado una cierta resistencia de los agricultores, a la adquisición de equipos de riego por aspersión no mecanizados, donde se contempla el desplazamiento de los componentes móviles de éstos (**tuberías, aspersores y accesorios**). Esta creciente oposición se debe a su carácter repetitivo y tedioso que al cabo de unos años se convierte en una carga insoportable.

Por otra parte, es un empleo de temporada y en ciertas regiones es difícil encontrar personal para esta actividad sólo para un cierto tiempo, sobre todo si no está contratado para todo el año. Además, cuando se trata de mano de obra familiar, es normal la necesidad de dejar tiempo libre para ocuparse de otras actividades.

En los grandes predios, los proyectos de riegos pueden llegar a contemplar superficies extremadamente importantes, y es imposible encontrar personal para manipular el gran número de equipos móviles que se deben desplazar. A ello, también se añaden los problemas de almacenamiento invernal de los materiales.

Todos estos argumentos juegan a favor de una evolución tecnológica de los sistemas de riego, reduciendo la mano de obra y haciendo el trabajo menos fastidioso. Pero sería equivocado pensar en la búsqueda de reducir la oportunidad de trabajo, en las regiones donde el modo de vida rural todavía no se ha desarrollado y la mano de obra es abundante.

Si se introduce el riego por aspersión en una región, el paso siguiente será siempre buscar sistemas de riego más tecnificados que exijan menos trabajo.

2.4. Maquinas de riego con cañones móviles

Este sistema de riego utiliza aspersores rotativos de gran tamaño (cañones) que trabajan a alta presión y mojan grandes superficies. Estos se acoplan sobre carros o patines, adaptables a distintas anchuras y alturas según lo requiera el cultivo, que se desplazan a lo largo del potrero mientras riegan.

Estos cañones trabajan a presiones de 40 a 100 m.c.a., con descargas de 20 a 170 m³/h, y pueden regar franjas de más de 100 m de ancho por 500 m de largo en una postura. La pluviometría suele variar entre 5 y 35 mm/h.

Existen dos máquinas con cañones móviles: los **cañones viajeros** y los **carretes**, habiéndose desarrollado mucho más estos últimos, por ser más cómodos de manejar y necesitar menos mano de obra para su funcionamiento.

Los **cañones viajeros** consisten en un cañón montado sobre un carro que se desplaza con ayuda de un cable, y es alimentado por una manguera flexible arrastrada detrás del carro, estando el otro extremo unido permanentemente a un hidrante (Figura 2.1).



Figura 2.1. Carro autopropulsable remolcado por cable.

Una disposición tipo de este sistema se presenta en la (Figura 2.2), donde una tubería principal enterrada y con hidrantes, cruza por el centro del potrero, logrando así regar franjas de 25 a 400 m de ancho desde un mismo hidrante con mangueras de 100 a 200 m de longitud. El carro con el cañón se coloca en un extremo del potrero conectado a la manguera flexible y en el otro extremo del potrero se ancla un cable de acero, previamente desenrollado desde el carro. Éste se mueve al irse enrollando el cable en un tambor alojado en él, que gira al ser accionado por un pistón o una turbina alimentada por una parte del caudal que llega al cañón.

Estas máquinas suelen desplazarse a velocidades de 10 a 50 m/h, disminuyendo la dosis de riego conforme aumenta esta velocidad. Cuando el carro llega al extremo, se para automáticamente, pudiendo parar también la bomba o cerrar el paso de agua al cañón.

Para el cambio de posición de la máquina y de la manguera, una persona con ayuda de un tractor puede tardar de 1 a 1.5 h.

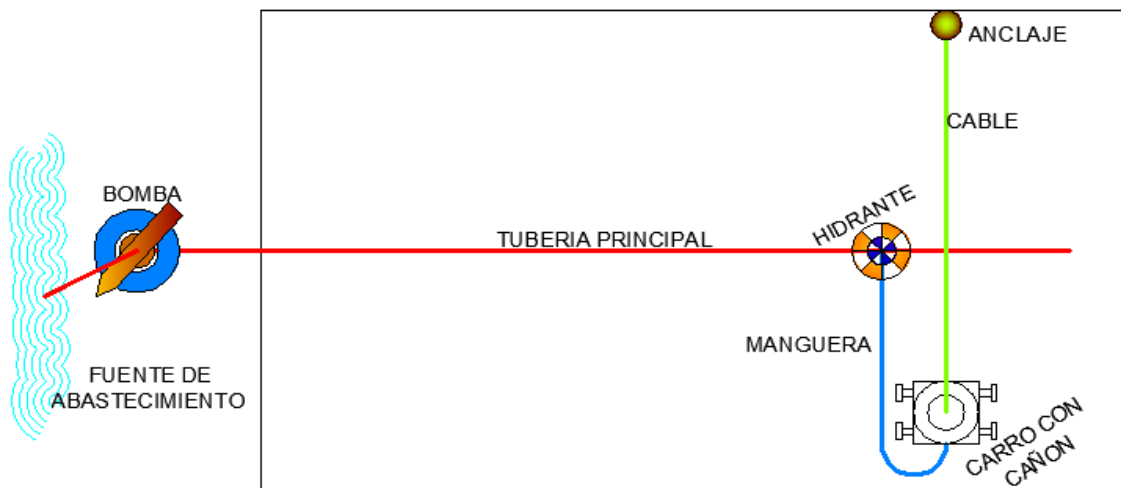


Figura 2.2. Disposición típica de un potrero regado con un cañón viajero.

2.5. Carretes para el aspersor.

Los **carretes** constan de un cañón colocado sobre un carro o patín con ruedas, que es arrastrado por la propia manguera flexible de polietileno por la que recibe el agua a presión.

La manguera se enrolla en un tambor que es accionado por la propia corriente de agua a través de un mecanismo de turbina o de fuelle hidráulico.

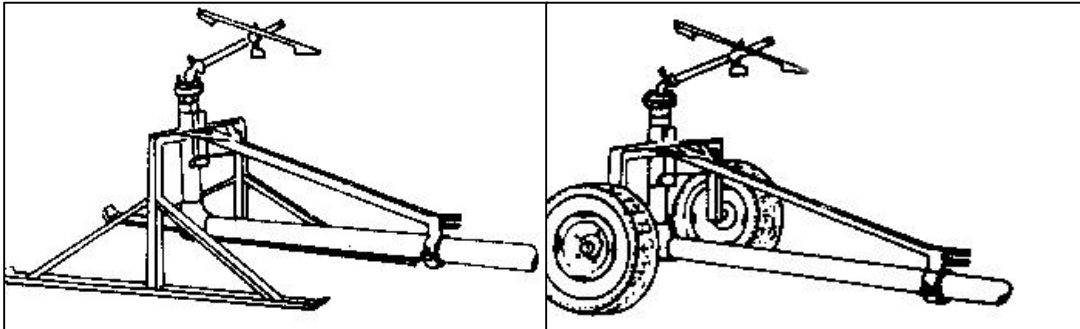


Figura 2.3. Cañones de riego sobre patín y ruedas.



Figura 2.4. Cañón en funcionamiento de un carrete.

Una instalación típica de un carrete de riego se observa en la (Figura 2.5), con una tubería principal enterrada por el centro del potrero. Esta permite estacionar la máquina junto a ella y conectarla a un hidrante. Para efectuar el riego se desenrolla la manguera tirando del carro porta cañón con ayuda de un tractor hasta situarlo junto al borde del potrero, tras lo cual puede comenzar el riego. Una vez enrollado la manguera, y finalizado el riego de esa banda, se gira la máquina 180° y se repite la operación, pudiendo regar una nueva franja. Para realizar otro riego más es preciso desplazar la máquina a la distancia adecuada para regar una nueva franja paralela a la primera y tenga un traslape con ella.

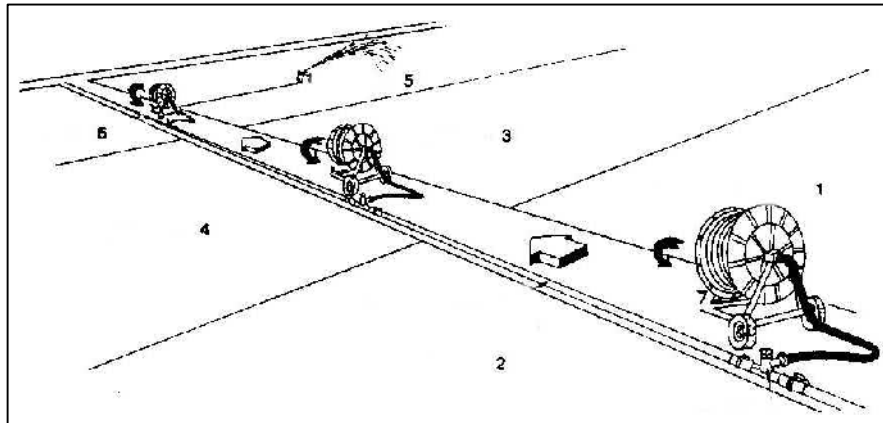


Figura 2.5. Disposición típica de un riego con carrete



Figura 2.6. Carrete de riego.

2.6. Los cañones

Son grandes aspersores giratorios, de brazo oscilante o de turbina, construidos para resistir el elevado caudal de descargado y presión de trabajo. Están dotados de mecanismos necesarios para funcionar en forma sectorial, cubriendo normalmente sectores de 200° a 220° (Figura 2.7) y están concebidos para avanzar en dirección opuesta al sector regado, de manera que circule por terreno seco.

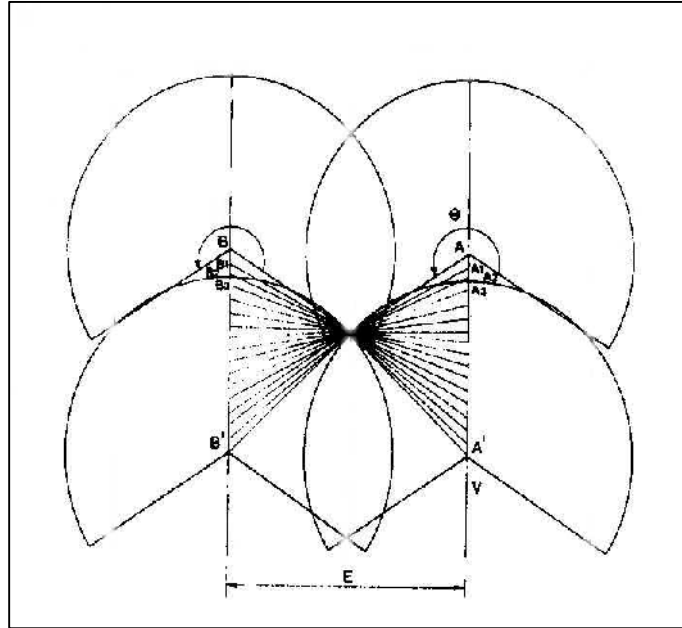


Figura 2.7. Sectores circulares de riego.

Los cañones de brazo oscilante (Figura 2.8), que pueden hacerlo sobre un eje horizontal o vertical, suelen tardar de 2 a 5 minutos por revolución y avanzan a pequeños saltos, regresando de forma rápida a su posición inicial cuando funcionan como sectoriales. También se encuentran los que giran a igual velocidad en ambos sentidos, utilizando dos brazos de funcionamiento alternativo u otro sistema que cambie la orientación de la cuchara propulsora del extremo del brazo donde incide el chorro.

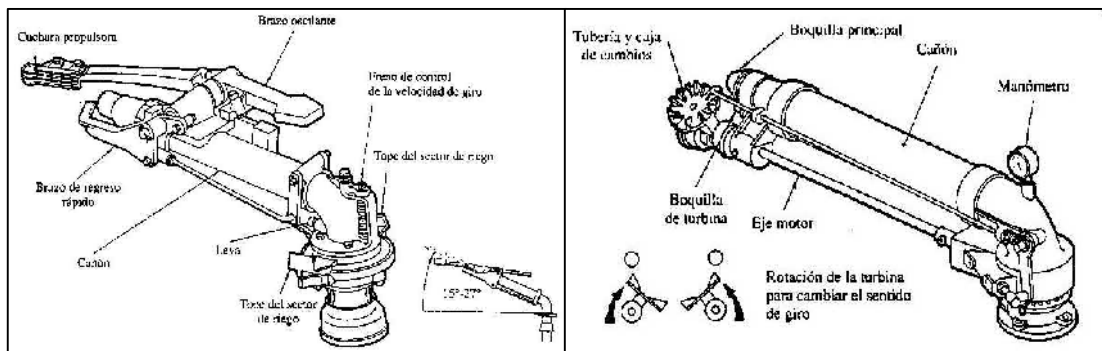


Figura 2.8. Cañón de brazo oscilante y de turbina.

Los de turbina siempre giran a igual velocidad en ambos sentidos. El chorro incide sobre los álabes o paletas de una pequeña turbina que transmite su giro al aspersor por medio de un mecanismo de cremallera y piñón (Figura 2.7). La reversibilidad del giro se consigue haciendo oscilar la turbina, de manera que el chorro incidente origine el giro de la misma en sentido contrario, o con otro mecanismo similar.

Las boquillas son cónicas (de plástico o metálicas) o de anillos. Las primeras forman un chorro de mayor alcance y conviene usarla en caso de regar con viento, en cambio las segundas, producen una mayor distorsión del chorro, rompiéndose antes en gotas y disminuyendo su alcance, no obstante, tienen la ventaja de una buena rotura de chorro a baja presión, aparte de resultar más baratos.

Los diámetros de boquilla varían entre 12 y 40 mm, los ángulos de descarga del chorro entre 15° y 32° , aunque los más recomendables suelen ser entre 21° y 25° .

A la salida de la boquilla suele llevar un rompe chorro, que interrumpe parcialmente éste y facilita su pulverización en gotas, así como el riego en las proximidades del cañón. Normalmente puede regularse el grado de obstrucción del chorro, e incluso puede actuar intermitentemente guiado por una leva o mecanismo similar.

El tubo del cañón suele llevar unos álabes fijos en su interior para encauzar las líneas de corriente del fluido y conseguir un chorro más compacto, que tiene mayor alcance.

Los ángulos menores tienen poco alcance, y los mayores son más afectados por el viento. Existen también cañones de riego con ángulo variable entre 15° y 45° .

Cuando el cañón se desplaza sobre el eje de la franja, rota sobre sí para regar un sector (Figura 2.7), que eventualmente puede ser un círculo completo.

El riego en un punto cualquiera del potrero regado, constituido por varias franjas sobrepuestas, es el resultado de la suma de la altura de agua aportada por tres pasadas sobre ejes paralelos contiguos. Para que el reparto de agua sea homogéneo, es necesario que la mitad de la longitud de una banda sea inferior a la distancia cubierta por el chorro del cañón.

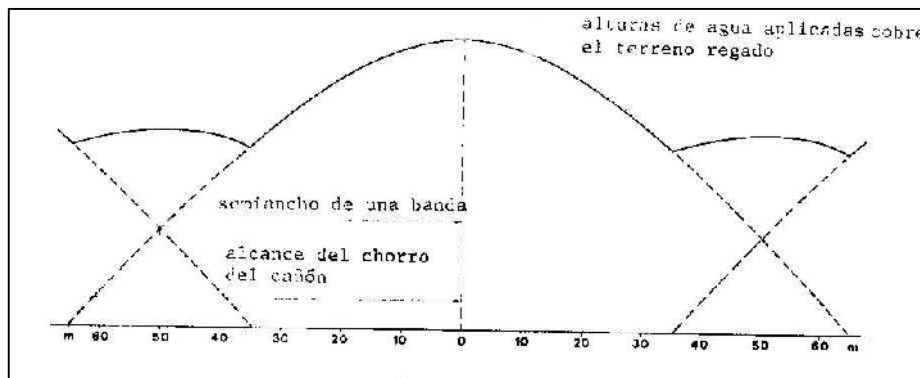


Figura 2.9. Esquema perpendicular de la altura de agua aplicada por un cañón.

Para ajustar el traslape de las bandas en los potreros regados, se debe considerar con prioridad la dirección del viento y la pendiente del terreno. Si es posible, la dirección del eje de las bandas debe estar en ángulo recto con la dirección predominante del viento.

2.7. Mecanismos de propulsión

Los cañones de riego pueden moverse propulsados por un motor de explosión o por la toma de fuerza del tractor, pero lo más frecuente es que lleven un motor hidráulico accionado por la propia corriente de agua, existiendo dos variantes: de pistón o fuelle y de turbina.

2.7.1. Mecanismos de fuelle hidráulico

El fuelle se expande por acción de la presión del agua en su interior y se contrae por la acción de un muelle exterior que lo comprime al conectar la cámara interna con la atmósfera.

El movimiento alternativo origina el giro del tambor a través de un mecanismo de trinquete (Figura 2.10).

El fuelle consume una pequeña parte del agua de riego, pero no introduce ninguna pérdida de carga o disminución de presión en el flujo principal, pudiendo estimarse el consumo en función de la dosis bruta aplicada como:

Dosis bruta (mm)	Caudal del fuelle/caudal del carrete
20	4 a 5 %
30	3 a 4 %
30	2 a 3 %

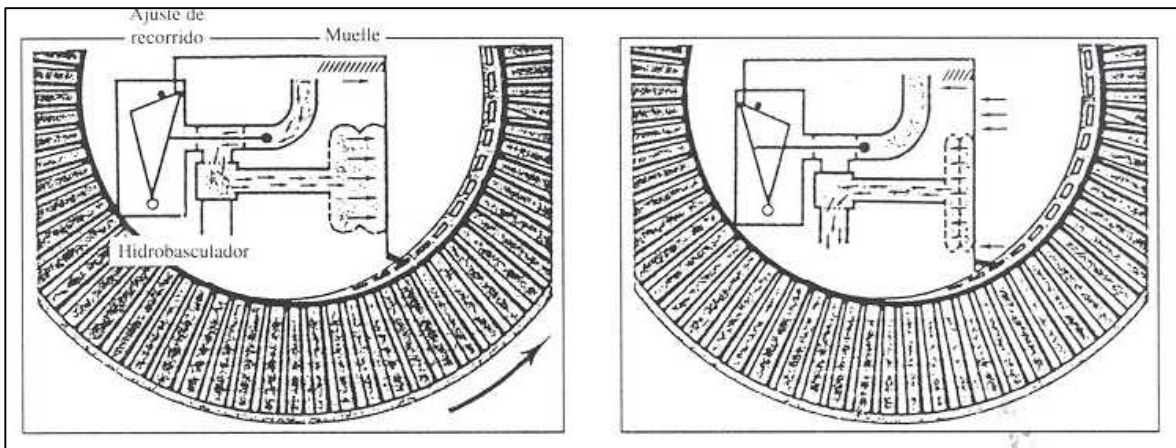


Figura 2.10. Mecanismo de propulsión de fuelle hidráulico.

La velocidad de giro del tambor y la de desplazamiento del cañón de riego, se regula actuando sobre el tiempo de vaciado del fuelle por medio de la válvula de escape.

En los carretes se necesita además regular la velocidad de giro del tambor durante el enrollamiento para conseguir un avance constante del cañón. Esto se realiza a través de un palpador sobre el diámetro de enrollamiento de la manguera de polietileno, que actúa sobre la válvula de descarga del fuelle.

2.7.2. Mecanismos de turbina

Son los mecanismos más frecuentes en los carretes. Éstos no consumen agua, pero producen una pérdida de carga en el flujo principal de unos 5 a 10 m.c.a. La turbina es alimentada por una parte de caudal principal o por todo el mecanismo de propulsión (Figura 2.11), y transmite el giro al tambor de enrollamiento a través de una caja de engranajes o un sistema de poleas (Figura 2.12).

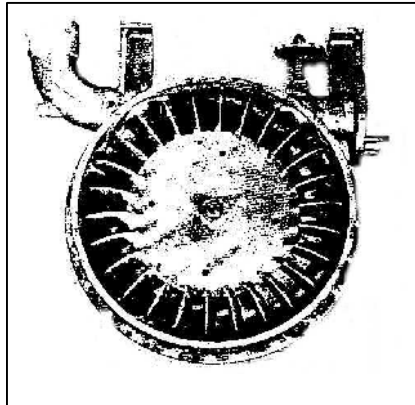


Figura 2.11. Mecanismo de propulsión con turbina

En las de flujo parcial, la velocidad de la turbina se regula con un by-pass o tubería en paralelo con una válvula, que hace puente con la turbina y permite hacer pasar por ésta un caudal variable. Si el caudal es demasiado pequeño, puede faltar potencia para superar cambios repentinos en el enrollamiento de la manguera, afectando la velocidad de desplazamiento del cañón. Tales cambios ocurren a menudo cuando el cañón se desplaza cuesta arriba o por terreno escabroso.



Figura 2.12. Equipo del mecanismo de propulsión por turbina.

En turbinas de flujo total no se presentan estos problemas y la velocidad de giro del tambor se programa mediante un regulador de velocidad de polea o por un juego de piñones. El mecanismo de propulsión se desconecta del tambor en cualquier momento (manual o automática) por medio de un embrague.

Para que sea uniforme el movimiento del cañón, se coloca un pequeño by-pass, regulado por un sensor que indica el diámetro de enrollamiento de la manguera en el tambor.

Todas las máquinas disponen de un mecanismo de recogida de la manguera, accionado por la toma de fuerza del tractor para caso de emergencia. Los equipos de gran tamaño van dotados de mecanismos (hidráulico o mecánico) que permiten girar 180° parte de la máquina para poder regar una nueva banda opuesta a la primera.

2.8. Mecanismos de funcionamiento, control y seguridad

Los mecanismos de guía de la manguera para su enrollamiento en el tambor constan de: una horquilla, que guía el tubo y se mueve en traslación alternado a la derecha e izquierda sobre un tornillo con roscas o tornillo sinfín cruzadas (Figura 2.13). El tornillo gira de forma continua por estar unido al tambor a través de un mecanismo de engranaje y cadena.

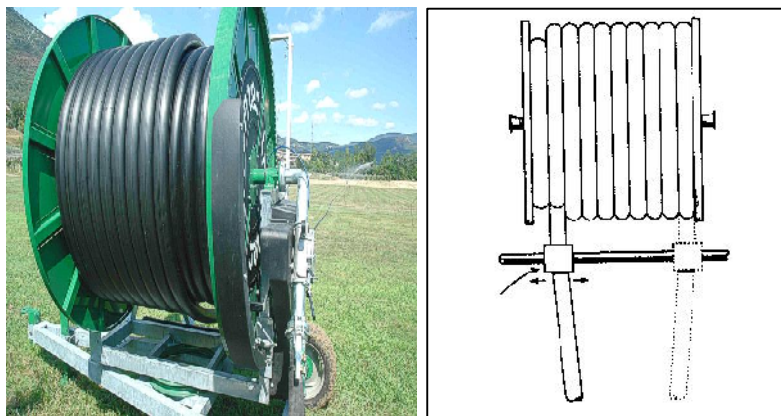


Figura 2.13. Mecanismo guía para enrollamiento de la manguera.

La parada de la máquina al término del riego puede hacerse de tres formas:

- Desviando el flujo fuera de la tubería mediante una *válvula de descarga*.
- Cerrando lentamente el suministro de agua principal mediante *una válvula automática*.
- Desembragando el tambor del mecanismo de propulsión. En este caso no se cortaría el suministro de agua.

La mayoría de las máquinas usan uno de los dos primeros métodos e incorporan el mecanismo de embrague como medida de seguridad en caso de que el primero falle, y para regar un cierto tiempo sin desplazarse, tanto al final como al principio de la franja regada. En todos los casos, la manguera lleva un tope fijo en las proximidades del carro que activa el mecanismo de detención.

En el sistema de válvula de descarga, el tope de la manguera activa una válvula y descarga todo el caudal a la atmósfera, lo que produce una brusca bajada de presión en la red, y un presostato detiene la bomba. El tope de la manguera puede usarse para desembragar el mecanismo de propulsión. Este sistema sólo es válido si hay una sola máquina conectada a la red, ya que se pararían todas al detenerse la bomba.

En el sistema de válvula automática, el tope de la manguera activa el cierre lento de la válvula, tardando de 3 a 7 minutos hasta interrumpir el suministro de agua a la máquina, evitando así golpes de ariete. Este sistema puede ser más adecuado cuando funcionan varias máquinas conectadas a la misma red de tuberías.

Para cada mecanismo de parada del equipo existen diferentes tipos de bombas. Para el sistema de válvula de descarga no son adecuadas las bombas con curva caudal - presión plana, en cambio, éstas son las más aconsejables para el sistema de válvula automática.

2.9. Adaptabilidad, ventajas y desventajas del uso de Carretes de Riego

Adaptabilidad	
Terrenos irregulares.	
Cultivos de empastadas y cultivos con alto porcentaje de cubrimiento del suelo.	
Riegos de emergencia	
Superficies mayores de 20 ha. (económicamente recomendables)	
Ventajas	Desventajas
<p>Adaptabilidad. Pueden regar una amplia variedad de cultivos como maíz, praderas, remolacha, frutales, etc. También trabajan bien en campos de forma irregular y terrenos ondulados. Incluso pueden equiparse para seguir algunos contornos y para distribuir estiércol líquido (Purines).</p>	<p>Tasa de aplicación relativamente alta Los suelos a regarse con estos sistemas deben tener una velocidad de infiltración de por lo menos 7,5 mm por hora.</p>
<p>Portabilidad Los carretes son ideales para regar campos muy dispersos. Pueden llevarse a velocidades razonables, de un potrero a otro o de un campo a otro.</p>	<p>Mayor presión de requerimiento Los carretes usan aspersores tipo cañón cuyas presiones de funcionamiento son mayores que las de los aspersores pequeños.</p>
<p>Sencillez de diseño Los carretes de riego requieren un mínimo de ingeniería y diseño para instalarse en cualquier predio</p>	<p>Afectado por viento. Los vientos fuertes y variables pueden afectar adversamente la uniformidad de aplicación; sin embargo, esta limitación es común a todo sistema de riego por aspersión</p>
<p>Eficiencia en el uso del terreno La superficie dañada o sin producir debido al uso de los cañones de riego es generalmente menor al 4 por ciento del área regada.</p>	<p>Necesidad de capacitación El uso de mangueras largas de caucho no es muy común en los predios y su manejo requiere ciertos conocimientos. Los carretes de riego son dispositivos mecánicos cuya operación requiere cierta capacitación. No se trata simplemente de trasladar tuberías y realizar trabajos comunes.</p>
<p>Uniformidad de aplicación Debido a su movimiento constante no dejan en el campo porciones sin regar ni áreas con riego traslapado. La distribución del agua es muy uniforme en franjas rectangulares largas</p>	<p>Encharcamientos en suelos arcillosos Produce escorrentía en suelos con baja velocidad de infiltración (arcillosos).</p>
<p>Eficiencia en terrenos irregulares Los aspersores de los carretes de riego son generalmente unidades compactas de tamaño reducido que sin mayores problemas pueden trabajar sin importar la presencia de postes eléctricos, árboles o edificios.</p>	<p>Presión requerida por el sistema La presión de funcionamiento del cañón no debe variar más de un 20 % de su presión nominal en ningún punto de la parcela para que el caudal descargado no varíe más de un 10%.</p>
<p>Ahorro de la mano de obra Un operario puede atender varios carretes y la mano de obra requerida es principalmente para conducir el tractor.</p>	

2.10. Las mangueras

Los diámetros de las mangueras van entre 50 y 125 mm, con longitudes que varían entre 120 y 500 m, y son diseñadas para soportar altas presiones y las fuerzas de tracción por arrastrarse sobre el suelo. La vida útil de estas mangueras suele ser de 6 a 8 años.

Las mangueras de los cañones *viajeros* suelen ser de lona fuerte recubierta con plástico, que la protegen del desgaste exterior y la hacen lisa interiormente. Estas mangueras, cuando no están sometidas a presión interna, permanecen aplastadas y son fáciles de enrollar en un tambor. Algunas máquinas llevan incorporado el tambor y en otras es un elemento independiente. Éste es normalmente accionado por la toma de fuerza del tractor para realizar el enrollamiento.

Antes de enrollar la manguera debe vaciarse el agua de su interior. En mangueras de menos de 75 mm de diámetro, esto se consigue haciendo pasar entre dos rollos. Para tamaños mayores se necesita la ayuda de un compresor.

Las mangueras de los carretes son de polietileno (PE) de media densidad, para que tengan suficiente resistencia y no sean demasiado rígidas. Estos equipos necesitan de un compresor para vaciar la manguera cuando haya que guardar la máquina durante el invierno.

2.11. Condiciones de funcionamiento

A pesar de ser el sistema de riego con cañones muy criticado por la mala uniformidad de reparto, el gran tamaño de gota, la elevada presión de trabajo, la alta pluviometría, etc., la experiencia parece demostrar que puede conseguir una buena uniformidad de aplicación y un tamaño medio de gota si se elige bien la presión de trabajo, el tamaño y tipo de boquilla y el espaciamiento entre las posiciones de riego.

Los cañones de riego son adecuados para un amplio tipo de cultivos, pero debe tenerse cuidado con los cultivos delicados, sobre todo durante la germinación y floración. Los cultivos más adecuados para este sistema suelen ser las praderas, y en general, todos aquellos cultivos que cubren una alta proporción de la superficie del suelo, estando especialmente indicados para zonas húmedas o semiáridas para dar riegos de apoyo.

Durante la germinación o floración debe utilizarse boquillas más pequeñas trabajando y una mayor presión trabajo, para generar gotas de tamaño más pequeñas.

La gran movilidad del sistema es muy apropiada para explotaciones con potreros pequeños, formas irregulares y dispersas.

El sistema presenta problemas en suelos con débil estructura o de textura fina, y en general en suelos de baja velocidad de infiltración.

La uniformidad de distribución del agua con los cañones de riego móviles depende principalmente de: la variación de la velocidad de avance, de las características propias del aspersor y de sus condiciones de trabajo (presión, boquilla, ángulo de descarga), así como de la correcta selección de las condiciones de funcionamiento del equipo de riego (ángulo sectorial de mojamiento y traslape de las franjas regadas). A todo esto hay que añadir la distorsión producida por el viento según su intensidad y dirección.

A continuación se mencionan algunas recomendaciones para el funcionamiento con estos equipos:

- Las presiones de trabajo en el cañón para obtener un tamaño de gota medio y un buen reparto se presenta en la (Figura 2.14).

- Un exceso de presión produce mayor proporción de gotas pequeñas, que son más sensibles a la acción del viento.

A partir de ellas se deduce que la presión a la entrada de la manguera, estará entre 60 y 100 m.c.a. según el caudal transportado y el diámetro y longitud de tubería.

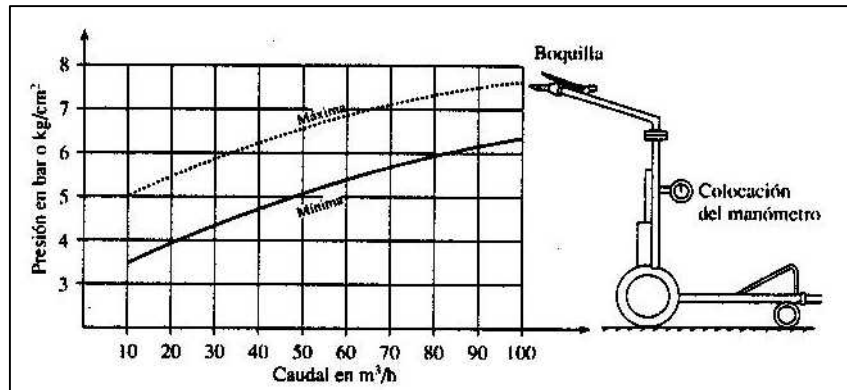


Figura 2.14. Intervalo de presión recomendado en el cañón según el caudal descargado.

La presión de funcionamiento del cañón no debe variar más de un 20% de su presión nominal en ningún punto del potrero para que el caudal descargado no varíe más de un 10%. Se realizan los cálculos para la condición más desfavorable ($H_{mín}$) y el más favorable ($H_{máx}$) del predio. Cuando $H_{máx} > 1,2 H_{mín}$, debe colocarse un regulador de presión a la entrada del cañón para garantizar la correcta variación de presión de funcionamiento.

- El ángulo de descarga más recomendable es de 21° a 23° para tener suficiente alcance y disminuir el efecto del viento. En lugares donde los vientos medios superan los 4 m/s deben usarse ángulos de descarga de 20° a 21° .
- El ángulo del sector regado más recomendado, según ensayos está entre 200° y 240° .

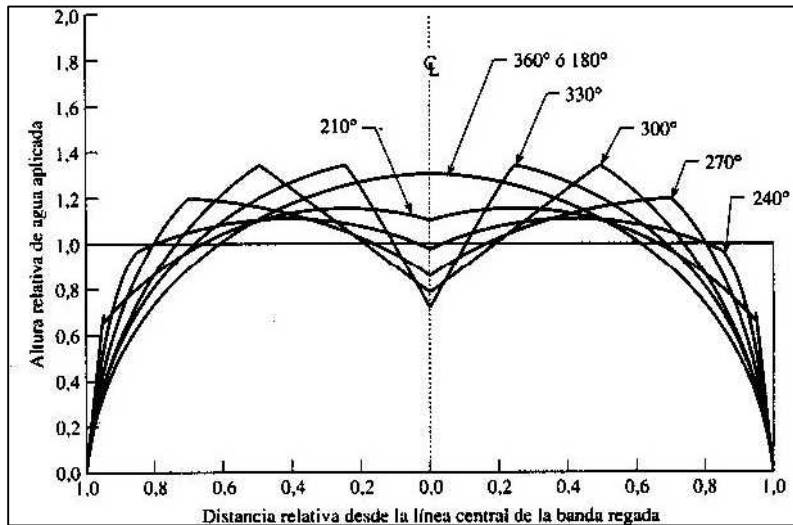


Figura 2.15. Perfiles de altura de agua aplicada en sectores circulares de riego comprendidos entre 180° y 330° producidos por cañones con desplazamiento continuo.

En la (Figura 2.15), se muestran los perfiles de altura de agua aplicada con el paso de un cañón sobre una línea de pluviómetros perpendicular a la dirección de desplazamiento cuando el cañón funciona con distintos sectores circulares entre 180° (o 360°) y 330°.

Todos los perfiles tienen la misma altura media de agua aplicada y, comparando con el perfil hipotético de completa uniformidad (línea horizontal), se observa que el perfil más uniforme es un sector de riego con un ángulo de 210°, teniendo en cuenta el traslape entre las franjas regadas. A partir de un ángulo de 270°, la uniformidad de riego disminuye; conforme el ángulo de trabajo del cañón se incrementa.

- ❖ Los espaciamientos entre posiciones de riego, en función de la velocidad del viento, se presentan en el Cuadro 2.1:

Cuadro 2.1. Valores recomendados para espaciamiento entre bandas regadas en función de la velocidad del viento.

Velocidad del viento m/s	0-1	1-1.25	2.5-5	>5
Espaciamiento (% del mojado)	80	75-70	65-60	55-50

Los valores más altos del intervalo de espaciamiento son para boquillas cónicas y los más bajos para los de anillos.

El diámetro mojado considerado es el correspondiente a la presión mínima de funcionamiento en el predio (Hmín). El espaciamiento se obtiene al dividir el (los) predios(s) en un número entero de franjas regadas.

- ❖ Se orienta el desplazamiento del cañón en forma perpendicular a los vientos dominantes para disminuir la distorsión producida por éstos.
- ❖ El coeficiente de uniformidad de Christiansen (CU) y la eficiencia de aplicación (Ea), pueden alcanzar con un buen diseño y manejo, valores como:

Velocidad del viento m/s	Cu (%)	Ea (%)
0-2	82	77
2-4	70	65

- ❖ Al regar un predio con pendiente es conveniente que el cañón se desplace en la línea de máxima pendiente y a favor de la pendiente, para que la posible escorrentía encuentre terreno seco. Al regar, siguiendo las curvas de nivel, conviene colocar un lastre al carro (pequeño depósito lleno de

agua) y prever un sistema de retención de la manguera para que no se curve (surco, cable o ganchos).

- ❖ Cualquier cañón de riego que trabaja en las proximidades de las líneas eléctricas de alta tensión, debe situarse a una distancia mínima de 30 m, para garantizar la rotura del chorro en gotas antes de llegar a la línea eléctrica.
- ❖ El riego con cañones produce siempre una menor aplicación de agua al comienzo y al final del riego por falta del traslape. Al comienzo del riego, el área mojada recibe una dosis creciente, desde cero hasta el valor deseado.

Para evitar este defecto, las máquinas se equipan con un temporizador que retarda en un cierto tiempo el avance del cañón al comienzo del riego y permanece regando al final de la franja regada antes de activar la válvula de parada. Estas temporizaciones se programan, según tiempo o dosis de riego.

Al comienzo de un riego, el cañón se sitúa a una distancia (D_i) del borde del potrero igual a $2/3$ del radio de alcance del cañón (R) ($D_i=2/3R$). La distancia que recomiendan detener el cañón antes de llegar al final del potrero (D_f) es:

$$D_f = \frac{2}{3} * \left(\frac{\alpha - 180^\circ}{180^\circ} \right) * R$$

Siendo alfa el ángulo del sector circular regado, que varía entre 180° y 360° . Esta distancia no existe en el caso de los carretes.

El tiempo de riego del cañón sin desplazarse al principio de la franja (T_i), debe ser el mismo que tardaría el cañón en recorrer la distancia que le separa del borde del predio:

$$T_i = \frac{2}{3} * \frac{\alpha}{360^\circ} * \frac{R}{V}$$

Siendo, V la velocidad de desplazamiento del cañón en el resto de la franja, de acuerdo con la dosis de riego (D) deseada.

Para cañones viajeros, el tiempo de riego sin desplazamiento al final de la banda regada (Tf) puede ser el mismo que al principio (Ti). En cambio, para carretes este tiempo Tfe se estima mediante la expresión:

$$T_{fe} = \frac{2}{3} * \left(1 - \frac{\alpha}{360^\circ} \right) * \frac{R}{V}$$

Para este planteamiento, o para el caso en que el cañón se sitúa en el borde del predio, la dosis de riego que recibe el borde del potrero es D/2 y va aumentando hasta alcanzar el valor D, a una distancia R del borde, permaneciendo constante a partir de esa distancia.

- ❖ El tiempo necesario para la puesta en posición de riego de los carretes es en torno a 1/2 h, estimándose en 1 h el tiempo para realizar un cambio de posición de la máquina, aconsejando posiciones de riego de 10 a 20 h (1 ó 2 posiciones al día).
- ❖ A la hora de realizar el cálculo del caudal que ha de repartir la máquina de acuerdo con las máximas necesidades del cultivo, conviene sobredimensionar el caudal en torno un 20% para poder dejar de regar en momentos con vientos muy fuertes, para poder atender a cultivos con mayor demanda o simplemente para caso de avería.
- ❖ Al elegir la longitud de manguera, conviene tener en cuenta que cuanto más larga sea, mayores serán los costos del equipo y las pérdidas de carga, por lo que se recomienda efectuar dos posiciones en las longitudes más largas a cubrir.

2.12. Alas sobre carro

Se consideran como una variante de las máquinas anteriores, en donde se sustituye el cañón por un ramal o ala con emisores y se mueve igual que lo hacía el cañón.

Estas alas trabajan a muy baja presión, con toberas, difusores o aspersores de baja presión (20-25 m.c.a.).

Se obtiene mejor uniformidad de reparto de agua que con los cañones, trabajan con menor presión y no tienen problemas de tamaño de gota. La longitud del ala suele variar entre 20 y 40 m y la anchura mojada varía entre 20 y 50 m según longitud de ala y tipo de emisor utilizado.

A pesar de que las alas resultan atractivas en un principio, hay que decir que necesitan más mano de obra que los cañones (sobre todo para plegarlas y desplegarlas para el transporte), además de una mayor inversión inicial.



Figura 2.16. Alas sobre el carro.

2.13. Diseño y cálculo del riego con cañones

Se desarrolla un ejemplo de riego con cañón, en un predio tipo para poner de manifiesto los pasos a dar en el diseño y cálculo de estas instalaciones.

2.13.1 Datos iniciales:

- ❖ Un plano de los potreros con curvas de nivel y detalles de los obstáculos e impedimentos para el movimiento de la máquina.
- ❖ La alternativa de cultivos a regar, sus necesidades de máxima demanda de agua, profundidad radicular, otros.
- ❖ Tipo de suelo, capacidad de retención de agua, velocidad de infiltración, otros.
- ❖ Caudal y calidad de agua disponible.
- ❖ Régimen de viento.

Supongamos que queremos regar con un carrete un potrero de área (A) = 18.5 ha (495 x 374 m), existiendo además los siguientes condicionantes:

Cultivo: pradera. Profundidad radicular (z) = 30 cm. Evapotranspiración del cultivo en el mes de máxima demanda (ET_c) = 6.3 mm/día (o l/m^2 día). Criterio o Umbral de riego (CR o UR) = 50 % del agua aprovechable del suelo.

Suelo: se trata de un perfil uniforme de textura franca, con pendiente del 2%. El contenido de humedad del suelo a capacidad de campo (CC) = 70% y a punto de marchitez permanente (PMP) = 43%. La densidad aparente del suelo (D_{ap}) = 0.95 gr/cm^3 .

Riego: se estima una eficiencia de aplicación (E_a) = 75%, estando previsto para 4 horas al día. Se procurará hacer entre una y dos posturas al día, estimándose en 1 hora el tiempo necesario para el cambio de posición del equipo. Esto conduciría, en la situación más desfavorable de hacer 2 posturas al día, a que el tiempo de riego al día sea de $Trd = 19$ ó 20 h, ya que la hora necesaria para el segundo cambio de posición puede cogerse de las 4 h en que no se riega.

Viento: se estiman unos vientos dominantes con velocidad media de 2.5 m/s.

Con estos datos pueden seguirse los siguientes pasos para el diseño:

2.13.2 Cálculo de los parámetros de riego:

Dosis neta de riego (D_n):

$$D_n = \frac{(CC - PMP)}{100} * z * D_{ap} * CR$$

$$D_n = \frac{(70 - 43)}{100} * 30 * 0.95 * 0.50 = 38 \text{ mm}$$

Dosis bruta de riego (D_b):

$$D_b = \frac{D_n}{E_a} = \frac{38}{0.75} = 50.7 \text{ mm}$$

Intervalo entre riegos (I):

$$I = \frac{D_n}{ET_m} = \frac{38}{6.3} = 6.03 \text{ días}$$

Ajustando el intervalo entre riego a 6 días, se tendrá una dosis neta de riego (D_N) = $6 * 6.3 = 37.8$ mm y dosis bruta de riego (D_b) = 50.4 mm.

2.13.3 Caudal medio de bombeo necesario:

Se calculará como cociente entre el volumen de agua que es necesario aplicar a los potreros en un riego y el número de horas utilizadas para tal fin:

El caudal es independiente del intervalo entre riegos al aparecer tanto en el numerador como en el denominador.

$$Q (l / s) = \frac{ETm (l / m^2 \text{ día}) * 10 .000 (m^2 / ha) * A (ha) * I (días)}{Ea * Trd (h / día) * 3.600 (s / h) * I (días)}$$

$$Q(l / s) = \frac{6.3 * 10 .000 * 18 .5 * 6}{0.75 * 19 * 3.600 * 6} = 22 .7 mm / h = 81 .7 m^3 / h$$

Es probable que haya días con vientos fuertes y conviene dejar de regar. Muchos fabricantes recomiendan aumentar entre un 15 y 20% el caudal, quedando además así un margen de seguridad en el equipo para poder atender cultivos con mayor demanda, para caso de averías u otras complicaciones.

2.13.4 Selección del aspersor:

Según la Figura 9, para un caudal de 81.7 m³/h, la presión más recomendable de trabajo es de 6 kg/cm² ó 60 m.c.a., y en el Tabla 2, que contiene los datos de un fabricante a título de ejemplo, seleccionamos un aspersor con boquilla de diámetro 30 mm, que a esa presión da un caudal de 84.7 m³/h. Este cañón, en estas condiciones, tiene un alcance de 61 m.

Se recomienda un sector circular de riego entre 200° y 220°. Si adoptamos el mayor, la pluviometría media que el suelo debe infiltrar se estima mediante la ecuación:

$$P (mm / h) = \frac{Q (l / h)}{S (m^2)} = \frac{84 .7000}{\pi * (0.9 * 61)^2 * (220 / 360)} = 14 .6 mm / h$$

El considerar el 90% del radio mojado es para estimar la pluviometría que cae en la mayor parte del área mojada, que está por encima del valor medio.

2.13.5 Separación entre posiciones de riego:

Teniendo en cuenta lo indicado en el Cuadro 1, el espaciamiento entre posiciones de riego para una velocidad media del viento de 2.5 m/s puede ser del 75% del diámetro mojado, se obtiene un espaciamiento:

$$E = 2 * 61 * 0.75 = 91.5 \text{ m}$$

Por lo que, colocando el equipo según la menor dimensión del potrero para que sea más corta la manguera y menores las pérdidas de carga, se tiene:

$$495/91.5 = 5.4 \text{ franjas}$$

Tomando 5 franjas, el espaciamiento sería de $495/5 = 99 \text{ m}$, que corresponde a un 81% del diámetro mojado y sobrepasa la recomendación. Se tomarán, pues, 6 franjas y el espaciamiento quedará $495/6 = 82.5 \text{ m}$, que corresponde a un 67.7% del diámetro.

2.13.6 Velocidad de avance del cañón y tiempo de riego:

La velocidad de avance vendrá dada por la expresión:

$$V(m/h) = \frac{Q(l/h)}{Db(l/m^2) * E(m)} = \frac{84.700}{50.4 * 82.5} = 20.4m/h$$

Que está dentro del intervalo de velocidades que puede desarrollar la máquina (entre 5 y 50 m/h).

El tiempo necesario para realizar una postura de riego dependerá de la longitud a recorrer y de la velocidad de avance, debiendo tener en cuenta además el tiempo de funcionamiento sin avance al principio y al final de la misma, así como la conveniencia de realizar una o dos posturas de riego al día.

Para nuestro caso, se tendrá:

$$D_i = 2/3 R = 2/3 * 61 = 40.7 \text{ m}$$

$$T_i = \frac{2}{3} * \frac{\alpha}{360} * \frac{R}{V} = \frac{2}{3} * \frac{220}{360} * \frac{61}{20.4} = 1.22h$$

$$T_{fe} = \frac{2}{3} * \left(1 - \frac{\alpha}{360}\right) * \frac{R}{V} = \frac{2}{3} * \left(1 - \frac{220}{360}\right) * \frac{61}{20.4} = 0.78h$$

La longitud de manguera será $L_m = (374/2) - 41 = 146 \text{ m}$ y el tiempo empleado en regar una franja (T_r), redondeando los tiempos de riego al principio y al final de la misma, será:

$$T_r = 146/20.4 + 1.22 + 0.78 = 9.16 \text{ h}$$

Esto permite realizar dos posturas de riego al día, aprovechando bastante bien el tiempo de riego previsto (19 h/día).

Así pues, adoptamos definitivamente un carrete con un cañón que descargue 84.7 m³/h a 60 m.c.a. con boquilla de diámetro de 30 mm, y con una manguera que se pueda extender hasta 146 m, manejándolo a una velocidad de 20.4 m/h, con unos tiempos de funcionamiento sin desplazamiento al principio y al final de la franja regada de 1.22 y 0.78 h, respectivamente, con lo que se dará una dosis bruta de riego de 50.4 mm y una dosis neta de unos 37.8 mm, lo que permite satisfacer las necesidades del cultivo durante 6 días.

Cuadro 2.2. Datos de un fabricante de carretes a título de ejemplo.

#	↔	💧			↖	▽		🕒 ▶							
		σ	σ	▽		σ	▽	5	10	15	20	25	30	40	50
mm	atm	Lt/sec	Lt/min	Mc/h	mt		85%	💧-							
30	2,5	15,19	911	54,7	40	80	68	160,8	80,4	53,6	40,2	32,2	26,8	20,1	16,1
	3	16,63	998	59,9	45	90	76	157,6	78,8	52,5	39,4	31,5	26,3	19,7	15,8
	4	19,21	1153	69,1	51	102	87	159	79,5	53	39,7	31,8	26,5	19,9	15,9
	5	21,48	1288	77,3	56	112	95	162,6	81,3	54,2	40,6	32,5	27,1	20,3	16,2
	6	23,52	1411	84,7	61	122	104	162,8	81,4	54,3	40,7	32,6	27,2	20,4	16,3

Boquillas **Presión al cañón** Caudal Alcance cañón Banda regada Con aire calmo Aconsejada Cantidad de agua distribuida Velocidad

Una vez realizados los cálculos es conveniente indicar que si se quiere comprobar la velocidad de avance de la máquina, deberá hacerse durante la misma capa de enrollamiento en el tambor. Para comprobar la constancia de esta velocidad durante el recorrido total, debería comprobarse la velocidad en cada una de las capas de espiras.

Si la diferencia entre la velocidad mínima constatada y la velocidad máxima, no excede del 10-15%, se puede considerar que la regulación de velocidad funciona de forma aceptable. Si sobrepasa ese valor debe ajustarse el sistema de regulación.

2.13.7 Presión necesaria a la entrada del aparato:

Se obtendrá sumando a la presión necesaria en el cañón, la altura de éste sobre el terreno y las pérdidas de carga en la manguera y en los mecanismos de propulsión y regulación.

Para el caudal de 84.7 m³/h, y suponiendo que se trata de un carrete de turbina, puede calcularse la presión a la entrada del aparato para varios diámetros de manguera:

	D1 = 800 mm	D2 = 110 mm
Presión necesaria para el cañón	60 m.c.a	60 m.c.a
Perdida de carga en la manguera	19 m.c.a	12 m.c.a
Perdida de carga en la tubería y singulares	10 m.c.a	10 m.c.a
Altura del cañón sobre el suelo	3 m.c.a	3 m.c.a
TOTAL	92 m.c.a	85 m.c.a

Con estos resultados parece más adecuado el diámetro de 110 mm.

Por último, conviene indicar que en el caso de utilizar el mismo equipo en varios potreros, habría que estudiar la longitud de manguera más conveniente según la forma y dimensiones de la parcela, así como el dimensionamiento más económico de la red de tuberías principales. La bomba elegida deberá garantizar el caudal y presión necesarios en el cañón, para ello se estudiarán aquellas situaciones que parezcan más desfavorables, teniendo en cuenta que éstas serán en general las más alejadas y las de topografía más alta.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

“Orientados a conseguir objetivos, describir métodos, procedimientos utilizados para hacer buscar cumplir objetivos”.

Una investigación documental del cañón viajero fue realizada aprovechando los recursos en línea (documentos, libros, literatura), seleccionando aquellos documentos con información pertinente al tema de estudio, su ficha bibliográfica y clasificando la información encontrada como se muestra en el capítulo No. 2 de Revisión de Literatura; esto para contribuir a un mejor conocimiento y fortalecer la metodología de diseño de un cañón viajero.

Para lograr el segundo objetivo: “Diseñar dos propuestas de riego por aspersión tipo cañón para tres localidades”, se revisaron los elementos que van ensamblados en la construcción de una unidad viajera y la literatura de los fabricantes permitió entender cómo funcionan al estar articulados a bordo de un chasis o de un carrete, sobretodo la ilustración de los diagramas, esquemas e imágenes.

Para conseguir el tercer objetivo: se compararon las unidades viajeras contra los sistemas de cañón estacionario, en diferentes condiciones de campo, evaluando la factibilidad técnica y el impacto económico de las siguientes alternativas para tres predios.

3.1. Caracterización del área de estudio

En la región cañera VIII del Soconusco, del estado de Chiapas se tomaron datos técnicos para el diseño de tres proyectos de riego por aspersión con cañones, el clima de la región es soleado con lluvias apreciables en verano, los suelos son francos arcillosos, de poca profundidad (0-60 cm), con manto freático de 4-6 m de profundidad subyacente. El riego es suplementario para abastecer de agua al cultivo durante 6 meses comprendidos de Noviembre-Abril.

Cuadro 3.1. Información básica para el diseño del sistema de riego del proyecto “A”

Datos técnicos	Proyecto A
Nombre del predio	Santa Cruz
Tipo de sistema	Aspersión
Cultivo a proyectar	Caña de azúcar
Superficie total del predio	43-56-47 Has.
Superficie riego	43.5647
Tenencia de tierra	Ejidal
Localidad	Huixtla
Clasificación del clima	Soleado con lluvias en verano
Temperatura	28.9°C de temperatura media anual.
Precipitación	3,093.5 mm anuales
Evapotranspiración	1,509.1 mm anuales
Velocidad del viento	De 0 a 15 km. /hr.
Altitud	85 M.S.N.M.
Textura del suelo	Franco arcilloso
Profundidad	de 0 a 120 cm.
CC:	27.3
PMP:	15.10
Densidad aparente	1.40
Velocidad de infiltración	5
Prof. De raíces (Pr): (m)	0.60
Factor de abatimiento (Fa:%)	50
Manto freático	4 a 6 mts
Existe pedregosidad	No
% de pendiente	0 a 5%
Fuente de abastecimiento	Pozo profundo

Cuadro 3.2. Información básica para el diseño del sistema de riego del proyecto “B”

Datos técnicos	Proyecto B
Nombre del predio	La Nueva Esperanza
Tipo de sistema	Aspersión
Cultivo a proyectar	Caña de azúcar
Superficie total del predio	20.00.00 Has.
Superficie riego	20.0000
Tenencia de tierra	Ejidal
Localidad	Huixtla
Clasificación del clima	Soleado con lluvias en verano
Temperatura	28.9°C de temperatura media anual.
Precipitación	3,093.5 mm anuales
Evapotranspiración	1,509.1 mm anuales
Velocidad del viento	De 0 a 15 km. /hr.
Altitud	85 M.S.N.M.
Textura del suelo	Franco arcilloso
Profundidad	de 0 a 120 cm.
CC:	27.3
PMP:	15.10
Densidad aparente	1.40
Velocidad de infiltración	5
Prof. De raíces (Pr): (m)	0.60
Factor de abatimiento (Fa:%)	50
Manto freático	4 a 6 mts
Existe pedregosidad	No
% de pendiente	0 a 5%
Fuente de abastecimiento	Pozo semi-profundo

Cuadro 3.3. Información básica para el diseño del sistema de riego del proyecto “C”

Datos técnicos	Proyecto C
Nombre del predio	Liz
Tipo de sistema	Aspersión
Cultivo a proyectar	Caña de azúcar
Superficie total del predio	60.00.00 Has.
Superficie riego	60.0000
Tenencia de tierra	Ejidal
Localidad	Tapachula
Clasificación del clima	Soleado con lluvias en verano
Temperatura	26.4 °C de temperatura media anual.
Precipitación	2,037.1 mm anuales
Evapotranspiración	1,063.4 mm anuales
Velocidad del viento	De 0 a 15 km. /hr.
Altitud	179 M.S.N.M.
Textura del suelo	Franco arcilloso
Profundidad	de 0 a 120 cm.
CC:	27.3
PMP:	15.10
Densidad aparente	1.40
Velocidad de infiltración	5
Prof. De raíces (Pr): (m)	0.60
Factor de abatimiento (Fa:%)	50
Manto freático	4 a 6 mts
Existe pedregosidad	No
% de pendiente	0 a 5%
Fuente de abastecimiento	Pozo profundo

3.1.1. Características del resumen del cálculo hidráulico con sistema de riego por aspersión tipo cañón viajero del proyecto A

CALCULO HIDRAULICO

TRAMO	LONGITUD EN MTS.	CLASIFICACIÓN	DIREC. DE FLUJO	GASTO EN LPS	DIAMETRO CALCULADO MM	No. SALIDAS	DIAMETRO NOMINAL PROPUESTO	DIAMETRO INTERIOR EN MM	RUGOSIDAD PVC	DIAMETRO INTERIOR EN MTS	GASTO EN M ³ /SEG.	CSM.	PERDIDA DE CARGA HF M.C.A
A-B	71	CONDUCCIÓN	-	35.04	172.43	1	160MM	154	0.00113	0.154	0.03504	1.0000	1.4697
B-C	610	DISTRIBUCIÓN	-	35.04	172.43	1	160MM	154	0.00113	0.154	0.03504	1.0000	12.6270
C-D	262	LINEA REGANTE	-	35.04	172.43	1	160MM	114.3	0.00113	0.1143	0.03504	1.0000	23.1346

RESUMEN DEL CALCULO HIDRAULICO		
HF EN TRAMO	PERDIDA	UNIDAD
CONDUCCIÓN	1.4697	m.c.a.
DISTRIBUCIÓN	12.6270	m.c.a.
LINEA REGANTE (MANGUERA)	23.1346	m.c.a.
ASPERSOR	49.0000	m.c.a.
VEHICULO DEL CAÑÓN	6.0000	m.c.a.
ELEVADOR	2.5000	m.c.a.
HF SUB-TOTAL	94.73	m.c.a.
HF LOCALIZADAS	4.74	m.c.a.
HF SUB-TOTAL	99.47	m.c.a.
DES. EN CONTRA	2.00	m.c.a.
PRESIÓN A LA DESCARGA	101.47	m.c.a.

3.1.2. Características del resumen del cálculo hidráulico con sistema de riego por aspersión tipo cañón estacionario semiportatil del proyecto A

CALCULO HIDRAULICO

TRAMO	LONGITUD EN MTS.	CLASIFICACIÓN	DIREC. DE FLUJO	GASTO EN LPS	DIAMETRO CALCULADO MM	No. SALIDAS	DIAMETRO NOMINAL PROPUESTO	DIAMETRO INTERIOR EN MM	RUGOSIDAD PVC	DIAMETRO INTERIOR EN MTS	GASTO EN M ³ /SEG.	CSM.	PERDIDA DE CARGA M.C.A	DE HF
A-B	664	CONDUCCIÓN	-	35.04	172.43	1	160MM	154	0.00113	0.154	0.03504	1.0000	13.7448	
B-C	36	DISTRIBUCIÓN	-	29.2	157.41	1	160MM	154	0.00113	0.154	0.0292	1.0000	0.5292	
C-D	36	DISTRIBUCIÓN	-	23.36	140.79	1	160MM	154	0.00113	0.154	0.02336	1.0000	0.3528	
D-E	36	DISTRIBUCIÓN	-	17.52	121.93	1	160MM	154	0.00113	0.154	0.01752	1.0000	0.2052	
E-F	36	DISTRIBUCIÓN	-	11.68	99.55	1	160MM	154	0.00113	0.154	0.01168	1.0000	0.0972	
F-G	36	DISTRIBUCIÓN	-	5.84	70.4	1	160MM	154	0.00113	0.154	0.00584	1.0000	0.0252	
G-H	126	LINEA REGANTE	-	5.84	70.4	1	100MM	100	0.00115	0.1	0.00584	1.0000	0.7812	

RESUMEN DEL CALCULO HIDRAULICO		
HF EN TRAMO	PERDIDA	UNIDAD
CONDUCCIÓN	13.7448	m.c.a.
DISTRIBUCIÓN	1.2096	m.c.a.
LINEA REGANTE	0.7812	m.c.a.
ALTURA DEL ELEVADOR	1.5000	m.c.a.
ASPERSOR	30.0000	m.c.a.
HF SUB-TOTAL	47.24	m.c.a.
HF LOCALIZADAS	2.36	m.c.a.
HF SUB-TOTAL	49.60	m.c.a.
DES. EN CONTRA	2.00	m.c.a.
PRESIÓN A LA DESCARGA	51.60	m.c.a.

3.1.3. Características del resumen del cálculo hidráulico con sistema de riego por aspersión tipo cañón viajero del proyecto B

CALCULO HIDRAULICO

TRAMO	LONGITUD EN MTS.	CLASIFICACIÓN	DIREC. DE FLUJO	GASTO EN LPS	DIAMETRO CALCULADO MM	No. SALIDAS	DIAMETRO NOMINAL PROPUESTO	DIAMETRO INTERIOR EN MM	RUGOSIDAD PVC	DIAMETRO INTERIOR EN MTS	GASTO EN M ³ /SEG.	CSM.	PERDIDA DE CARGA M.C.A
A-B	430	CONDUCCIÓN	-	22.92	139.46	1	160MM	154	0.00113	0.154	0.02292	1.0000	4.0420
B-C	157	DISTRIBUCIÓN	-	22.92	139.46	1	160MM	154	0.00113	0.154	0.02292	1.0000	1.4758
C-D	232	LINEA REGANTE	-	22.92	139.46	1	160MM	114.3	0.00113	0.1143	0.02292	1.0000	9.3264

RESUMEN DEL CALCULO HIDRAULICO		
HF EN TRAMO	PERDIDA	UNIDAD
CONDUCCIÓN	4.0420	m.c.a.
DISTRIBUCIÓN	1.4758	m.c.a.
LINEA REGANTE (MANGUERA)	9.3264	m.c.a.
VEHICULO DEL CAÑÓN	6.0000	m.c.a.
ASPERSOR	49.0000	m.c.a.
ELEVADOR	2.5000	m.c.a.
HF SUB-TOTAL	72.34	m.c.a.
HF LOCALIZADAS	3.62	m.c.a.
HF SUB-TOTAL	75.96	m.c.a.
DES. EN CONTRA	2.00	m.c.a.
PRESIÓN A LA DESCARGA	77.96	m.c.a.

3.1.4. Características del resumen del cálculo hidráulico con sistema de riego por aspersión tipo cañón estacionario semiportatil del proyecto B

CALCULO HIDRAULICO

TRAMO	LONGITUD EN MTS.	CLASIFICACIÓN	DIREC. DE FLUJO	GASTO EN LPS	DIAMETRO CALCULADO MM	No. SALIDAS	DIAMETRO NOMINAL PROPUESTO	DIAMETRO INTERIOR EN MM	RUGOSIDAD PVC	DIAMETRO INTERIOR EN MTS	GASTO EN M ³ /SEG.	CSM.	PERDIDA DE CARGA M.C.A
A-B	669	CONDUCCIÓN	-	22.92	139.46	1	160MM	154	0.00113	0.154	0.02292	1.0000	6.2886
B-C	36	DISTRIBUCIÓN	-	15.28	113.87	1	160MM	154	0.00113	0.154	0.01528	1.0000	0.1584
C-D	90	DISTRIBUCIÓN	-	15.28	113.87	1	100MM	100	0.00151	0.1	0.01528	1.0000	4.3740
D-E	36	LINEA REGANTE	-	7.64	80.52	1	100MM	100	0.00151	0.1	0.00764	1.0000	0.4860

RESUMEN DEL CALCULO HIDRAULICO		
HF EN TRAMO	PERDIDA	UNIDAD
CONDUCCIÓN	6.2886	m.c.a.
DISTRIBUCIÓN	4.5324	m.c.a.
LINEA REGANTE	0.4860	m.c.a.
ALTURA DEL ELEVADOR	1.8000	m.c.a.
ASPERSOR	30.0000	m.c.a.
HF SUB-TOTAL	43.11	m.c.a.
HF LOCALIZADAS	2.16	m.c.a.
HF SUB-TOTAL	45.26	m.c.a.
DES. EN CONTRA	2.00	m.c.a.
PRESIÓN A LA DESCARGA	47.26	m.c.a.

3.1.5. Características del resumen del cálculo hidráulico con sistema de riego por aspersión tipo cañón viajero del proyecto C

CALCULO HIDRAULICO

TRAMO	LONGITUD EN MTS.	CLASIFICACIÓN	DIREC. DE FLUJO	GASTO EN LPS	DIAMETRO CALCULADO MM	No. SALIDAS	DIAMETRO NOMINAL PROPUESTO	DIAMETRO INTERIOR EN MM	RUGOSIDAD PVC	DIAMETRO INTERIOR EN MTS	GASTO EN M ³ /SEG.	C.S.M.	PERDIDA DE CARGA HF M.C.A
A-B	803	CONDUCCIÓN	-	45.84	197.23	1	200MM	192.6	0.00113	0.1926	0.04584	1.0000	9.1542
B-B'	331	LINEA REGANTE	-	22.92	139.46	1	160MM	114.3	0.00113	0.1143	0.02292	1.0000	13.3062
B-C	601	DISTRIBUCIÓN	-	22.92	139.46	1	160MM	154	0.00113	0.154	0.02292	1.0000	5.6494
C-C'	291	LINEA REGANTE	-	22.92	139.46	1	160MM	114.3	0.00113	0.1143	0.02292	1.0000	11.6982

RESUMEN DEL CALCULO HIDRAULICO		
HF EN TRAMO	PERDIDA	UNIDAD
CONDUCCIÓN	9.1542	m.c.a.
DISTRIBUCIÓN	5.6494	m.c.a.
LINEA REGANTE	25.0044	m.c.a.
ALTURA DEL ELEVADOR	5.0000	m.c.a.
ASPERSOR	98.0000	m.c.a.
VEHICULO DEL CAÑÓN	12.0000	m.c.a.
HF SUB-TOTAL	154.81	m.c.a.
HF LOCALIZADAS	7.74	m.c.a.
HF SUB-TOTAL	162.55	m.c.a.
DES. EN CONTRA	2.00	m.c.a.
PRESIÓN A LA DESCARGA	164.55	m.c.a.

3.1.6. Características del resumen del cálculo hidráulico con sistema de riego por aspersión tipo cañón estacionario semiportatil del proyecto C

CALCULO HIDRAULICO

TRAMO	LONGITUD EN MTS.	CLASIFICACIÓN	DIREC. DE FLUJO	GASTO EN LPS	DIAMETRO CALCULADO MM	No. SALIDAS	DIAMETRO NOMINAL PROPUESTO	DIAMETRO INTERIOR MM	RUGOSIDAD PVC	DIAMETRO INTERIOR EN MTS	GASTO EN M ³ /SEG.	CSM.	PERDIDA DE CARGA M.C.A
A-B	1367	CONDUCCIÓN	-	45.84	197.23	1	200MM	192.6	0.00113	0.1926	0.04584	1.0000	15.5838
B-C	36	DISTRIBUCIÓN	-	38.2	180.04	1	200MM	192.6	0.00113	0.1926	0.0382	1.0000	0.2916
C-D	36	DISTRIBUCIÓN	-	30.56	161.03	1	200MM	192.6	0.00113	0.1926	0.03056	1.0000	0.1944
D-E	36	DISTRIBUCIÓN	-	22.92	139.46	1	200MM	192.6	0.00113	0.1926	0.02292	1.0000	0.1152
E-F	36	DISTRIBUCIÓN	-	15.28	113.87	1	200MM	192.6	0.00113	0.1926	0.01528	1.0000	0.0540
F-G	36	DISTRIBUCIÓN	-	7.64	80.52	1	200MM	192.6	0.00113	0.1926	0.00764	1.0000	0.0144
G-H	18	LINEA REGANTE	-	7.64	80.52	1	75MM	75	0.00151	0.075	0.00764	1.0000	0.9828

RESUMEN DEL CALCULO HIDRAULICO		
HF EN TRAMO	PERDIDA	UNIDAD
CONDUCCIÓN	15.5838	m.c.a.
DISTRIBUCIÓN	0.6696	m.c.a.
LINEA REGANTE	0.9828	m.c.a.
ALTURA DEL ELEVADOR	1.8000	m.c.a.
ASPERSOR	30.0000	m.c.a.
HF SUB-TOTAL	49.04	m.c.a.
HF LOCALIZADAS	2.45	m.c.a.
HF SUB-TOTAL	51.49	m.c.a.
DES. EN CONTRA	2.00	m.c.a.
PRESIÓN A LA DESCARGA	53.49	m.c.a.

3.2. Localización de los predios

Figura 3.1. Localización de los predios Santa Cruz y La Nueva Esperanza.



Figura 3.2. Localización del predio Liz.



Cuadro 3.4. Localización geográfica de los proyectos.

Proyecto (Predios)	LN	LW	Altitud
Santa Cruz	15° 8' 27.30"	92° 29' 9.82"	85 M.S.N.M.
La Nueva Esperanza	15° 04' 20.05"	92° 27' 57"	85 M.S.N.M.
Liz	14° 48' 28.54"	92° 23' 49.60"	179 M.S.N.M.

3.3. Principios de diseño para un sistema de riego por aspersión con cañón viajero

- ❖ Intensidad de lluvia > infiltración básica.
- ❖ Dirección del viento perpendicular a trazos de líneas del cultivo.
- ❖ Gasto del proyecto no exceder a lo disponible.
- ❖ Traslape entre aspersor adecuado para $UD > 70\%$.
- ❖ Distancia entre líneas de viaje $\approx 60\% DW$.
- ❖ Ahorro de energía en la posible selección de elementos electromecánicos eficientes.
- ❖ Altura del elevador $>$ que el cultivo.

3.4. Principios de diseño para un sistema de riego por aspersión semiportatil tipo cañón estacionario

- ❖ La intensidad de la precipitación debe ser menor que la infiltración básica del suelo, esta condición para prevenir el encharcamiento del suelo.
- ❖ Las líneas regantes se trazan en trayectoria perpendicular a la dirección del viento.
- ❖ Gasto del proyecto $<$ que el gasto disponible concesionado.
- ❖ El traslape entre los aspersores con una proporción menos del 60% de DW y estimar $S_a = 50\% DW$ y para $S_e = 60\% DW$.
- ❖ Ahorro de mano de obra, se recomienda diseñar con aspersores de la máxima cobertura posible.
- ❖ Velocidad del agua en el tubo $v < 1.5$ m/s.

3.5. Metodología del diseño.

La cobertura de los aspersores gran cañón se va a comparar para decidir sobres modelos y boquillas de mayor cobertura y mínima presión, considerando que el espaciado entre rutas y el consumo de energía, tienen un efecto directo sobre el impacto económico.

Para realizar los diseños del sistema de riego tipo cañón viajero y semiportatil tipo cañón estacionario de los 3 predios fue necesario los siguientes datos: objeto de la obra, nombre del proyecto, nombre del rancho, representante legal, domicilio fiscal, fecha, nombre del proyecto, localidad, municipio, estado, D.S.D.R., tipo de sistema de riego, cultivo a proyectar, cultivo actual o anterior, superficie total del predio, superficie de riego, tenencia de tierra, beneficiarios, localización del proyecto, coordenadas geográficas, estación climatológica, clasificación del clima, temperatura, precipitación, evapotranspiración, velocidad del viento, altitud, textura del suelo, profundidad, capacidad de campo (c.c.), punto de marchitez permanente (p.m.p.), densidad aparente, velocidad de infiltración, profundidad de raíces, factor de abatimiento, manto freático, relieve del terreno, calidad de drenaje en el terreno, existe pedregosidad, % de pendiente, mes en el que se da el uso consuntivo máximo, valor de uso consuntivo máximo semanal, valor de uso consuntivo máximo diario, valor máximo semanal de requerimiento de riego, requerimiento de riego máximo diario, fuente de abastecimiento, gasto disponible para su aprovechamiento máximo, volumen de agua concesionado por CONAGUA, volumen de agua requerido por el sistema, eficiencia por conducción, eficiencia por aplicación, eficiencia total del riego, eficiencia del motor, eficiencia de la bomba, H.P. calculado y H.P. comercial sugerido.

Para la selección del aspersor se analizaron en el catalogo de Wade Rain 2010.

Cuadro 3.5. Gastos típicos y diámetros de mojado para cañones con un ángulo de 24°, tomados del catalogo de Wade Rain 2010.

Presión del aspersor (m)	Diámetro de boquilla del aspersor (mm)									
	20.3		25.4		30.4		35.6		40.6	
	Gasto y diámetro de aspersión									
	L/s	m	L/s	m	L/s	m	L/s	m	L/s	m
42.0	9.0	86.9	14.2	99.1	20.8	111.3				
49.0	9.8	91.4	18.9	103.6	22.4	115.8	30.3	132.6		
56.0	10.4	94.5	19.6	108.2	24.0	120.4	32.5	138.7	42.6	146.3
63.0	11.0	97.5	20.2	111.3	25.6	125.0	34.4	143.3	45.1	150.9
70.0	11.7	100.6	20.8	114.3	26.8	125.0	36.3	146.3	47.6	155.4
77.0	12.3	103.6	21.5	117.3	28.1	131.1	38.2	149.4	49.8	158.5
84.0	12.9	106.7	22.1	120.4	29.3	134.1	39.8	152.4	52.1	163.1

Cuadro 3.6. Selección de la manguera del cañón viajero y perdida por fricción estimada en m/100m tomadas del catalogo de Wade Rain 2010.

Gasto L/s	Diámetro nominal de la manguera (mm)				
	63.5	76.2	101.6	114.3	127.0
	Pérdida por fricción m/100m				
6.3	3.7				
9.5	7.9	3.2			
12.6	12.9	5.5			
15.8		8.3	2.2		
18.9		11.8	3.1	1.4	
25.2			5.3	2.9	

31.5			8.1	4.8	2.5
37.9			11.3	6.1	3.7
44.2				8.2	4.9
50.5				10.5	6.2
68.8					7.9
63.1					9.7

Cuadro 3.7. Factor de ajuste (SL/DW) del diámetro de mojado para diferentes velocidades del viento.

Velocidad del viento m/s	>4.5	2.2 a 4.5	0.9 a 2.2	0 a 0.9
Factor de ajuste	0.50 a 0.55	0.55 a 0.65	0.65 a 0.80	0.80

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los resultados de la comparación de dos sistemas de riego por aspersión tipo cañón viajero y tipo cañón estacionario, se obtuvieron a través del diseño, cotización de materiales y el análisis de consumo de energía correspondientes a los 3 proyectos realizados en los municipios de Huixtla y Tapachula de la región del Soconusco del estado de Chiapas, México, y los resultados se muestran a continuación, resumiendo los datos técnicos.

Cuadro 4.1. Resultados de los parámetros evaluados durante la comparación de la unidad viajera contra el cañón estacionario en el proyecto Santa Cruz.

Parámetros de diseño	Viajero	Estacionario
Superficie total	43-56-47 has	43-56-47 has
Cultivo	Caña de azúcar	Caña de azúcar
Gasto	35.04 lps	35.04 lps
Número de unidades	1	6
Tipo de aspersor	Tipo Balancina	Tipo Balancina
Boquilla	35.6 mm	20.3 mm
Presión	6.3 kg/cm ²	3 kg/cm ²
Cobertura	144 m	72 m
CDT	136.47 m.c.a	86.60 m.c.a
Potencia	100 Hp	75 Hp
Consumo energía (kWh/Año)	210,764	148,606
Costo total	\$ 1, 024, 013.61	\$ 1,742,167.31

Figura 4.1. Diseño del sistema de riego por aspersión tipo cañón viajero y sus principales características en el predio Santa Cruz.

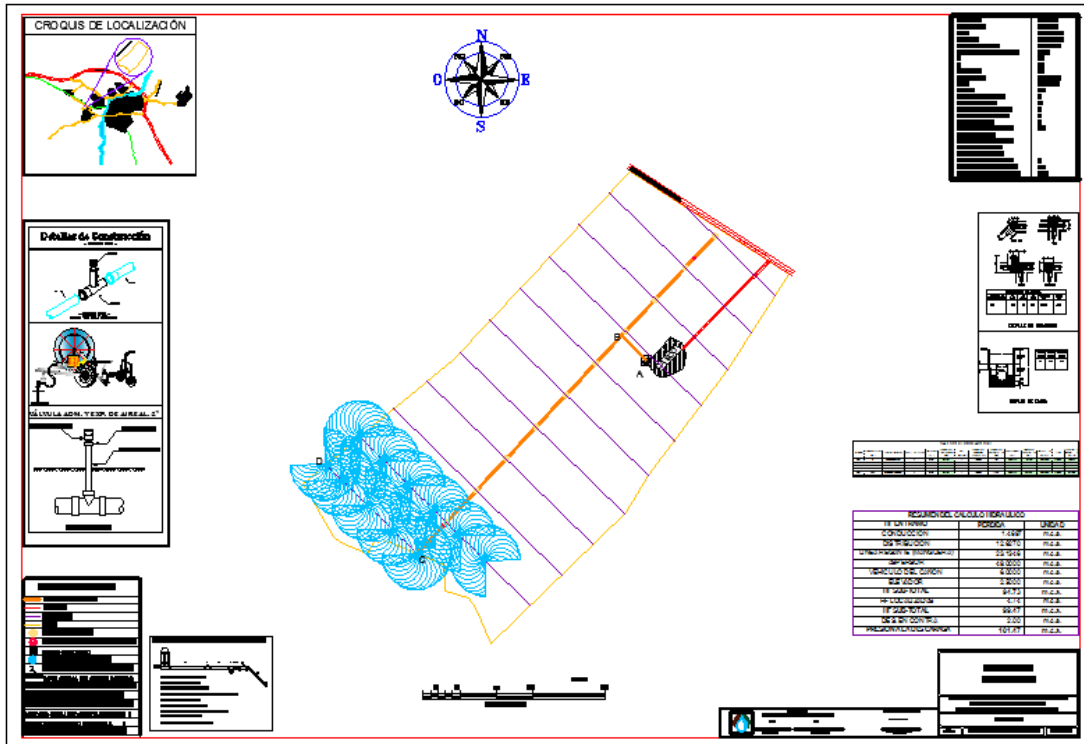
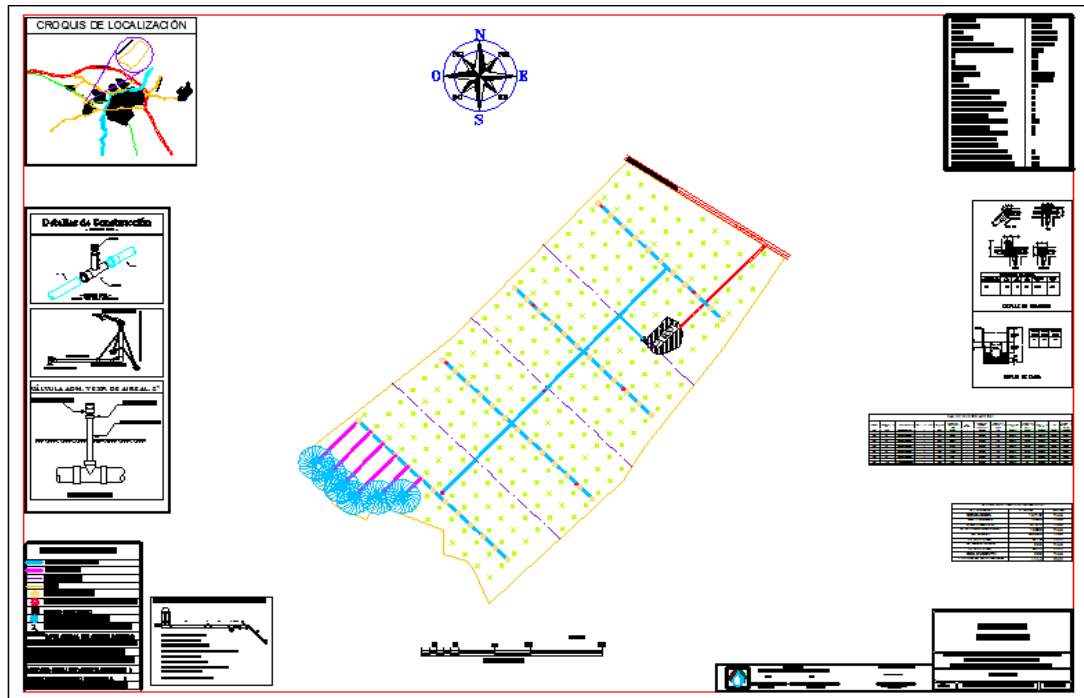


Figura 4.2. Diseño del sistema de riego por aspersión tipo cañón estacionario semiportatil y sus principales características en el predio Santa Cruz.



Cuadro 4.2. Resultados de los parámetros evaluados durante la comparación de la unidad viajera contra el cañón estacionario en el proyecto La Nueva Esperanza.

Parámetros de diseño	Viajero	Estacionario
Superficie total	20-00-00 has	20-00-00
Cultivo	Caña de azúcar	Caña de azúcar
Gasto	22.92 lps	22.92 lps
Número de unidades	1	3
Tipo de aspersor	Tipo Balancina	Tipo Balancina
Boquilla	30.04 mm	20.3 mm
Presión	4.9 kg/cm ²	3 kg/cm ²
Cobertura	116 m	77.5 m
CDT	112.96 m.c.a	82.26 m.c.a
Potencia	60 Hp	45 Hp
Consumo energía (kwh/Año)	106,506	72,020
Costo total	\$ 780,177.16	\$ 942,320.92

Figura 4.3. Diseño del sistema de riego por aspersión tipo cañón viajero y sus principales características en el predio La Nueva Esperanza.

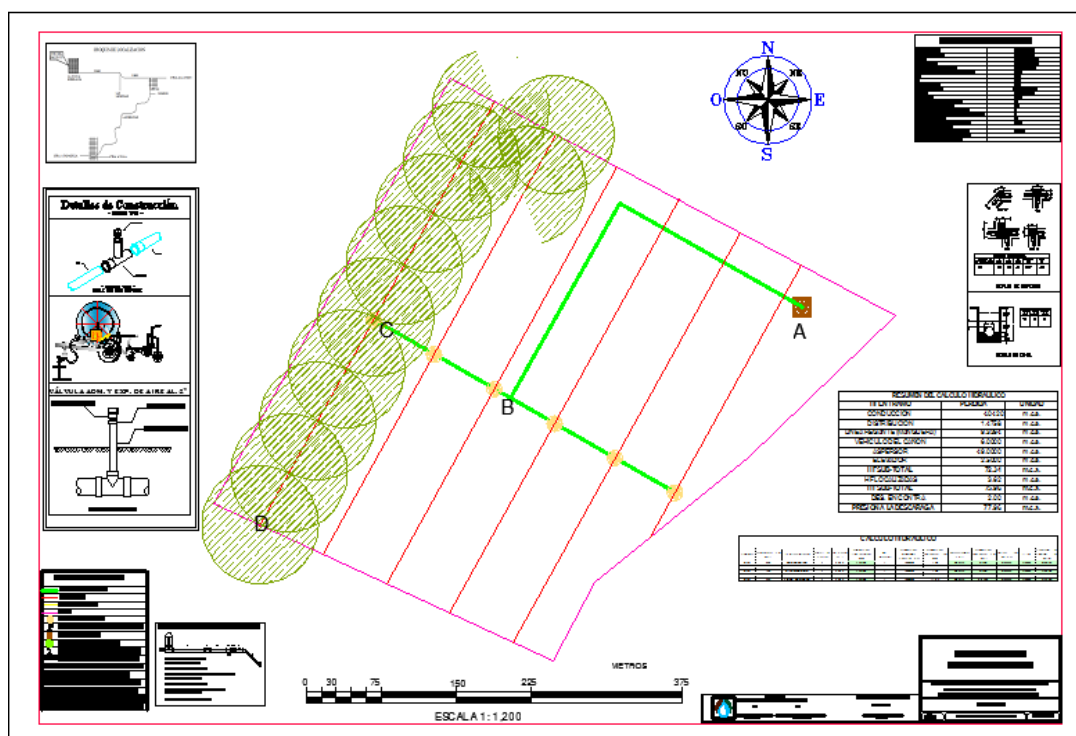
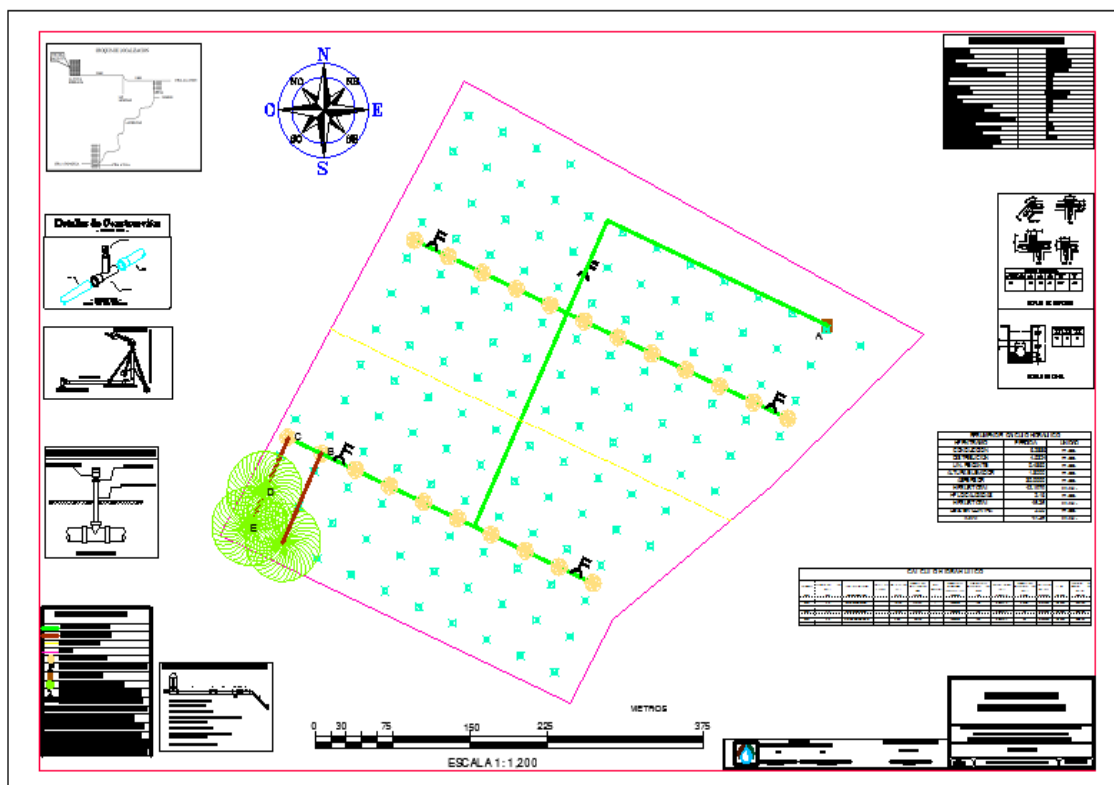


Figura 4.4. Diseño del sistema de riego por aspersión tipo cañón estacionario semiportatil y sus principales características en el predio La Nueva Esperanza.



Cuadro 4.3. Resultados de los parámetros evaluados durante la comparación de la unidad viajera contra el cañón estacionario en el proyecto Liz.

Parámetros de diseño	Viajero	Estacionario
Superficie total	60-00-00 has	60-00-00 has
Cultivo	Caña de azúcar	Caña de azúcar
Gasto	45.84 lps	45.84 lps
Número de unidades	2	6
Tipo de aspersor	Tipo Balancina	Tipo Balancina
Boquilla	30.04 mm	20.3 mm
Presión	4.9 kg/cm ²	3 kg/cm ²
Cobertura	116 m	77.5 m
CDT	199.5 m.c.a	88.49 m.c.a
Potencia	200 Hp	75 Hp
Consumo energía (kWh/Año)	379,363	189,079
Costo total	1,629,593	2,478,859

Figura 4.5. Diseño del sistema de riego por aspersión tipo cañón viajero y sus principales características en el predio Liz.

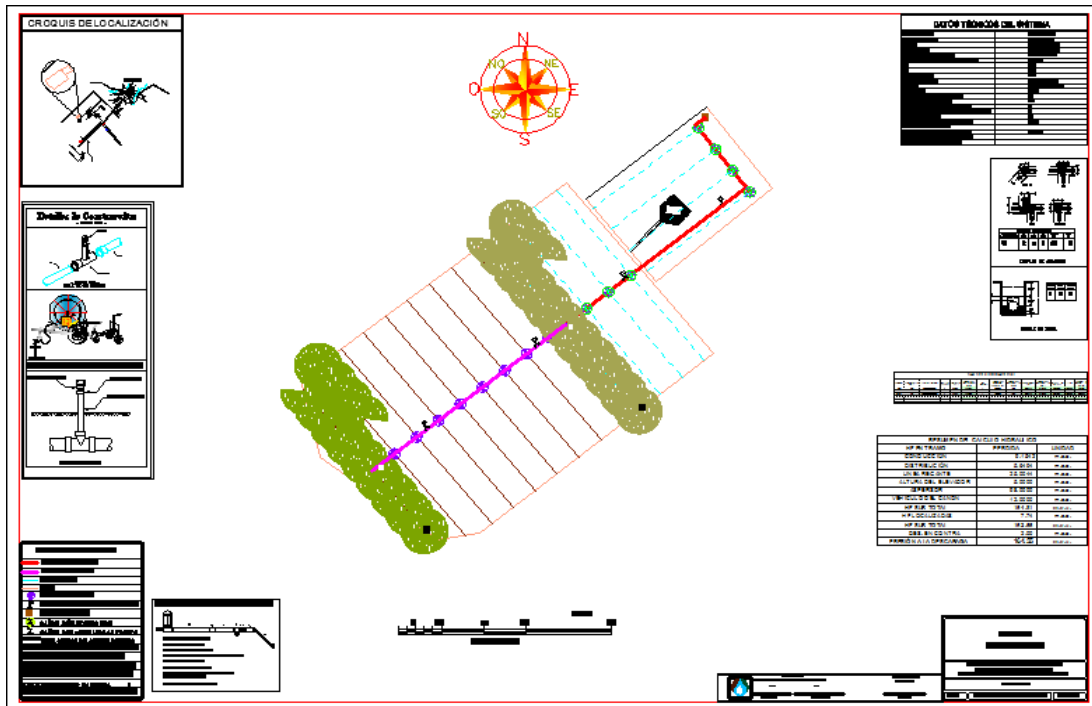
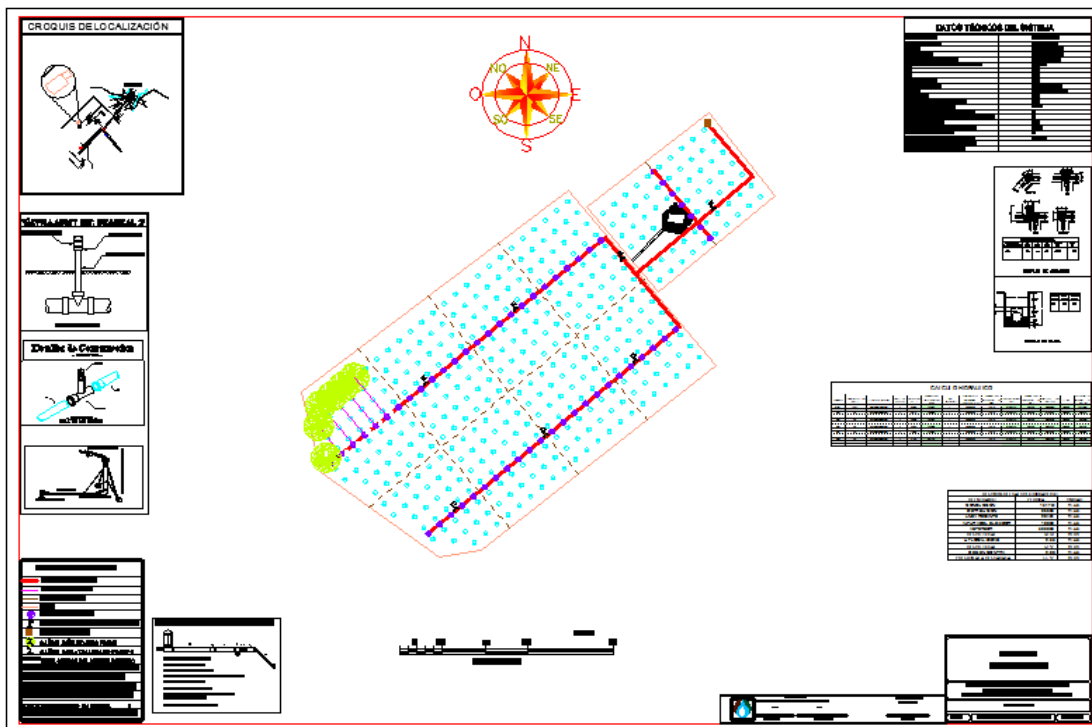


Figura 4.6. Diseño del sistema de riego por aspersión tipo cañón estacionario semiportatil y sus principales características en el predio Liz.



Cuadro 4.4. Comparación de los costos de inversión económica inicial correspondientes a los tres predios (\$/Ha), estimadas con la cotización e instalación de materiales.

Costo total (inversión inicial)			
Predios	Superficie (Ha)	Sistema de Riego	
		Viajero	Estacionario
Santa Cruz	43.5647	1,024,013	1,742,167
La Nueva Esperanza	20.0000	780,177	942,320
Liz	60.0000	1,629,593	2,478,859
Costo promedio/Ha		29,994	42,981

Cuadro 4.5. Comparación del consumo de energía en KwH/Ha correspondientes a los tres predios, calculados con la calculadora que evalúa el costo de energía consumida mensual y anual requerida por el sistema.

Consumo de energía (kWh/año)			
Predios	Superficie (Ha)	Sistema de Riego	
		Viajero	Estacionario
Santa Cruz	43.5647	210,764	148,606
La Nueva Esperanza	20.0000	106,506	72,020
Liz	60.0000	379,363	189,079
Costo promedio KwH/Ha		5,516.5	3,402.7

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a la comparación realizada del cañón viajero contra el cañón estacionario y observando las condiciones de operación de cada sistema de riego por aspersión se llega a las siguientes conclusiones.

Las condiciones de sitio de tres predios favorecen la selección de los aspersores gran cañón para regar la caña de azúcar, considerando que la disponibilidad de agua es suficiente, los vientos dominantes son ligeros, la textura del suelo permite la infiltración de la tasa de precipitación sin encharcado fuera de lo permisible.

Para el predio “Santa Cruz”, con sistema de riego por aspersión tipo cañón viajero, se observó lo siguiente: carga dinámica total (CDT) de: 136 m.c.a, consumo de energía anual de (KwH/Año): 210,764 y una inversión económica inicial de (\$) de: 1, 024,013.61.

Para el mismo predio bajo las mismas condiciones pero con sistema de riego por aspersión tipo cañón estacionario, se observó lo siguiente: carga dinámica total (CDT) de: 87 m.c.a, consumo de energía anual (KwH/Año) de: 148,606 y una inversión inicial económica (\$) de: 1, 742,167.31.

Para el predio “La Nueva Esperanza” con sistema de riego por aspersión tipo cañón viajero, se observó lo siguiente: carga dinámica total (CDT) de: 113 m.c.a, consumo de energía anual de (KwH/Año): 106,506 y una inversión económica inicial (\$) de: 780,177.16.

Para el mismo predio bajo las mismas condiciones pero con sistema de riego por aspersión tipo cañón estacionario, se observó lo siguiente: carga dinámica total (CDT) de: 82 m.c.a, consumo de energía anual (KwH/Año) de: 72,020 y una inversión inicial económica (\$) de: 942,320.92.

Para el predio “Liz” con sistema de riego por aspersión tipo cañón viajero, se observó lo siguiente: carga dinámica total (CDT) de: 199 m.c.a, consumo de energía anual (KwH/Año) de: 379,365 y una inversión económica inicial (\$) de: 1, 629,593.

Para el mismo predio bajo las mismas condiciones pero con sistema de riego por aspersión tipo cañón estacionario, se observó lo siguiente: carga dinámica total (CDT) de: 88 m.c.a, consumo de energía anual (KwH/Año) de: \$189,079 y una inversión inicial económica (\$) de: 2, 478,859.

La inversión inicial resulto de \$29,994 y de \$42,981 pesos/Ha para el cañón viajero y el cañón estacionario respectivamente. El consumo de energía fue de: \$5,516 y de \$3402 (KwH/Año*Ha), al comparar el cañón viajero contra el cañón estacionario respectivamente. Al 12% de interés y plazo de 10 años para recuperar la inversión se estimaron costos totales por año de: \$6,120 y de \$8,226 para el cañón viajero y el cañón estacionario respectivamente.

La prueba T-student descarto la hipótesis alterna y demostró que la inversión inicial en \$/Ha, no es diferente entre sistemas de riego; sin embargo la tendencia del análisis económico indica que es más caro adquirir el cañón estacionario que el cañón viajero.

Por otra parte la prueba T-student demostró al 0.05 de probabilidad que el consumo de energía en \$/Ha es significativamente mayor en el cañón viajero en comparación con el cañón estacionario.

Si lo que se busca es tener un sistema de riego por aspersión tipo cañón que requiera de una inversión económica inicial baja para su instalación, se recomienda el sistema de riego por aspersión tipo cañón viajero, de acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación realizada, ya que los resultados obtenidos en los tres predios favorecen al sistema antes mencionado.

También se puede decir que el consumo de energía es directamente proporcional a la Carga Dinámica Total (CDT) del sistema, porque entre mayor sea la Carga Dinámica Total, mayor será el consumo de energía requerida para el manejo del sistema de riego.

BIBLIOGRAFÍA

ASAE (1995). Test procedure for determining the uniformity of water distribution of center pivot, corner pivot, and moving lateral irrigation machines equipped with spray or sprinkler nozzles, ANSI/ASAE S436 SEP92. In: ASAE Standards 1995, pp 750–751, ASAE, St. Joseph, MI.

Bebr, R, 1954. Hidráulica Agrícola. Salvat Editores, S.A. Barcelona Madrid. Capítulo 8, páginas 212-220.

Bosch D; Onstad C. A. (1988). Surface seal hydraulic conductivity as affected by rainfall. Transactions of the ASAE, 31(4), 1120–1127.

Braz. P M H (1998). Estudio comparativo de dos sistemas de riego por aspersión: riego con cañón viajero y rociadores laterales, (Comparative study of two sprinkler irrigation systems: gun sprinkler traveler and sprinkler lateral). One published MSc Thesis, E´vora University, Portugal.

Bubbenzer. G D; Jones B A (1971). Drop size and impact velocity effects on the detachment of soil under simulated rainfall. Transactions of the ASAE, 14(4), 625–628.

Chang W J; Hills D J (1993). Sprinkler droplet effects on infiltration. II: Laboratory study. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 119(1), 157–169.

Christiansen J E (1942). Irrigation by sprinkling. California Agriculture Experiment Station Bulletin No. 670. University of California, USA.

García Casillas, Ignacio. Sistemas de riego: por aspersión y goteo. Editorial: Trillas, México, 1997.

Israel son, O. W. y V. E. Hansen, 1965. Principios y Aplicaciones del Riego. Editorial Reverte, S.A. Barcelona-Madrid.

Jensen, M. E., 1980. Design and Operation of Farm Irrigation Systems. Monograph No.3 by American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph MI. Pages 829.

Keller J. and Bliesner R.D. 1990. Sprinkle and trickle irrigation. Van Nostrand Reinhold AVI Book. 115 Fifth Avenue, New York, N.Y. PP. 271-306.

On-Farm Irrigation Committee of Irrigation and Drainage Division, 1987. Selection of Irrigation Methods for Agriculture. American Society of Civil Engineers, New York-NY. Pages 95.

Ortega C., Leopoldo: Estudio "Rentabilidad de rubros agropecuarios con riego en la X Región". INIA – Remehue Osorno, 2000.

Reed, A. D., 1980. Irrigation Costs. Leaflet 2875 October by Division of Agricultural Science, University of California, Berkley-CA. pages 1-10.

Resh. H. M. 1985. Hydroponics Food Production. Public. Co., Santa Barbara-CA. 3rd ed. Word bridge Press.

Revista "Agricultura de las Américas". Febrero de 1983, febrero de 1984 y julio de 1988.

Rolland Lionel: "Mecanización del Riego por Aspersión". FAO. Roma. 1986.
Salomón, K. H., 1988. Selección del sistema de irrigación. Publ. Núm. 880702 – Instituto.

Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas. 1980. Diseño y Operación de Sistemas de riego agrícola. ASAE número de Monografía 3. 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan.

Sousa P L; Silva L; Serralheiro R P (1999). Comparative analysis of main on-farm irrigation systems in Portugal. Agricultural Water Management, 40, 341–351.

Tarjuelo, J.M. - Benito, Martín: "El riego por aspersión y su tecnología". 2^a Edición. 1999, Mundi-Prensa.

The American Society of Agricultural Engineers, Design and operation of farm irrigation systems. Edited by M. E. Jensen, Michigan, USA, 1983.

APENDICE A

<u>CATALOGO "GENERAL"</u>	OBJETO: ELECTRIFICACIÓN, EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION TIPO CAÑÓN VIAJERO EN EL PREDIO "SANTA CRUZ", UBICADO EN EL MUNICIPIO DE HUIXTLA, ESTADO DE CHIAPAS.
---------------------------	--

"RELACIÓN DE LOS CONCEPTOS QUE INTEGRAN LA OBRA"

CLAVE	CONCEPTO	CANTIDAD	U.	%.U. CON LETR.	P.U. (\$)	IMPORTE (\$)
1 SUMINISTRO, TRANSPORTE, INSTALACIÓN Y PRUEBA DE TUBERIA Y CONEXIONES DE LA RED DE CONDUCCIÓN, DISTRIBUCIÓN Y REGANTE DEL SISTEMA:						
1.1	TUBO DE PVC HCO 160 MMC-7 SM	982.00	M		189.11	185,704.06
1.2	TUBO DE PVC HCO 6" RD-41	180.00	M		221.19	39,813.66
1.3	EXTREMIDAD ESPIGA 160MMSM	1.00	PZA		597.53	597.53
1.4	COPLER REPARACIÓN 160MMSM	2.00	PZA		206.53	413.07
1.5	TEE PVC HCO 160MMx160MMSM	9.00	PZA		481.27	4,331.43
1.6	CODO PVC HCO 90°160MMSM	2.00	PZA		345.76	691.53
1.7	ADAPTADOR MACHO PVC HCO DE 6" CEM	9.00	PZA		58.14	523.26
1.8	ADAPTADOR HEMBRA PVC HCO DE 6" CEM	9.00	PZA		69.62	626.54
1.9	TEE PVC HCO 160MM* 2" SM-SI	3.00	PZA		283.34	850.02
1.10	ADAPTADOR MACHO DE 2" CEM	3.00	PZA		1,103.30	3,309.90
1.11	LUBRICANTE	86.00	PZA		85.00	7,310.00
1.12	PEGAMENTO	129.00	PZA		110.50	14,254.50
SUBTOTAL						\$ 258,425.48
2 SUMINISTRO, TRANSPORTE, INSTALACIÓN Y PRUEBA DE CONEXIONES ESPECIALES:						
2.1	CAÑÓN VIAJERO PARA 46 HAS. CON REEL DE 3.7" * 320 MTS Y TUBO DE 4" *9.15 PARA ALIMENTACIÓN, CON MOTOR DE 5 Hp	1	PZA		86,270.40	86,270.40
2.2	HIDRANTE DE 6"	11	PZA		1,009.80	11,107.80
2.3	VALVULA DE ADM. Y EXPULSION DE AIRE 2"	3	PZA		197.20	591.60
SUBTOTAL						\$ 97,969.80
3 DEQUIPO DE BOMBEO Y TREN DE DESCARGA:						
3.1	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL ACOPLADA A MOTOR ELECTRICO DE 100 HP, PARA MANEJAR 35.04 LPS A UNA CDT DE 136.47 MCA	1.00	LOTE		152,695.00	152,695.00
3.2	INTEGRACIÓN DEL TREN DE DESCARGA 6"	1.00	LOTE		65,000.00	65,000.00
3.3	SUCCION EN 6"	1.00	LOTE		34,507.50	34,507.50
3.4	ARRANCADOR DE 100 HP	1.00	LOTE		48,000.00	48,000.00
SUBTOTAL						300,202.50
4 INTEGRACIÓN DE LA SUBESTACION ELECTRICA						
4.1	INTEGRACIÓN DE ALTA TENSIÓN	1.00	LOTE		211,424.93	211,424.93
4.2	TRANSFORMADOR DE 100 KVA	1.00	LOTE		62,713.30	62,713.30
4.3	INTEGRACION DE LA BAJA TENSION HACIA EL MOTOR DE 100 HP.	1.00	LOTE		40,100.00	40,100.00
4.4	TRAMITE ANTE LA C.F.E.	1.00	LOTE		19,800.00	19,800.00
SUBTOTAL						\$ 334,038.23
5 CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA CIVIL:						
5.1	EXCAVACIÓN Y RELLENO DE ZANJA DE 0.80*0.60	471.36	M ²		35.00	16,497.60
5.2	ATRAQUES	16.00	PZA		180.00	2,880.00
5.3	CONSTRUCCIÓN CASETA DE CONTROL	1.00	LOTE		14,000.00	14,000.00
SUBTOTAL						\$ 33,377.60

IMPORTE TOTAL DEL SISTEMA **\$ 1,024,013.61**

UN MILLÓN VEINTICUATRO MIL TRECE PESOS 61/100 M.N.

CATALOGO "GENERAL"

OBJETO: ELECTRIFICACIÓN, EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN TIPO CAÑÓN VIAJERO EN EL PREDIO "LA NUEVA ESPERANZA", UBICADO EN EL MUNICIPIO DE HUIXTLA, ESTADO DE CHIAPAS.

"RELACIÓN DE LOS CONCEPTOS QUE INTEGRAN LA OBRA"

CLAVE	CONCEPTO	CANTIDAD	U.	%U. CON LETR	P.U. (\$)	IMPORTE (\$)
1	SUMINISTRO, TRANSPORTE, INSTALACIÓN Y PRUEBA DE TUBERIA Y CONEXIONES DE LA RED DE CONDUCCIÓN, DISTRIBUCIÓN Y REGANTE DEL SISTEMA:					
1.1	TUBO DE PVC HCO 160 MMC-5 SM	775.00	M		91.55	70,947.38
1.2	TUBO DE PVC HCO 6" RD-41	16.00	M		100.47	1,607.52
1.3	COPLE REPARACIÓN 160MMSM	1.00	PZA		206.53	206.53
1.4	TEE PVC HCO 160MMx160MMSM	1.00	PZA		481.27	481.27
1.5	CODO PVC HCO 90°160MMSM	1.00	PZA		345.76	345.76
1.6	ADAPTADOR MACHO PVC HCO DE 6" CEM	6.00	PZA		58.14	348.84
1.7	ADAPTADOR HEMBRA PVC HCO DE 6" CEM	6.00	PZA		69.62	417.69
1.8	TEE PVC HCO 160MM* 2" SM-SI	1.00	PZA		283.34	283.34
1.9	ADAPTADOR MACHO DE 2" CEM	1.00	PZA		110.33	110.33
1.10	LUBRICANTE	40.00	PZA		85.00	3,400.00
1.11	PEGAMENTO	40.00	PZA		110.50	4,420.00
SUBTOTAL						\$ 82,568.66
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, INSTALACIÓN Y PRUEBA DE CONEXIONES ESPECIALES:					
2.1	CANON VIAJERO PARA 46 HAS. CON REEL DE 3.7" * 320 MTS Y TUBO DE 4" * 9.15 PARA ALIMENTACIÓN, CON MOTOR DE 5 Hp	1	PZA		86,270.40	86,270.40
2.2	HIDRANTE DE 6"	6	PZA		1,009.80	6,058.80
2.3	VALVULA DE ADM Y EXPULSION DE AIRE 2"	1	PZA		185.60	185.60
SUBTOTAL						\$ 92,514.80
3	DEQUIPO DE BOMBEO Y TREN DE DESCARGA:					
3.1	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL ACOPLADA A MOTOR ELECTRICO DE 60 HP, PARA MANEJAR 22.92 LPS A UNA CDT DE 115.91 MCA	1.00	LOTE		97,655.00	97,655.00
3.2	INTEGRACIÓN DEL TREN DE DESCARGA 6"	1.00	LOTE		65,000.00	65,000.00
3.3	SUCCIÓN EN 6"	1.00	LOTE		34,507.50	34,507.50
3.4	ARRANCADOR DE 60 HP	1.00	LOTE		48,000.00	48,000.00
SUBTOTAL						245,162.50
4	INTEGRACIÓN DE LA SUBESTACION ELECTRICA					
4.1	INTEGRACIÓN DE ALTA TENSIÓN	1.00	LOTE		211,424.93	211,424.93
4.2	TRANSFORMADOR DE 60 KVA	1.00	LOTE		62,713.30	62,713.30
4.3	INTEGRACIÓN DE LA BAJA TENSION HACIA EL MOTOR DE 60 HP.	1.00	LOTE		38,433.00	38,433.00
4.4	TRAMITE ANTE L.A.C.F.E.	1.00	LOTE		19,800.00	19,800.00
SUBTOTAL						\$ 332,371.23
5	CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA CIVIL:					
5.1	EXCAVACIÓN Y RELLENO DE ZANJA DE 0.80*0.60	372.00	M ²		35.00	13,020.00
5.2	ATRAQUES	3.00	PZA		180.00	540.00
5.3	CONTRUCCIÓN CASETA DE CONTROL	1.00	LOTE		14,000.00	14,000.00
SUBTOTAL						\$ 27,560.00

IMPORTE TOTAL DEL SISTEMA **\$ 780,177.19**

SETECIENTOS OCHENTA MIL CIENTO SETENTA Y SIETE PESOS 19/100 M.N.

<u>CATALOGO "GENERAL"</u>	OBJETO: ELECTRIFICACIÓN, EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION TIPO CAÑON VIAJERO EN EL PREDIO "LIZ", UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TAPACHULA, ESTADO DE CHIAPAS.
---------------------------	---

"RELACIÓN DE LOS CONCEPTOS QUE INTEGRAN LA OBRA"

CLAVE	CONCEPTO	CANTIDAD	U.	%U. CON LETR.	P.U. (\$)	IMPORTE (\$)
1 SUMINISTRO, TRANSPORTE, INSTALACIÓN Y PRUEBA DE TUBERIA Y CONEXIONES DE LA RED DE CONDUCCIÓN, DISTRIBUCIÓN Y REGANTE DEL SISTEMA:						
1.1	TUBO DE PVC HCO 200 MMC-7 SM	817.00	M		257.21	210,140.57
1.2	TUBO DE PVC HCO 160 MMC-5	602.00	M		189.11	113,843.02
1.3	TUBO DE PVC HCO 6" RD-41	180.00	M		221.19	39,813.66
1.4	EXTREMIDAD ESPIGA 200MM SM	1.00	PZA		624.73	624.73
1.5	COPE REPARACIÓN 160MM SM	2.00	PZA		206.53	413.07
1.6	TEE PVC HCO 200MMx200MM SM	9.00	PZA		556.07	5,004.63
1.7	CODO PVC HCO 90°200MM SM	2.00	PZA		435.86	871.73
1.8	CODO PVC HCO 90°160MM SM	2.00	PZA		345.76	691.53
1.9	ADAPTADOR MACHO PVC HCO DE 6" CEM	17.00	PZA		58.14	988.38
1.10	TEE PVC HCO 200MM* 2" SM-SI	2.00	PZA		312.05	624.10
1.11	TEE PVC HCO 160MM* 2" SM-SI	2.00	PZA		283.34	566.68
1.12	ADAPTADOR MACHO DE 2" CEM	4.00	PZA		1,103.30	4,413.20
1.13	LUBRICANTE	120.00	PZA		85.00	10,200.00
1.14	PEGAMENTO	180.00	PZA		110.50	19,890.00
					SUBTOTAL	\$ 408,085.29
2 SUMINISTRO, TRANSPORTE, INSTALACIÓN Y PRUEBA DE CONEXIONES ESPECIALES:						
2.1	CAÑON VIAJERO PARA 60 HAS. CON REEL DE 3.7" * 320 MTS Y TUBO DE 4" *9.15 PARA ALIMENTACIÓN, CON MOTOR DE 5 Hp	2	PZA		143,784.00	287,568.00
2.2	HIDRANTE DE 6"	17	PZA		1,009.80	17,166.60
2.3	VALVULA DE ADM Y EXPULSION DE AIRE 2"	3	PZA		197.20	591.60
					SUBTOTAL	\$ 305,326.20
3 DEQUIPO DE BOMBEO Y TREN DE DESCARGA:						
3.1	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL ACOPLADA A MOTOR ELECTRICO DE 200 HP, PARA MANEJAR 45.84 LPS A UNA CDT DE 199.5 MCA.	1.00	LOTE		305,390.00	305,390.00
3.2	INTEGRACIÓN DEL TREN DE DESCARGA 8"	1.00	LOTE		68,000.00	68,000.00
3.3	SUCCIÓN EN 8"	1.00	LOTE		37,507.50	37,507.50
3.4	ARRANCADOR DE 200 HP	1.00	LOTE		48,000.00	48,000.00
					SUBTOTAL	458,897.50
4 INTEGRACIÓN DE LA SUBESTACION ELECTRICA						
4.1	INTEGRACIÓN DE ALTA TENSIÓN	1.00	LOTE		211,424.93	211,424.93
4.2	TRANSFORMADOR DE 225 KVA	1.00	LOTE		135,353.73	135,353.73
4.3	INTEGRACION DE LA BAJA TENSION HACIA EL MOTOR DE 200 HP.	1.00	LOTE		61,540.00	61,540.00
4.4	TRAMITE ANTE L.A.C.F.E.	1.00	LOTE		19,800.00	19,800.00
					SUBTOTAL	\$ 428,118.66
5 CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA CIVIL:						
5.1	EXCAVACIÓN Y RELLENO DE ZANJA DE 0.80*0.60	392.16	M ³		35.00	13,725.60
5.2	ATRAQUES	8.00	PZA		180.00	1,440.00
5.3	CONSTRUCCIÓN CASETA DE CONTROL	1.00	LOTE		14,000.00	14,000.00
					SUBTOTAL	\$ 29,165.60

IMPORTE TOTAL DEL SISTEMA **\$ 1,629,593.25**

UN MILLÓN SEISCIENTOS VEINTIOCHO MIL CIENTO CINCUENTA Y TRES PESOS 25/100 M.N.

APENDICE B

<u>CATALOGO "GENERAL"</u>	OBJETO: ELECTRIFICACIÓN, EQUIPAMIENTO ELECTROMECANICO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN SEMI PORTATIL CON CAÑONES EN EL PREDIO "SANTA CRUZ", UBICADO EN EL MUNICIPIO DE HUIXTLA, ESTADO DE CHIAPAS.
---------------------------	--

"RELACIÓN DE LOS CONCEPTOS QUE INTEGRAN LA OBRA"

CLAVE	CONCEPTO	CANTIDAD	U.	U. CON LETR.	P.U. (\$)	IMPORTE (\$)
1 SUMINISTRO, TRANSPORTE, INSTALACIÓN Y PRUEBA DE TUBERIA Y CONEXIONES DE LA RED DE CONDUCCIÓN, DISTRIBUCIÓN Y REGANTE DEL SISTEMA:						
1.1	TUBO DE PVC HCO 160 MM C-7 SM	2484.00	M		189.11	469,744.27
1.2	TUBO DE PVC HCO 4" RD-26	180.00	M		100.47	18,084.60
1.3	EXTREMIDAD ESPIGA 160MM SM	1.00	PZA		597.53	597.53
1.4	COPE REPARACIÓN 160MM SM	2.00	PZA		206.53	413.07
1.5	CRUZ PVC HCO 160MM * 160MM SM	2.00	PZA		850.46	1,700.92
1.6	TEE PVC HCO 160MMx160MM SM	3.00	PZA		481.27	1,443.81
1.7	TEE PVC HCO160MMx4"x 1M SM-SI	49.00	PZA		434.30	21,280.65
1.8	CODO PVC HCO 90°160MM SM	1.00	PZA		345.76	345.76
1.9	TAPÓN CAMPANA PVC HCO 160MM SM	2.00	PZA		274.77	549.54
1.10	ADAPTADOR MACHO PVC HCO DE 4" CEM	98.00	PZA		58.14	5,697.72
1.11	ADAPTADOR HEMBRA PVC HCO DE 4" CEM	49.00	PZA		69.62	3,411.14
1.12	TEE PVC HCO 160MM * 2" SM-SI	8.00	PZA		283.34	2,266.71
1.13	ADAPTADOR MACHO DE 2" CEM	8.00	PZA		1,103.30	8,826.40
1.14	LUBRICANTE	86.00	PZA		85.00	7,310.00
1.15	PEGAMENTO	129.00	PZA		110.50	14,254.50
SUBTOTAL						\$ 555,926.62
2 SUMINISTRO, TRANSPORTE, INSTALACIÓN Y PRUEBA DE CONEXIONES ESPECIALES:						
2.1	ASPERSOR TIPO CAÑÓN 3.0 kg/cm ² , 5.84 lps boquilla de 20.3 mm	12	PZA		9,895.48	118,745.76
2.2	TRIPLE 1.5 m, CODO 4"	12	PZA		4,453.80	53,445.60
2.3	HIDRANTE DE 4"	49	PZA		598.00	29,302.00
2.4	CODO DE ARRANQUE DE 4"	12	PZA		1,110.00	13,320.00
2.5	TUBO DE ALUMINIO DE 4", 6.10 m	248	TRAMO		1,263.60	313,372.80
2.6	VALVULA DE ADM. Y EXPULSION DE AIRE 2"	8	PZA		197.20	1,577.60
SUBTOTAL						\$ 529,763.76
3 DEQUIPO DE BOMBEO Y TREN DE DESCARGA:						
3.1	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL ACOPLADA A MOTOR ELECTRICO DE 75 HP, PARA MANEJAR 35.04 LPS A UNA CDT DE 86.60 MCA.	1.00	LOTE		112,000.00	112,000.00
3.2	INTEGRACIÓN DEL TREN DE DESCARGA 6"	1.00	LOTE		65,000.00	65,000.00
	SUCCIÓN EN 6"	1.00	LOTE		34,507.50	34,507.50
3.3	ARRANCADOR DE 75 HP	1.00	LOTE		48,000.00	48,000.00
SUBTOTAL						259,507.50
4 INTEGRACIÓN DE LA SUBESTACION ELECTRICA						
4.1	INTEGRACIÓN DE ALTA TENSIÓN	1.00	LOTE		211,424.93	211,424.93
4.2	TRANSFORMADOR DE 75 KVA	1.00	LOTE		62,713.30	62,713.30
4.3	INTEGRACIÓN DE LA BAJA TENSION HACIA EL MOTOR DE 75 HP.	1.00	LOTE		40,100.00	40,100.00
4.4	TRAMITE ANTE LA C.F.E.	1.00	LOTE		19,800.00	19,800.00
SUBTOTAL						\$ 334,038.23
5 CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA CIVIL:						
5.1	EXCAVACIÓN Y RELLENO DE ZANJA DE 0.80*0.60	1192.32	M ²		35.00	41,731.20
5.2	ATRAQUES	40.00	PZA		180.00	7,200.00
5.3	CONSTRUCCIÓN CASETA DE CONTROL	1.00	LOTE		14,000.00	14,000.00
SUBTOTAL						\$ 62,931.20

IMPORTE TOTAL DEL SISTEMA

\$ 1,742,167.31

UN MILLÓN SETECIENTOS CUARENTA Y DOS MIL CIENTO SESENTA Y SIETE PESOS 31/100 M.N.

CATALOGO "GENERAL"

OBJETO: ELECTRIFICACIÓN, EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN SEMIIMPORTATIL CON CAÑONES EN EL PREDIO "LA NUEVA ESPERANZA", UBICADO EN EL MUNICIPIO DE HUIXTLA, ESTADO DE CHIAPAS.

"RELACIÓN DE LOS CONCEPTOS QUE INTEGRAN LA OBRA"

CLAVE	CONCEPTO	CANTIDAD	U.	U. CON LETR.	P.U. (\$)	IMPORTE (\$)
1	SUMINISTRO, TRANSPORTE, INSTALACIÓN Y PRUEBA DE TUBERIA Y CONEXIONES DE LA RED DE CONDUCCIÓN, DISTRIBUCIÓN Y REGANTE DEL SISTEMA:					
1.1	TUBO DE PVC HCO 160 MMC-5 SM	1284.00	M		91.55	117,543.78
1.2	TUBO DE PVC HCO 4" RD-26	80.00	M		100.47	8,037.60
1.3	EXTREMIDAD ESPIGA 160MM SM	1.00	PZA		597.53	597.53
1.4	COPELE REPARACIÓN 160MM SM	2.00	PZA		206.53	413.07
1.5	CRUZ PVC HCO 160MM * 160MM SM	1.00	PZA		850.46	850.46
1.6	TEE PVC HCO 160MMx160MM SM	1.00	PZA		481.27	481.27
1.7	TEE PVC HCO160MMx4"x1M SM-SI	22.00	PZA		434.30	9,554.58
1.8	CODO PVC HCO 90*160MM SM	1.00	PZA		345.76	345.76
1.9	TAPÓN CAMPANA PVC HCO 160MM SM	2.00	PZA		274.77	549.54
1.10	ADAPTADOR MACHO PVC HCO DE 4" CEM	44.00	PZA		58.14	2,558.16
1.11	ADAPTADOR HEMBRA PVC HCO DE 4" CEM	22.00	PZA		69.62	1,531.53
1.12	TEE PVC HCO 160MM * 2" SM-SI	5.00	PZA		283.34	1,416.70
1.13	ADAPTADOR MACHO DE 2" CEM	5.00	PZA		1,103.30	5,516.50
1.14	LUBRICANTE	60.00	PZA		85.00	5,100.00
1.15	PEGAMENTO	40.00	PZA		110.50	4,420.00
	SUBTOTAL				\$	158,916.48
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, INSTALACIÓN Y PRUEBA DE CONEXIONES ESPECIALES:					
2.1	ASPERSOR TIPO CAÑON 3.0 kg/cm ² , 7.64 lps boquilla de 20.3 mm	5	PZA		7,916.38	39,581.92
2.2	TRIPIE 1.5 m, CODO 4"	5	PZA		3,654.40	18,272.00
2.3	HIDRANTE DE 4"	22	PZA		478.40	10,524.80
2.4	CODO DE ARRANQUE DE 4"	5	PZA		888.00	4,440.00
2.5	TUBO DE ALUMINIO DE 4", 6.10 m	104	TRAMO		1,123.20	116,812.80
2.6	VALVULA DE ADM. Y EXPULSION DE AIRE 2"	5	PZA		185.60	928.00
	SUBTOTAL				\$	190,559.52
3	DEQUIPO DE BOMBEO Y TREN DE DESCARGA:					
3.1	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL ACOPLADA A MOTOR ELECTRICO DE 45 HP, PARA MANEJAR 22.92 LPS A UNA CDT DE 82.26 MCA	1.00	LOTE		74,068.00	74,068.00
3.2	INTEGRACIÓN DEL TREN DE DESCARGA 6"	1.00	LOTE		65,000.00	65,000.00
	SUCCIÓN EN 6"	1.00	LOTE		34,507.50	34,507.50
3.3	ARRANCADOR DE 45 HP	1.00	LOTE		48,000.00	48,000.00
	SUBTOTAL				\$	221,575.50
4	INTEGRACIÓN DE LA SUBESTACION ELECTRICA					
4.1	INTEGRACIÓN DE ALTA TENSIÓN	1.00	LOTE		211,424.93	211,424.93
4.2	TRANSFORMADOR DE 45 KVA	1.00	LOTE		62,713.30	62,713.30
4.3	INTEGRACION DE LA BAJA TENSION HACIA EL MOTOR DE 45 HP.	1.00	LOTE		40,500.00	40,500.00
4.4	TRAMITE ANTE LA C.F.E.	1.00	LOTE		19,800.00	19,800.00
	SUBTOTAL				\$	334,438.23
5	CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA CIVIL:					
5.1	EXCAVACIÓN Y RELLENO DE ZANJA DE 0.80*0.60	616.32	M ²		35.00	21,571.20
5.2	ATRAQUES	7.00	PZA		180.00	1,260.00
5.3	CONTRUCCIÓN CASETA DE CONTROL	1.00	LOTE		14,000.00	14,000.00
	SUBTOTAL				\$	36,831.20

IMPORTE TOTAL DEL SISTEMA \$ 942,320.92

NOVECIENTOS CUARENTA Y DOS MIL TRESCIENTOS VEINTE PESOS 92/100 M.N.

CATALOGO "GENERAL"

OBJETO: ELECTRIFICACIÓN, EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN SEMIIMPORTATIL CON CAÑONES EN EL PREDIO "LIZ", UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TAPACHULA, ESTADO DE CHIAPAS.

"RELACIÓN DE LOS CONCEPTOS QUE INTEGRAN LA OBRA"

CLAVE	CONCEPTO	CANTIDAD	U.	P.U. CON LETR.	P.U. (\$)	IMPORTE (\$)
1 SUMINISTRO, TRANSPORTE, INSTALACIÓN Y PRUEBA DE TUBERÍA Y CONEXIONES DE LA RED DE CONDUCCIÓN, DISTRIBUCIÓN Y REGANTE DEL SISTEMA:						
1.1	TUBO DE PVC HCO 200 MM C-7 SM	2735.00	M		257.21	703,469.35
1.2	TUBO DE PVC HCO 4" RD-26	190.00	M		100.47	19,089.30
1.3	EXTREMIDAD ESPIGA 200MM SM	1.00	PZA		624.73	624.73
1.4	COPELE REPARACIÓN 200MM SM	2.00	PZA		247.33	494.67
1.5	CRUZ PVC HCO 200MM * 200MM SM	1.00	PZA		1,017.06	1,017.06
1.6	TEE PVC HCO 200MMx200MM SM	1.00	PZA		556.07	556.07
1.7	TEE PVC HCO 200MMx 3"x 1M SM-SI	51.00	PZA		368.00	18,767.95
1.8	CODO PVC HCO 90°200MM SM	4.00	PZA		435.86	1,743.45
1.9	TAPÓN CAMPANA PVC HCO 200MM SM	2.00	PZA		322.37	644.74
1.10	ADAPTADOR MACHO PVC HCO DE 3" CEM	51.00	PZA		58.14	2,965.14
1.11	ADAPTADOR HEMBRA PVC HCO DE 3" CEM	51.00	PZA		69.62	3,550.37
1.12	TEE PVC HCO 200MM * 2" SM-SI	8.00	PZA		283.34	2,266.71
1.13	ADAPTADOR MACHO DE 2" CEM	8.00	PZA		1,103.30	8,826.40
1.14	LUBRICANTE	120.00	PZA		85.00	10,200.00
1.15	PEGAMENTO	180.00	PZA		110.50	19,890.00
SUBTOTAL						\$ 794,105.94
2 SUMINISTRO, TRANSPORTE, INSTALACIÓN Y PRUEBA DE CONEXIONES ESPECIALES:						
2.1	ASPERSOR TIPO CAÑÓN 3.0 kg/cm ² , 7.64 lps boquilla de 20.3 mm	6	PZA		7,916.38	47,498.30
2.2	TRIPLE 1.5 m, CODO 3"	6	PZA		3,874.65	23,247.90
2.3	HIDRANTE DE 3"	55	PZA		520.00	28,600.00
2.4	CODO DE ARRANQUE DE 3"	6	PZA		900.00	5,400.00
2.5	TUBO DE ALUMINIO DE 3", 6.10 m	756	TRAMO		1,206.00	911,736.00
2.6	VALVULA DE ADM. Y EXPULSION DE AIRE 2"	8	PZA		197.20	1,577.60
SUBTOTAL						\$ 1,018,059.80
3 DEQUIPO DE BOMBEO Y TREN DE DESCARGA:						
3.1	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL ACOPLADA A MOTOR ELECTRICO DE 75 HP, PARA MANEJAR 35.04 LPS A UNA CDT DE 88.49 MCA.	1.00	LOTE		112,000.00	112,000.00
3.2	INTEGRACIÓN DEL TREN DE DESCARGA 8"	1.00	LOTE		68,000.00	68,000.00
	SUCCIÓN EN 8"	1.00	LOTE		37,507.50	37,507.50
3.3	ARRANCADOR DE 75 HP	1.00	LOTE		48,000.00	48,000.00
SUBTOTAL						265,507.50
4 INTEGRACIÓN DE LA SUBESTACION ELECTRICA						
4.1	INTEGRACIÓN DE ALTA TENSIÓN	1.00	LOTE		211,424.93	211,424.93
4.2	TRANSFORMADOR DE 75 KVA	1.00	LOTE		62,713.30	62,713.30
4.3	INTEGRACIÓN DE LA BAJA TENSION HACIA EL MOTOR DE 75 HP.	1.00	LOTE		40,100.00	40,100.00
4.4	TRAMITE ANTE LA C.F.E.	1.00	LOTE		19,800.00	19,800.00
SUBTOTAL						\$ 334,038.23
5 CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA CIVIL:						
5.1	EXCAVACIÓN Y RELLENO DE ZANJA DE 0.80*0.60	1312.80	M ²		35.00	45,948.00
5.2	ATRAQUES	40.00	PZA		180.00	7,200.00
5.3	CONSTRUCCIÓN CASETA DE CONTROL	1.00	LOTE		14,000.00	14,000.00
SUBTOTAL						\$ 67,148.00

IMPORTE TOTAL DEL SISTEMA

\$ 2,478,859.47

DOS MILLONES CUATROCIENTOS SETENTA Y OCHO MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE PESOS 47/100 M.N.