



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org



S - 15758

Distr. LIMITADA

ID/WG.462/8

14 agosto 1986

ESPAÑOL

Original : INGLES

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

Tercera Consulta sobre la Industria
de la Maquinaria Agrícola

Belgrado, Yúgoslavia,
29 septiembre - 3 octubre 1986

UTILIZACION DE EQUIPO DE RIEGO EN PROYECTOS AGRICOLAS
Y POSIBILIDADES DE FABRICACION LOCAL
EN PAISES EN DESARROLLO *

Preparado por
Wolfgang Sommer**
Consultor de la ONUDI

15

* El presente documento es traducción de un texto que no ha pasado por los servicios de edición de la Secretaría de la ONUDI.

** Ingeniero de proyectos y regadío, Roehren- und Pumpenwerk, Rudolf Bauer Ges.m.b.H., Voitsberg (Austria).

V.86-59200 (EX)

INDICE

	<u>Página</u>
I. INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES LOCALES EN LA SELECCION DE TECNOLOGIA DE RIEGO APROPIADA	4
Introducción general	4
Influencia del riego apropiado en el sistema ecológico del suelo	4
Planes de economía del agua	7
Permeabilidad de los suelos	7
Contenido de sales del agua de riego	8
Planes de riego y eficiencia	9
Planes de riego apropiados para determinados tipos de cultivos	12
Resumen	17
II. BREVE DESCRIPCION DE LOS DIVERSOS SISTEMAS DE RIEGO POR ROCIADO Y POR GOTEO	18
Observaciones generales	18
A. Riego por rociado	18
A.1. Sistemas de rociado de derivación lateral estacionaria	20
A.2. Derivaciones laterales de desplazamiento continuo	27
B. Riego por goteo o chorro	33
B.1. Sistemas estáticos	36
B.2. Sistemas de desplazamiento	37
III. FACTORES QUE DEBEN CONSIDERARSE AL ELEGIR SISTEMAS DE RIEGO POR ROCIADO	39
Efecto de la pendiente del terreno	39
Efecto de la tasa de absorción de agua	40
Efecto de la forma de la zona que debe regarse	40
Efecto de las condiciones de la superficie del campo	41
Efecto de los cultivos	42
Otros factores que afectan a la elección de sistemas de rociado	43
IV. CRITERIOS QUE DEBEN CONSIDERARSE AL ADQUIRIR EQUIPOS DE RIEGO	46
V. EJECUCION DE PROYECTOS DE RIEGO EN PAISES EN DESARROLLO	50
Cultivo homogéneo	50
Necesidades básicas de los proyectos de riego por rociado	51

	<u>Página</u>
VI. FABRICACION DE COMPONENTES Y EQUIPO DE RIEGO EN PAISES EN DESARROLLO	53
Definición del equipo y los componentes de riego	53
Las condiciones locales y sus repercusiones en el desarrollo de instalaciones de fabricación de equipo de riego	54
Elección de tecnologías de fabricación	58
Fabricación de bombas de agua	59
Fabricación de conducciones	60
Adaptadores y partes accesorias	64
Motores diesel y motores eléctricos	65
Rociadores	65
Conducciones de acoplamiento rápido	65
Sistemas de riego mecanizados	65
Componentes de riego por goteo	66
Observaciones sobre la elección de la fabricación	66
Estrategia de mantenimiento	73
Infraestructura y vinculaciones con el resto de la economía	74
Papel de las plantas para fines múltiples como vinculaciones entre la fabricación de equipo de riego, la maquinaria agrícola y los bienes de capital para fines comunes relacionados con el agua	75
Papel de las empresas de escala pequeña y mediana en la transferencia de tecnología, la capacitación y la financiación	76
VII. OBSTACULOS Y BARRERAS ENCONTRADOS PARA ESTABLECER Y DESARROLLAR PROYECTOS DE RIEGO, PLANTAS DE FABRICACION DE EQUIPO DE RIEGO	80
Problemas que acompañan a la agricultura de regadío	80
Obstáculos que se oponen a las plantas de fabricación de equipo de riego	81
VIII. ESTRATEGIAS Y POLITICAS (PAPEL DE LA COOPERACION INTERNACIONAL)	83
Políticas y estrategias en el nivel gubernamental	85
Políticas y estrategias en el nivel internacional	87
<u>Notas</u>	89

I. INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES LOCALES EN LA SELECCION DE TECNOLOGIA DE RIEGO APROPIADA

Introducción general

1. La producción agrícola debe aumentar en todo el mundo, no sólo para mantener el nivel de nutrición de una población en expansión continua, sino también para mejorarlo. Deben reducirse y evitarse los estrangulamientos de la producción. La frecuencia y la disponibilidad del agua es, indudablemente, el factor que contribuye de forma más importante a los estrangulamientos de la producción en las partes áridas y semiáridas del mundo. Garantizando a los campos mayor suministro de agua, el rendimiento de los cultivos por hectárea podría aumentarse varias veces y se podría lograr cosechas seguras.

Influencia del riego apropiado en el sistema ecológico del suelo

2. El sistema ecológico se define normalmente como una interacción de organismos y factores que integran un medio ambiente común. Está sometido constantemente a cambios producidos por factores elementales como la luz y el calor, y también por factores complejos como el clima, etc.

3. Al evaluar la influencia del riego en el sistema ecológico del suelo es esencial observar las condiciones que producen esos cambios. En particular, los cambios climáticos desempeñan un papel importante en el desarrollo de los sistemas ecológicos en las esferas vegetal, animal y humana: ejemplo importante de ello son los cambios climáticos y los cambios ecológicos conexos en la región del Sahel, en donde, entre 1968 y 1984, la sequía produjo una situación desastrosa para el mundo vegetal y animal y, como consecuencia, para la población local.

4. Con independencia de si esos cambios fueron causados por el desplazamiento de la zona de monzones tropicales hacia el ecuador o por una intervención humana directa, la realidad es que el desierto del Sáhara se extiende hacia el sur a una velocidad de 50 Km anuales^{1/}.

5. El riego crea un sistema complejo de economía del agua, compuesto de pozos, depósitos, acequias, y zanjas de rebosamiento y drenaje que garantizan que el agua se distribuya adecuadamente en zonas previamente determinadas. Por consiguiente, es indiscutible que el riego ejerce una influencia enorme en la conservación y también en el desarrollo de nuevos sistemas ecológicos. Después de introducir sistemas de riego en un suelo que, hasta entonces, había recibido un suministro de agua insuficiente, los sistemas edafológicos existentes sufren enormes cambios dinámicos: en muchos casos, esos sistemas dejan de existir y surge un nuevo sistema ecológico.

6. El riego hace que aparezca en el suelo una proporción de humedad que fomenta un metabolismo favorable, el aumento de la microflora y la aparición de fauna. La existencia de microflora en el suelo ejerce una influencia sumamente positiva en el sistema ecológico de las plantas cultivadas. El mantillo, las bacterias y otros microorganismos se ven influidos, en el sentido de que el número de organismos aumenta en tanto que el número real de especies disminuye. La vida animal en el suelo se ve también grandemente influida. La fauna es escasa en los suelos áridos, y especialmente adaptada a la aridez. El riego produce normalmente la destrucción de los sistemas ecológicos anteriores y la creación de otros nuevos cuya característica principal es la presencia de lombrices de tierra, ácaros y nemátodos. Las lombrices de tierra, desde luego, desempeñan un papel sumamente importante en la formación de la capa arable. Su presencia sirve para aflojar y airear el suelo simultáneamente.

7. El aumento de la evaporación y de la transpiración hace que se produzcan cambios considerables en el microclima. El nivel de humedad aumenta y la temperatura disminuye, lo que produce una disminución de la transpiración. El aumento de la humedad del suelo ayuda al proceso de oxidación, enfría la superficie del suelo y hace más lenta la mineralización de las sustancias orgánicas del suelo, lo que tiene un efecto favorable en el aumento de concentración del humus, especialmente en el suelo árido^{1/}.

8. El equilibrio hídrico del sistema ecológico de las plantas se define por la entrada y suministro de agua y por su función. Las funciones más importantes del agua en relación con los ecosistemas de las plantas cultivadas son las siguientes:

- El agua sirve de medio para disolver y transportar nutrientes vegetales que sólo pueden ser absorbidos por las plantas en solución.
- El agua es constituyente principal de las células vegetales. Es absorbida por las células por medio de fuerzas osmóticas y de succión. Influye grandemente en la estructura física de las plantas.
- El agua desempeña un papel importante en el metabolismo de las plantas.
- Como el agua necesita una cantidad específica de energía calórica para evaporarse, tiene un efecto regulador en las temperaturas altas y bajas. Durante la transpiración, el agua enfría la superficie de las hojas expuestas al sol.
- El agua es esencial para la fotosíntesis.

9. El riego ejerce también una influencia considerable en los sistemas ecológicos humanos, especialmente en las regiones áridas y semiáridas. A este respecto, el simposio titulado "Riego de tierras áridas en países en desarrollo", celebrado en Alejandría (Egipto), en 1976, hizo las siguientes recomendaciones:

- Deben mejorarse las condiciones económicas de desarrollo social.
- Debe posibilitarse el intercambio de productos por alimentos producidos en suelos irrigados.
- Debe estabilizarse la producción agrícola, evitando las pérdidas ocurridas como consecuencia de la sequía.
- Deben aumentarse los niveles de vida de la población.
- Deben evacuarse las tribus nómadas.

10. El riego hace que se produzcan mejoras en la vida de los agricultores y de sus familias. Los planes de riego modernizan también el cultivo agrícola y producen una racionalización de la producción agrícola si se combinan con un nivel más alto de educación de la población local.

Planes de economía del agua

11. Los planes de economía del agua, que forman parte orgánica de los planes de riego, se extienden cada vez más. En 1975 se estimó que se estaban regando 245 millones de hectáreas de tierra cultivada: esa cifra representaba el 16,6% del total de 1.473 millones de hectáreas de tierras cultivadas. Teniendo en cuenta la situación y las tendencias de desarrollo actuales, puede preverse que el crecimiento anual de las tierras de regadío ascenderá a unos 10 millones de hectáreas. Partiendo de esa hipótesis, se regarán unos 500 millones de hectáreas de tierra para el año 2000, lo que representa el doble del número de hectáreas regadas en 1975. Suponiendo que se requieran 4.500 m^3 de agua anuales por hectárea de tierra (450 l/m^2 o 450 mm), se utilizarán 45.000 millones de m^3 de agua anuales para regar 10 millones de hectáreas de tierra; en el año 2000, 1.125 mil millones de m^3 de agua. Esto equivale casi al caudal anual del Río de la Plata, cinco veces el del Indo o 14 veces el del Nilo^{1/}.

12. Dado que hay que utilizar esas cantidades colosales de agua para el riego y a causa de las condiciones con que realmente se enfrentan los agricultores de las regiones áridas y semiáridas, es esencial pasar a utilizar planes de ahorro de agua, como los sistemas de rociado y las máquinas de rociado automático. Utilizando este sistema, se puede determinar la cantidad exacta de agua necesaria y reducir al mínimo absoluto las pérdidas de agua producidas por filtraciones o evaporación.

Permeabilidad de los suelos

13. Se produce un problema de permeabilidad de los suelos cuando la tasa de infiltración del agua en el suelo y a través de él se reduce por efecto de determinadas sales o de la falta de sales en el agua, hasta un punto en que los cultivos no reciben un suministro de agua adecuado y el rendimiento disminuye. Esto puede causar dificultades de cultivo a causa de la formación de costras en los semilleros, la saturación de agua del suelo superficial y los problemas conexos de enfermedades, salinidad, oxígeno y nutrición. Los bajos

niveles de sal en el agua pueden traducirse en la mala permeabilidad del suelo, por la enorme capacidad del agua pura para disolver y eliminar el calcio y otras materias solubles del suelo. Los carbonatos y bicarbonatos pueden afectar también a la permeabilidad del suelo. Para determinar la influencia a largo plazo del agua en esa permeabilidad son de importancia tres factores:

- El contenido de sodio en relación con el de calcio y magnesio
- El contenido de bicarbonatos y carbonatos
- La concentración total de sal en el agua.

14. Una tasa de infiltración de 2,5 mm/hora se considera baja, mientras que 12 mm/hora es relativamente alta. Con una Tasa de Absorción de Sodio (TAS) superior a 6-9, cabe esperar que el agua de riego produzca un problema de permeabilidad en los suelos de tipo contracción-hinchamiento (montmorillinita)^{2/}.

Contenido de sales del agua de riego

15. El contenido de sales minerales del agua subterránea ejerce una influencia importante en el ecosistema. En las regiones áridas, el riego puede producir una elevación del nivel del agua subterránea; esto, a su vez, causa un aumento de sales minerales en la superficie del suelo. Se produce un deterioro en la calidad del agua de la zona radical de los cultivos, como consecuencia de las sales minerales, el sedimento de fertilizantes y los plaguicidas.

16. La salinización y la alcalinización del suelo tienen una influencia desfavorable en el desarrollo de los ecosistemas de las plantas cultivadas. Si la cantidad de sal del suelo es mayor de 0,5 a 1%, aproximadamente, no se producen ecosistemas^{2/}. Incluso un contenido de sales del 0,2% (cloruros, sales de hidrógeno) tiene una influencia perjudicial. Las sales solubles influyen también en el suministro de agua a los cultivos. En caso de concentraciones mayores, aumenta la presión osmótica.

Planes de riego y eficiencia

17. Los planes de riego han alcanzado niveles de eficiencia muy variables en los últimos decenios, especialmente porque esos niveles dependen del tipo de suelo y el método de riego. Por término medio puede suponerse que sólo alrededor del 30% del agua suministrada es absorbida realmente por los cultivos^{3/}. En los países de métodos primitivos de cultivo y riego, el porcentaje es aún menor. De acuerdo con un estudio de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), sólo alrededor del 40% del agua suministrada a las redes de distribución llega realmente a las zonas de riego. Una utilización efectiva del agua del 10 al 20% es excepcional, y el riego agrícola disfruta de la reputación de producir los mayores derroches de agua. ¿Qué puede hacerse para aumentar la eficiencia total de utilización del agua?

- Sustituir el riego de superficie tradicional por rociadores, que son mucho más eficientes
- Mejorar la exactitud y fiabilidad del plan optativo de riego desde el punto de vista de la oportunidad y la cantidad
- Controlar automáticamente el riego utilizando equipo de rociado totalmente automático.

18. En los Estados Unidos de América, la proporción entre la tierra regada con rociadores y la tierra regada por riego superficial cambió en el período comprendido entre 1958 y 1969 de 1:10 a 1:5,4. Para la prevista duplicación de las zonas de riego en el año 2000, se calcula un aumento del consumo de agua de sólo el 5%. Ese aumento será suministrado casi totalmente por un nuevo sistema de ahorro de agua^{4/}.

19. Un sistema de rociado puede suministrar agua a los suelos a tasas iguales, superiores o inferiores a la tasa de infiltración. Puede funcionar automática o manualmente. En general, se puede emplear un sistema de rociado en la mayoría de los suelos y condiciones topográficas y en las zonas en que el riego de superficie puede resultar ineficiente y costoso.

20. El alto grado de control del agua es la ventaja más destacada del rociador sobre los métodos de riego de superficie. Las tasas de administración de agua pueden ser sólo de 2,5 mm/h, evitando así el riesgo de erosión del suelo o de la pérdida excesiva de agua. Los sistemas de rociado utilizan generalmente cantidades menores de agua de forma más eficaz que los métodos de riego de superficie y resultan ventajosos en el caso de suelos de alta permeabilidad o baja capacidad de retención de agua. Cuando los costos de mano de obra son elevados en el riego de superficie, el riego por rociado puede ser el método más económico de suministrar agua.

21. Los sistemas de rociado pueden utilizarse también al emplear plaguicidas, para proteger contra las heladas y para controlar la temperatura. Tienen también algunas desventajas. Por ejemplo, se han observado daños en los cítricos al rociar las hojas con agua de riego de mala calidad^{5/}. En otros casos, el agua de mala calidad dejará depósitos inconvenientes en las hojas, frutos y plantas^{6/}.

22. Si se acumulan cantidades excesivas de sales solubles en la rizosfera, la planta tiene dificultades para extraer agua suficiente de la solución salina del suelo. Una disminución de la absorción de agua por la planta puede traducirse en un crecimiento lento o menor, y manifestarse también por síntomas similares a los de la sequía. En muchas plantas aparecen un color verde azulado y depósitos más espesos de cera en las hojas.

23. Si las capas freáticas están a sólo dos metros de la superficie del suelo, pueden convertirse en fuente importante de sales adicionales en la zona radical de las plantas^{10/}. Si hay capas freáticas a menos de dos metros de profundidad, se producirán problemas de salinidad aun cuando la calidad del agua sea buena.

Surgirán problemas de riego-salinidad en los siguientes casos:

$(EC_w \text{ mm hos/cm}^*)^{2/}$	(menos de 0,75	Sin problemas
	(de 0,75 a 3,0	Problemas crecientes
	(más de 3,0	Problemas graves

* EC_w - Conductividad eléctrica del agua de riego, en mm hos/cm. 1 mm hos/cm = 1 ms/cm (milisiemens por cm).

24. Con capas freáticas poco profundas puede haber un problema de salinidad debido al movimiento ascendente del agua y de las sales. Ese problema guarda relación con las capas de crecida y la falta de drenaje y sólo indirectamente está relacionado con el agua de riego.

25. Las ventajas y desventajas de los sistemas de rociado son las siguientes:

a) Ventajas

- Independencia de las condiciones de la superficie. No hacen falta trabajos de nivelación. Se puede rociar terrenos desiguales e inclinados.
- Una explotación total de la zona de riego, ya que no se requieren zanjas ni presas con terraplenes.
- Se puede utilizar los sistemas de rociado en tierra poco compacta y llana.
- Se puede rociar los suelos de poca capacidad de retención de agua y los suelos que no pueden nivelarse.
- Utilización optativa de equipo de rociado en zonas diferentes.
- Rociado con fines múltiples: los sistemas de rociado pueden utilizarse para pulverizar fertilizantes y agentes de protección de las plantas, así como para el control de temperaturas y la protección contra las heladas.

b) Desventajas

- Costos elevados de compra y mantenimiento.
- Se requiere personal calificado para mantener los sistemas.
- El efecto perjudicial del viento: la utilización de los sistemas de rociado se ve limitada por los vientos fuertes.

26. Se dispone también de sistemas de rociado automáticos y semiautomáticos. Esos sistemas permiten una distribución del agua a los cultivos cuantitativa y exactamente regulada.

27. La tolerancia a las sales de los cultivos agrícolas es muy amplia. Esa amplia opción aumenta grandemente la gama de calidades de agua utilizables para el riego. Por ejemplo, un agua de EC_w 1,5 a 2,0, que es inapropiada para la producción de cultivos sensibles a las sales, alubias y manises, puede ser aceptable para el maíz, el algodón o la remolacha azucarera. Se podría cultivar plantas sensibles, pero el rendimiento quizá se redujera en alrededor del 50%.

Planes de riego apropiados para determinados tipos de cultivos

28. Plantas forrajeras perennes. Las hierbas y legumbres utilizadas en la producción de forrajes tiene semillas pequeñas y, por consiguiente, requieren una preparación cuidadosa de los semilleros. La causa más común de fracasos al cultivar plantas forrajeras perennes es la deficiencia de agua en el suelo debida a semilleros poco compactos. Si la superficie es seca, se necesita un riego temprano para garantizar una germinación regular, pero el riego no puede sustituir nunca a las buenas prácticas agronómicas.

29. Generalmente, la mejor época para sembrar plantas forrajeras es la primavera, con buenas condiciones de agua subterránea. Si el agua subterránea no basta para que la alfalfa se desarrolle hasta la fase de 3 a 4 hojas, el riego es necesario. Un sistema de rociado es preferible para la mejor distribución del agua y la humidificación uniforme de la capa superior del suelo.

30. Como la alfalfa es una de las plantas forrajeras más importantes, la práctica del riego está muy difundida. La alfalfa es una planta de raíces profundas, de 8 a 12 pies, y el riego debe ser suficiente para cargar toda la zona radical. La cantidad de agua y el ciclo de riego dependen de la profundidad de las raíces y de la capacidad de retención de agua del suelo. La FAO publica valores para esos parámetros, así como para las tasas de evapotranspiración^{7'}.

31. Todas las especies forrajeras capaces de producción elevada responden al riego, especialmente en las zonas áridas. Informes de California indican un aumento del rendimiento de alfalfa de 5 t/acre después de suministrar 760 mm de agua anuales^{8/}. El rendimiento normal en condiciones lluviosas es de 5 a 5 t por hectárea. En las montañas occidentales, el rendimiento de la alfalfa fue de 4,5 t por acre después de recibir 3 riegos de 13 mm cada uno o 5 riegos de 8 mm.

32. Cereales y frutos del campo. En la presente sección se da información sobre el riego del maíz (*Zea mays*), el sorgo (*Sorghum vulgare*), el arroz (*Oryza sativa*), el trigo (*Triticum vulgare*), la cebada (*Hordeum vulgare*), la patata (*Solanum tuberosum*), y las alubias (*Phaseolus vulgaris*). Con independencia del arroz, los cultivos examinados en este capítulo se riegan específicamente para mantener unas condiciones de agua subterránea favorables al crecimiento de las plantas. En el caso del arroz, la inundación del terreno ayuda a luchar contra las malas hierbas.

33. La estación de crecimiento influye grandemente en la frecuencia y la cantidad del riego, a causa de las variaciones de los niveles de evapotranspiración (ET). El agotamiento de una cantidad de agua a mediados de la primavera por un trigo de invierno con una cubierta sombreada completa requiere un tiempo dos o tres veces mayor que el del maíz o el sorgo a mediados del verano. Los pequeños cereales de invierno se cultivan normalmente en las regiones templadas durante 4 a 12 semanas durante los meses de otoño. La evaporación y una cubierta sombreada sólo parcial se traducen en una baja ET, que rara vez excede de 0,2 cm diarios. La tasa de ET durante el período invernal es generalmente del orden de 0,02 a 0,1 cm diarios. Pronto se logra una cubierta sombreada completa si el potencial climático es favorable, y la tasa de ET sigue generalmente las condiciones climáticas hasta que la planta empieza a madurar.

34. El maíz, el sorgo, la patata y las alubias cultivados en climas templados se siembran a finales de invierno o en primavera y se cosechan a mediados de verano. Se logra una cubierta sombreada completa de 6 a 12 semanas después de la excrecencia, según el clima.

35. Caña de azúcar y soja. La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es una planta tropical que se cultiva entre los 30° N y los 30° S de latitud. Es de raíz fibrosa, y sus raíces se muestran sumamente activas en los 2 a 3 pies primeros de suelo superficial.

36. La tasa de ET representa la cantidad de agua que debe administrarse con intervalos apropiados para mantener un equilibrio de agua subterránea favorable al crecimiento de la planta. Se han realizado muchos estudios para explicar la relación entre agua y rendimiento. La Sugar Planters Association de Hawai, en 1963, estudió la cuestión con temperaturas controladas (19,6 a 23,8 C) e indicó que 135 g de agua producían 1 g de materia seca (Transpiration dry matter production study).

37. En una fase de ensayo de una pequeña parcela de plantas de dos años, se necesitaron de 216 a 280 cm de agua de riego suministrada en 35 a 44 riegos para complementar una precipitación anual de 49 cm. En esas condiciones, aproximadamente 100 lb de agua produjeron 1 lb de caña^{9/}. El agua estacional utilizada por la soja varía entre 50 y 76 cm^{10/} y 33 a 60 cm, con tasas que son como promedio de 0,75 cm/día durante los meses de julio y agosto en Missouri (EE.UU.)^{11/}. En Kansas, las necesidades de agua estimadas son de 50 a 60 cm, con una utilización máxima de 0,75 cm/día. Grisson calculó la utilización de agua para un crecimiento óptimo, en Mississippi, en 16,2/17,6/16,0, en los meses de junio, julio y agosto, respectivamente.

38. Esos datos indican que la cantidad de agua utilizada por la soja es muy similar a la utilizada por otras plantas cultivadas al mismo tiempo. Una causa corriente de menores rendimientos por la falta de humedad es la reducción del peso de las semillas. Witt comunicó en 1954 que, en parcelas no regadas, el peso de las semillas y el rendimiento disminuían en un tercio en comparación con la soja regada.

39. El algodón (*Gossypium Spp.*) ofrece un ejemplo excelente de cultivo en que la investigación ha logrado una producción óptima introduciendo prácticas de riego adaptadas. En las zonas en que se cultiva algodón con la pluviosidad natural, el riego puede ser beneficioso si se realiza cuando se

precisa; en condiciones áridas y semiáridas, el riego es esencial para el cultivo del algodón. Como el desarrollo temprano de las raíces es en el algodón muy grande, el suelo debe humedecerse antes de plantarlo mediante un riego previo. Nagle, en 1954, en Queensland (Australia), mostró las ventajas del riego anterior a la plantación. Ese riego es importante para lograr un equilibrio salino favorable, porque la tasa de infiltración es máxima durante tal riego^{12/}. El riego anterior a la plantación consolida el suelo perturbado por el laboreo profundo y la preparación, mejorando así las condiciones para plantar.

40. La cantidad de agua es pequeña durante la excrecencia y las primeras fases del crecimiento de la planta. El agua utilizada durante este período es de unos 10 cm, o sea, aproximadamente, el 10% del consumo total. Los déficit de agua en el suelo producidos durante la etapa anterior a la floración pueden producir disminuciones del rendimiento comprendidas entre el 22 y el 39%^{13/}.

41. La mitad o más de la utilización total de agua corresponde a la etapa de floración, que es aquella en que se producen el desarrollo y crecimiento más rápidos de la planta. La frecuencia del riego viene determinada por la capacidad de retención de agua, la profundidad de las raíces, el grado de cubierta sombreada y la demanda de evaporación del medio ambiente. El desarrollo de las fibras y las semillas se produce en el período posterior a la floración, cuando la planta se acerca a su madurez.

42. La capacidad de retención de agua de las raíces del suelo y la profundidad de penetración del agua determinan generalmente la cantidad de cada riego y los intervalos entre dos riegos, y también el momento del riego final. Un riego temprano resulta perjudicial para el rendimiento y la calidad, porque es posible que algunas cápsulas no maduren debidamente; un riego tardío en el período posterior a la floración podría producir un retraso en la apertura de las cápsulas y una mayor susceptibilidad a los daños producidos por la helada y el encamamiento.

43. Las hortalizas son plantas de gran valor y se cultivan en todas las zonas habitadas. Un suministro de agua adecuado es uno de los principales requisitos para cultivarlas con éxito. La producción de hortalizas exige un gran desembolso de capital y, si no se dispone de agua en el momento oportuno, esa inversión no resulta segura. Otra ventaja del riego es que las buenas hortalizas son tiernas, crujientes, succulentas, carecen de fibras excesivas y tienen un gusto suave. Sin un suministro amplio y uniforme de agua y de nutrientes vegetales a la zona radical, eso no se lograría nunca.

44. Las plantas perennes, como los espárragos, alcachofas y ruibarbo tienen amplios sistemas de raíces y necesitan un suelo abierto y bien drenado para su crecimiento óptimo. Las raíces ocupan un volumen tan grande del suelo que las necesidades de riego son menores que en el caso de las hortalizas anuales. Las hierbas o verduras (*Spinacia oleracea*, *Brassica ol.*), y la mostaza (*B. Juncia*) tienen raíces poco profundas. Esas plantas se cultivan normalmente durante la parte más fría de la estación, en la que las tasas de ET son bajas. Las plantas para ensalada, aparte de la lechuga (*Lactuca sativa*), apio, endivia y perejil, son cultivos de estación larga con sistemas de raíces limitados. El riego es necesario para obtener rendimientos máximos. Las plantas de sistemas de raíces poco profundas (apio, lechuga) son más susceptibles a los daños de la sequía que las de raíces profundas (espárragos, tomates). El riego mejora la calidad de las plantas con hojas, que deben ser crujientes y tiernas en el momento de la cosecha.

45. Las crucíferas como el nabo, la coliflor, las coles de Bruselas y el brócoli (*Bramica oleracea* spp.) crecen mejor en un clima frío y húmedo y un suelo bien drenado. Las raíces son poco profundas o de profundidad moderada. Para obtener rendimientos máximos, el riego es esencial, porque se requiere un alto nivel de agua en el suelo.

46. Las legumbres como las alubias y judiones (*Phaseolus vulg.*, ph. *limensis*, ph. *lunatus*) o los guisantes (*Pisum sativum*) son hortalizas de rápido crecimiento con sistemas de raíces relativamente limitados. Las judías sin hilo respondieron al riego en 18 de 30 ensayos diferentes realizados en el nordeste de los EE.UU. El incremento máximo del rendimiento estuvo entre el 36 y el 64%, según las diferentes zonas.

47. Los tomates (*Lycopersicon esculentum*) son plantas de raíces profundas y estación larga, con grandes necesidades de agua. En diferentes ensayos realizados en el nordeste de los EE.UU. durante 1956-1960 se obtuvieron aumentos del rendimiento de 7,8 t/acre o del 67%^{6/}.

48. El pepino (*Cucumis sativus*), el melón y la sandía son plantas de estación larga y sistemas de raíces medianas o profundas que requieren grandes cantidades de agua; el riego no sólo aumenta el rendimiento sino también la calidad.

Resumen

49. La necesidad de riego se ve influida por muchos factores que interactúan de forma compleja. La cantidad de agua que las hortalizas necesitan y la frecuencia del riego varían considerablemente en función del clima local, las condiciones del suelo, etc. Por consiguiente, resulta imposible hacer recomendaciones concretas. Deben utilizarse como directrices para las necesidades de riego dos características:

- La profundidad del perfil del suelo y la cantidad de agua que éste puede almacenar;
- La profundidad a que pueden penetrar las raíces.

50. Las plantas de raíces profundas que crecen en suelos profundos pueden necesitar poco riego o ninguno. Las plantas de raíces poco profundas en ese mismo suelo se beneficiarán por lo común grandemente de varios riegos. Los suelos poco profundos requieren riegos frecuentes, tanto en el caso de las plantas de raíces profundas como en el de las de raíces poco profundas.

II. BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIVERSOS SISTEMAS DE RIEGO POR ROCIADO Y POR GOTEO

Observaciones generales

51. No existen normas internacionales uniformes aceptadas para la disposición técnica de los diversos sistemas y procesos de riego moderno. En el presente informe, se entiende por "riego por lluvia" o "sistema de riego moderno" todo el equipo y la maquinaria necesarios y pertinentes para el funcionamiento del riego de campo. Ello incluye todos los componentes así como el suministro y la distribución del agua. La Figura 1 presenta los sistemas modernos de riego más importantes y su designación. En este informe, el riego moderno o riego por lluvia se ha clasificado en dos tipos distintos, a saber:

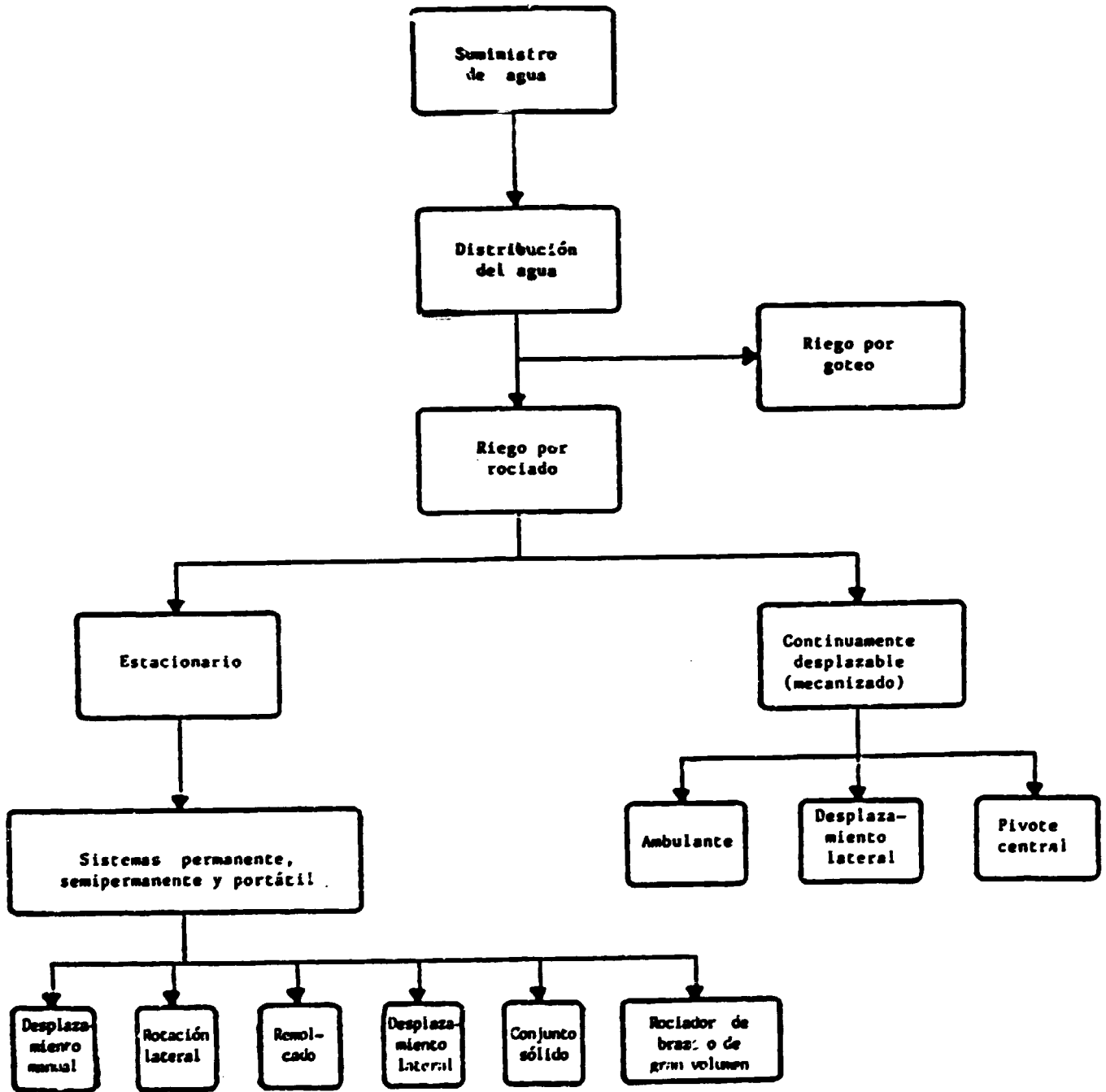
- A. Riego por rociado
- B. Riego por goteo.

Cada uno de esos dos tipos de riego se trata por separado en las secciones que siguen.

A. Riego por rociado

52. Un sistema de rociado es una red de tuberías o conducciones a las que van unidos rociadores o bocas para pulverizar agua, líquidos o ambas cosas en la superficie del suelo. Está formado por muchos componentes diferentes. Comenzando por el rociado del agua de la boca y siguiendo el sistema hasta la fuente del agua, se encuentran rociadores, reguladores de la presión del flujo, tubos verticales, acopladores, tuberías y adaptadores. Esos componentes forman la parte del sistema de rociado que se llama derivación lateral de rociado. La derivación lateral de rociado está conectada a una válvula en T o acodada y a la conducción principal, conectada a su vez a la fuente de suministro de agua. Las derivaciones laterales de rociado son la parte del sistema de conducciones que lleva el agua a los rociadores, bocas de aspersión o perforaciones desde las conducciones principales de suministro o distribución.

Figura 1. Sistemas de riego modernos



53. Los sistemas de rociado se clasifican en dos grupos generales. Un grupo administra agua únicamente mientras la derivación lateral de rociado permanece estacionaria. El otro administra agua mientras la derivación lateral se desplaza continuamente.

A.1. Sistemas de rociado de derivación lateral estacionaria

Características de instalación de los sistemas de rociado

54. Según la forma en que se instala (y funciona) el sistema, los sistemas de rociado de derivación lateral estacionaria pueden clasificarse en permanentes, semipermanentes y portátiles.

55. Los sistemas permanentes son los formados por sistemas de conducciones situados de forma permanente, normalmente enterrados. En los viveros se utilizan algunos sistemas de conducciones elevadas. Los tubos verticales y los rociadores se encuentran situados de forma permanente. La falta de mano de obra calificada en materia de riego ha aumentado el número de sistemas permanentes actualmente utilizados.

56. Los elevados gastos iniciales de instalación deben compensarse a lo largo de la vida del sistema mediante ahorros de mano de obra y el aumento de la calidad y la cantidad de los productos agrícolas obtenidos. Los sistemas permanentes han llevado el concepto de la utilización múltiple a la esfera del riego, permitiendo utilizar el equipo de riego para administrar fertilizantes, controlar el medio ambiente y luchar contra las malas hierbas y los insectos, además de para sus funciones originales de administrar el agua de riego. Todos esos usos adicionales disminuyen los gastos de producción y ayudan a amortizar la inversión original en el sistema.

57. Los sistemas semiportátiles se componen tanto de conducciones permanentemente situadas como de conducciones portátiles, que integran juntas un sistema de campo o de explotación agrícola. La mayoría de los sistemas semiportátiles tienen una tubería principal permanente y, a veces, tuberías secundarias, con derivaciones laterales de rociado portátiles. Desde el punto

de vista jurídico, la definición de sistemas semiportátiles, permanentes y portátiles puede ser importante para determinar si el sistema forma parte de la tierra o es separable de ella. Las tuberías principales, aunque estén destinadas a un emplazamiento, se clasificarán como portátiles si están empernadas y reposan sobre la superficie del suelo.

58. Los sistemas de rociado portátiles son los compuestos totalmente por conducciones portátiles desde la planta de bombeo o fuente de presión del agua hasta el último rociador. Para ser portátiles, es necesario que las conexiones de las conducciones sean de "acoplamiento rápido", siempre que puedan conectarse o desconectarse manualmente y volver a montarse en otros emplazamientos. Hay que observar que la definición de sistema de rociado portátil incluye únicamente el sistema de conducciones, y que la fuente de presión del agua puede ser portátil o permanente. En algunos casos, en que se utiliza la gravedad o una conducción vecinal, puede no formar parte del sistema ninguna planta de bombeo.

Características de las conducciones y tuberías de los sistemas de rociado

59. Los sistemas de rociado pueden clasificarse también según la distribución de conducciones y tuberías, la disposición y los materiales utilizados, del siguiente modo:

- Sistemas de conducciones rígidas (tuberías de acero, aluminio o CPV)
- Sistemas de conducciones rígidas + conducciones flexibles
- Sistemas de conducciones flexibles.

Características de funcionamiento de los sistemas de rociado

60. Según los diferentes modos de funcionamiento, el sistema de rociado de derivación lateral estacionaria puede clasificarse en:

- De desplazamiento
- De rotación lateral
- Remolcado
- De desplazamiento lateral
- De rociadores de brazo o de gran volumen
- De conjunto sólido.

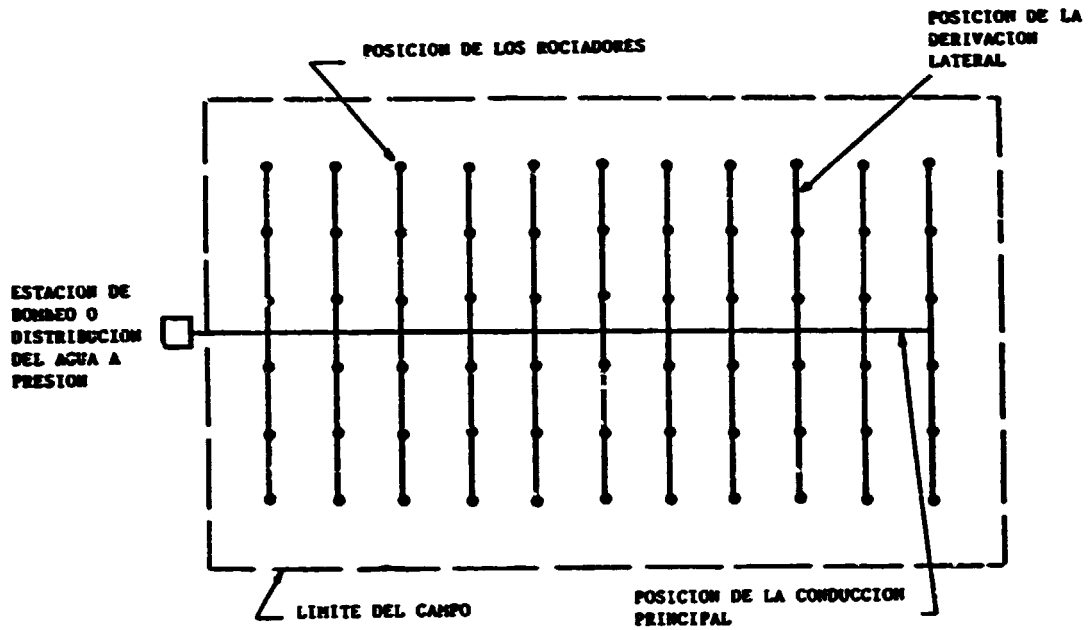
61. Las derivaciones laterales de desplazamiento manual se mueven totalmente, desacoplando, levantando y trasladando la parte de la conducción de derivación lateral con las manos y sin necesidad de herramientas. El tipo portátil de derivación lateral de acoplamiento rápido empleado en los rociadores de tipo cabezal es hoy el corrientemente utilizado. En la Figura 2 se muestra la disposición general de la red de conducciones.

62. En esos sistemas, una parte mayor o menor del sistema puede permanecer fija, pero cuanto más se utilice el mismo equipo para diferentes posiciones, tanto más trabajo se requerirá para desplazarlo.

A continuación se describen las principales técnicas de funcionamiento:

- i) Todo el equipo se utiliza en varias posiciones durante la estación de riego, y las derivaciones laterales de rociado se utilizan en más posiciones que las conducciones de transporte de agua (véase la Figura 3);
- ii) Durante la estación de riego, las derivaciones laterales de rociado y los distintos rociadores se utilizan en diversas posiciones, con conducciones de transporte de agua fijas (véase la Figura 4);
- iii) Se utilizan rociadores en varias posiciones, mientras que el resto del equipo permanece fijo durante toda la estación (véase la Figura 5);
- iv) Todo el equipo permanece en su sitio durante toda la estación de riego, y sólo las válvulas se manipulan para abrir o cerrar el riego en las derivaciones laterales de rociado (véase la Figura 6). Este sistema se llama de conjunto sólido y se usa mucho en la actualidad;
- v) En el caso concreto de que los rociadores estén unidos a conducciones flexibles y todas las conducciones restantes permanezcan estacionarias, los rociadores son movidos por un hombre que arrastra las conducciones flexibles (véase la Figura 7).

Figura 2. Disposición sobre el terreno del equipo de rociado no mecanizado



A fin de hacer una administración completa de agua al terreno, se traslada una parte mayor o menor del equipo y se vuelve a utilizar en diferentes posiciones.

Figura 3. Disposición de una red de conducciones totalmente móvil

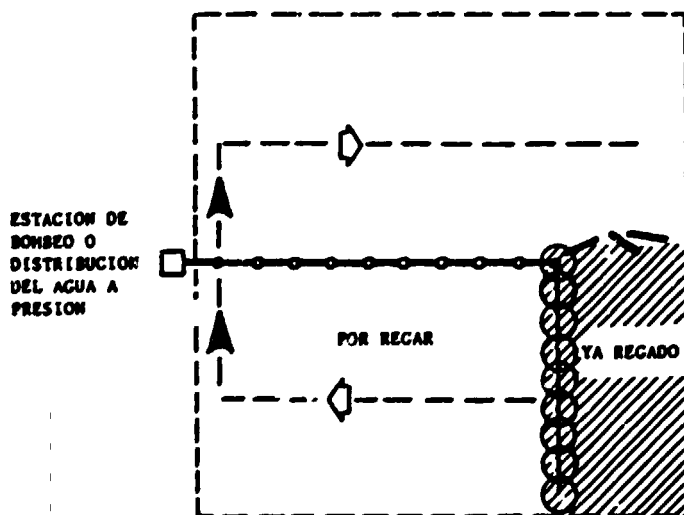


Figura 4. Disposición de una red de conducciones con derivaciones laterales de rociado móviles

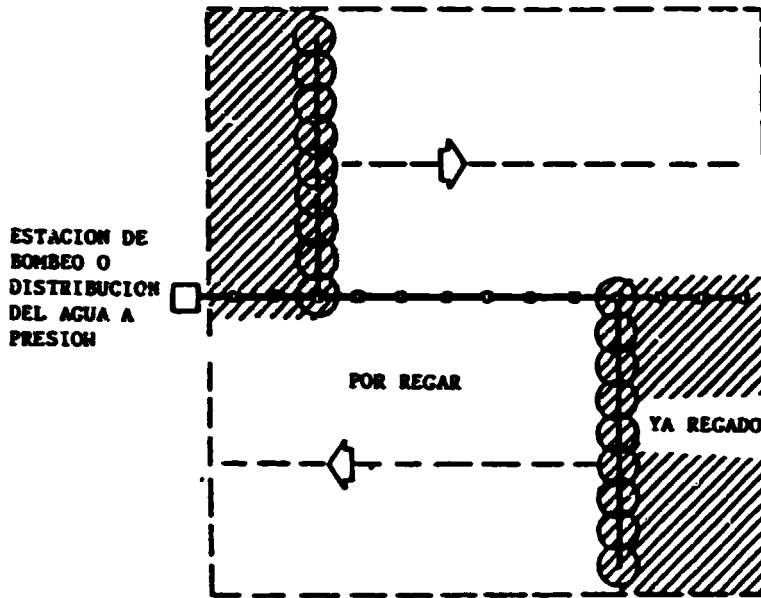


Figura 5. Disposición de una red de conducciones con rociadores (cobertura total)

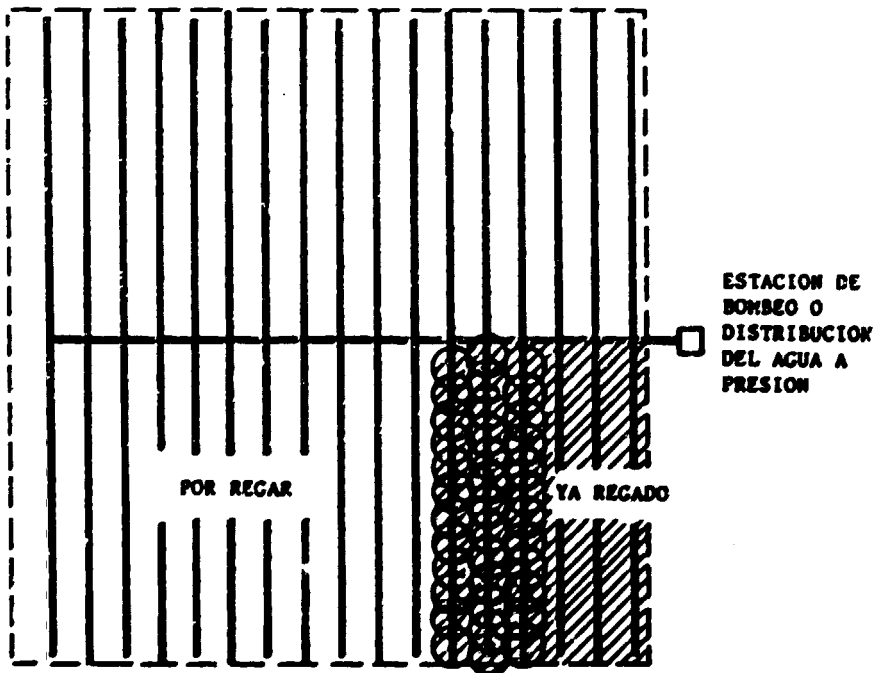


Figura 6. Disposición de una red de conducciones totalmente fija (conjunto sólido)

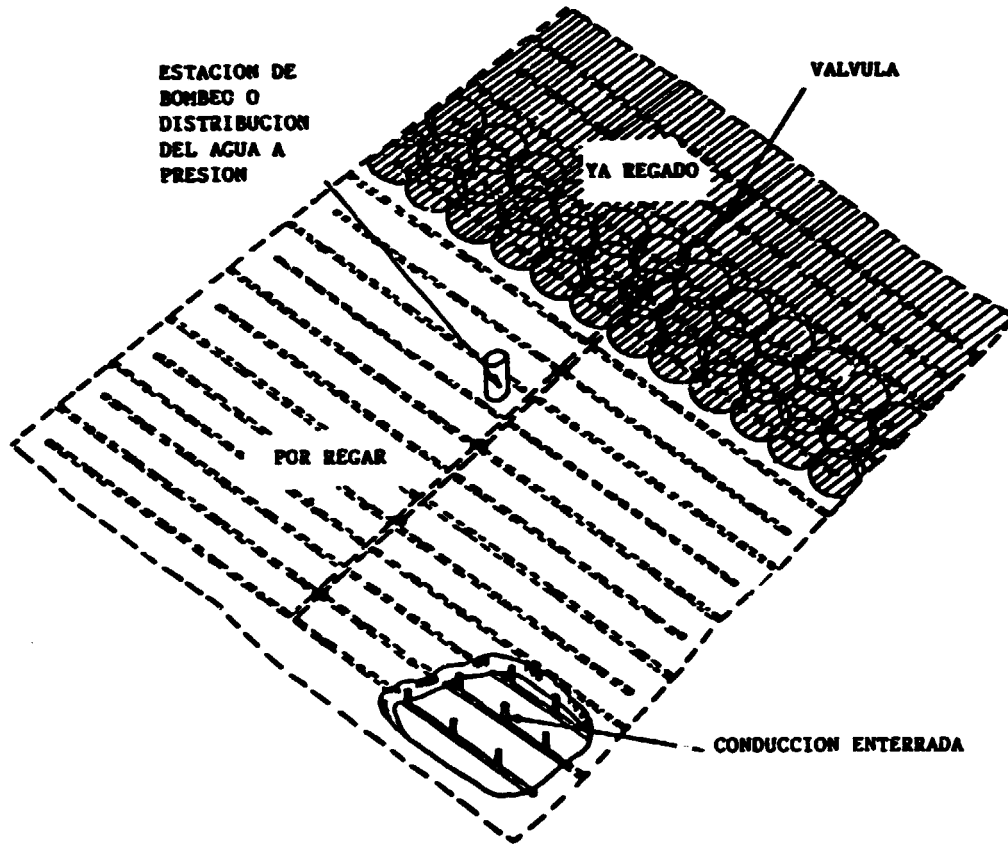
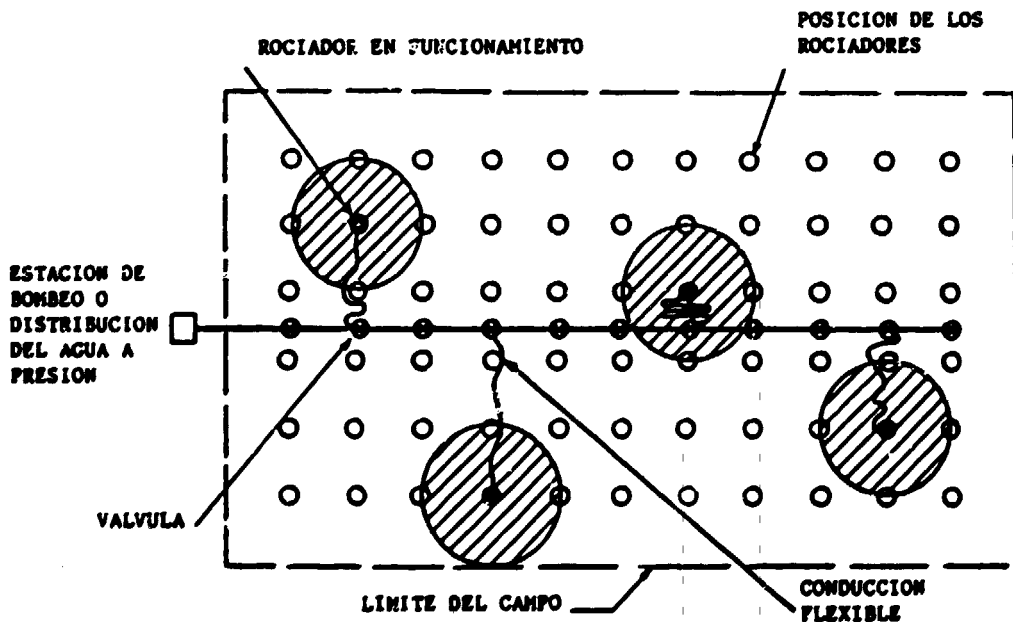


Figura 7. Disposición de una red de conducciones con rociadores unidos a conducciones flexibles



63. El desplazamiento por rotación lateral fue uno de los primeros utilizados por las derivaciones laterales de rociado mecanizadas que aparecieron en el mercado. En esas derivaciones, la conducción se utilizaba como eje, y las ruedas estaban situadas en cada acoplador o fijadas a la conducción, apartadas de los acopladores. Cuando las ruedas estaban situadas en los acopladores, el cubo de la rueda y el acoplador se combinaban y diseñaban para lograr un rápido acoplamiento. El tamaño de ruedas disponible varía entre 46 y 84 pulgadas (1,2 a 2,1 metros) de diámetro. Las ruedas mayores resultan necesarias para poder pasar sobre algunas de las plantas de mayor altura.

64. Los sistemas de derivación lateral remolcados pueden ser de arrastre o de ruedas de tracción.

65. Arrastre. El principio del funcionamiento consiste en arrastrar toda la tubería de un emplazamiento a otro, a través de la tubería principal, pasando a la nueva posición lateral cuando la tubería avanza, de la misma forma que pasan los trenes de una vía a otra.

66. Los sistemas de ruedas de tracción funcionan de la misma forma que los de arrastre, pero con carros de ruedas como soporte para levantar la conducción del suelo durante el desplazamiento. Los carros de ruedas difieren en su diseño y en la flexibilidad resultante.

67. Los carros de tubería remolcada o derivaciones de desplazamiento lateral se crearon a fin de reducir el trabajo necesario para los desplazamientos de las derivaciones. Las derivaciones laterales son movidas por un eje motorizado que se extiende a lo largo de ellas y mueve cada rueda del carro por medio de cintas o cadenas y engranajes. Algunas derivaciones laterales tienen una palanca de desconexión rápida que permite liberar cualquier rueda para poder realinear esa parte de la derivación mientras se desplaza. Las ruedas de los carros de algunos modelos pueden girarse 90 grados para permitir el remolque de un campo a otro después de haber desconectado las conducciones del remolcador de la conducción principal de la derivación y haberlas colocado en los soportes del carro.

68. Las derivaciones laterales de conjunto sólido o de brazo giratorio se componen de una combinación de torres y cables para mantenerlas en su sitio. El brazo gira por la reacción propulsora de las muchas bocas que hay en él. Los brazos son de distinta longitud, según la superficie que se desee cubrir en cada emplazamiento. Algunos brazos pueden bajarse para su transporte por debajo de las líneas eléctricas o telefónicas. El brazo se transporta en un remolque, que puede utilizarse también para llevar las conducciones.

69. Las derivaciones laterales de rociado de brazo o de gran volumen llevan los rociadores montados en un carro o remolque con ruedas y se desplazan de un emplazamiento a otro a mano o mediante un tractor. Los grandes rociadores se utilizan a veces para eliminar aguas residuales agrícolas. El espaciamiento de los rociadores en una derivación depende del tipo de rociador, el tamaño de la boca del rociador y la presión de funcionamiento.

70. De los sistemas descritos supra, los de riego de desplazamiento manual y los de conjunto sólido son la última palabra y se utilizan corrientemente. En el caso de los sistemas mecanizados, las derivaciones laterales de desplazamiento continuo son hoy lo más moderno y se examinarán en los párrafos siguientes.

A.2 Derivaciones laterales de desplazamiento continuo

71. Las derivaciones laterales de desplazamiento continuo son un tipo especial de derivación lateral de rociado mecanizada que permanece conectada a la conducción principal y se desplaza continuamente mientras administra el agua. Ello contrasta con las derivaciones laterales de rociado mecanizadas anteriormente descritas, que tienen que ser desconectadas de la conducción principal cada vez que se desplazan. La fabricación de derivaciones móviles se vio favorecida por la creación de la manguera de alta presión y peso ligero. Los tipos de derivaciones laterales de desplazamiento continuo son los siguientes:

- De pivote central
- De desplazamiento lineal recto, y
- Ambulantes.

72. La mecanización de las operaciones agrícolas a medida que aumentan los costos de la mano de obra, unida a la escasez de mano de obra para trasladar las derivaciones laterales y rociadores portátiles, se ha traducido en una utilización más intensa y perfeccionada de los sistemas de rociado de desplazamiento continuo. Esos sistemas se caracterizan por derivaciones laterales y rociadores que permanecen conectados a la conducción principal, pero se desplazan continuamente mientras administran el agua.

73. El sistema de pivote central fue patentado por primera vez en 1952. La utilización de sistemas de pivote central ha aumentado rápidamente en los últimos años, principalmente por sus escasas necesidades de mano de obra. Una vez que los parámetros de riego se introducen en sus sistemas de control automáticos, los sistemas de pivote central pueden funcionar durante largos períodos con una atención mínima.

74. Este tipo de sistemas se compone de una sola derivación lateral de rociado con un extremo asegurado a una estructura de pivote fija y el otro que se desplaza en círculo alrededor del pivote. La derivación es soportada por torres y cables o armazones que se desplazan sobre unidades de soporte sobre ruedas, carriles o patines situadas a intervalos de 80 a 250 pies (24,4 a 76,2 metros) a lo largo de la derivación. La longitud de las derivaciones laterales varía entre 200 y 2.600 pies (61 a 792,5 metros).

75. La derivación lateral se mantiene en línea recta a medida que se desplaza alrededor de la punta del pivote mediante un sistema de alineación que acelera o reduce la velocidad de las unidades de soporte o pone en marcha o detiene esas unidades según requiera el mantenimiento de la alineación. En el caso de que los sistemas de alineación y las unidades de soporte se separen demasiado de la alineación, un dispositivo de seguridad interrumpe automáticamente todo el sistema de rociado antes de que la derivación lateral pueda resultar dañada. En cada estructura de soporte de la derivación va montado un mecanismo para impulsar ésta.

76. Los cinco tipos de grupos motores para impulsar un sistema de rociado de pivote central son:

- a) Accionamiento hidráulico por agua
 - de pistón
 - giratorio
- b) Accionamiento hidráulico por aceite
 - de pistón
 - giratorio
- c) Accionamiento por motor eléctrico
- d) Accionamiento por aire comprimido
- e) Accionamiento mecánico o por cable.

77. Sistemas de derivación lateral recta o lineales de desplazamiento continuo. Estos sistemas son similares a las derivaciones laterales de pivote central porque la conducción va soportada por torres y cables o armazones entre torres montadas sobre ruedas. Hay tres métodos de suministrar agua a la derivación lateral: por bombeo desde una acequia (véase la Figura 9), mediante una larga manguera flexible de alta presión conectada a tubos verticales de una conducción principal (véase la Figura 10) y por un sistema que conecta y desconecta automáticamente las válvulas de los tubos verticales de una conducción subterránea de agua a presión.

78. Los sistemas de derivación lateral de rociado ambulantes son vehículos de carriles o ruedas motorizados que remolcan una manguera flexible de alta presión conectada a la conducción principal de suministro de agua. El vehículo es remolcado por un torno con cable motorizado, o propulsado por su propio motor a través del terreno con intervalos regulares, normalmente a distancias de 330 pies (100 metros), regando mientras se desplaza. El rociador es típicamente de gran volumen o de brazo, y funciona a una presión de 60 psi (552 kPa) o superior, suministrando de 300 a 1.000 gpm (1.136 a 3.785 litros por minuto) o más y cubriendo un diámetro húmedo de 200 a 600 pies (61 a 183 metros). La Figura 11 muestra un rociador de tracción de la manguera por carrete.

Figura 8. Riego de pivote central

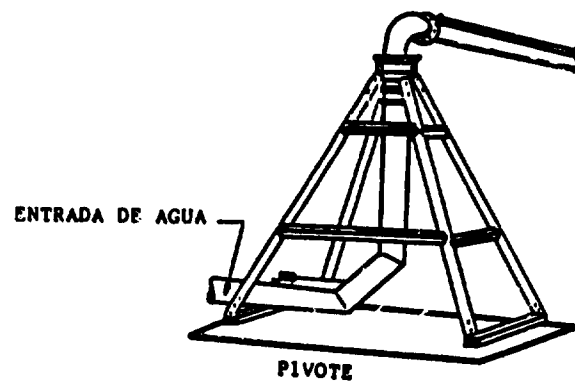
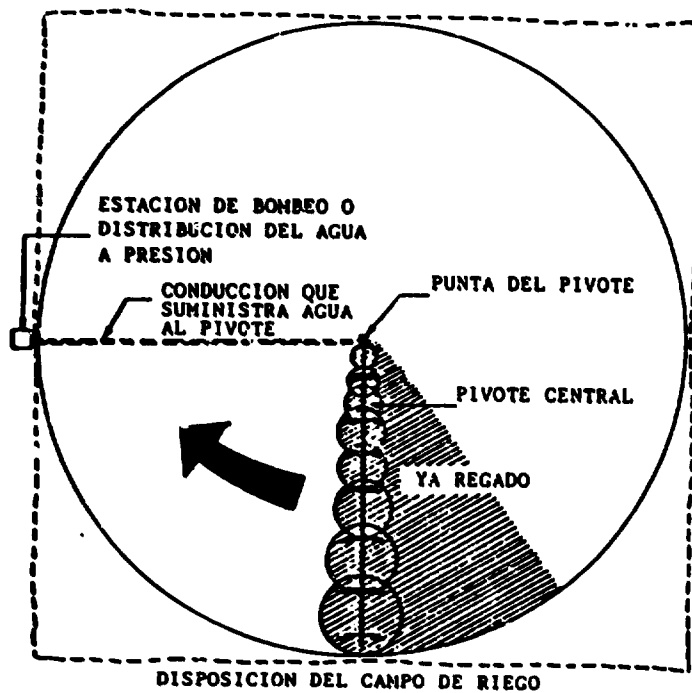
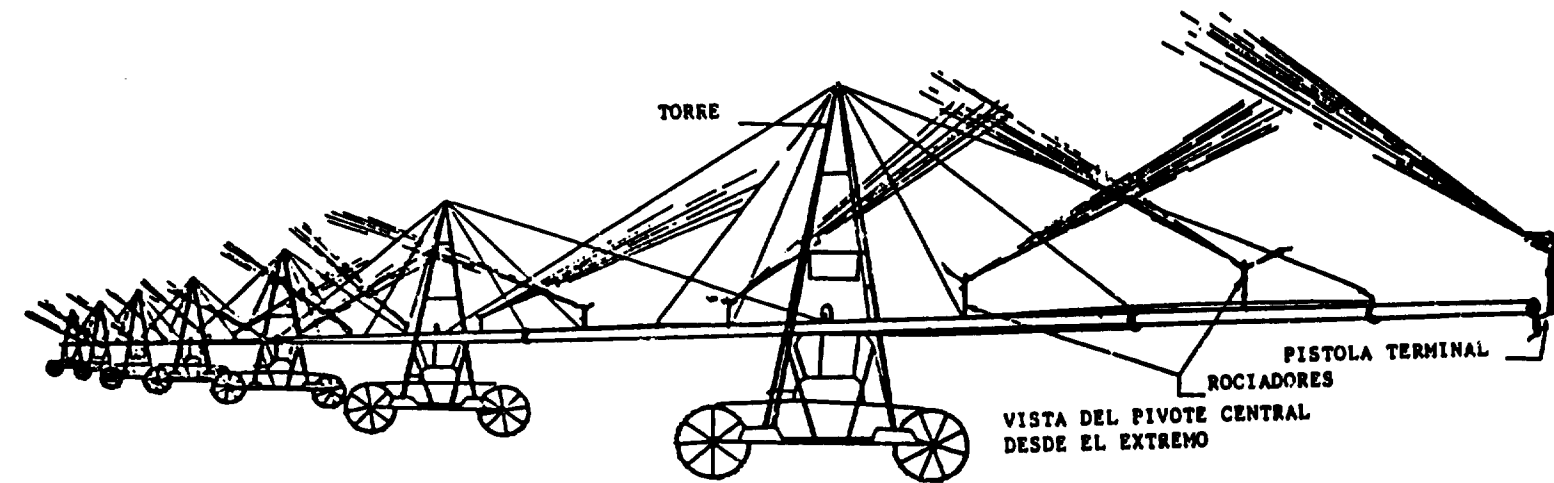
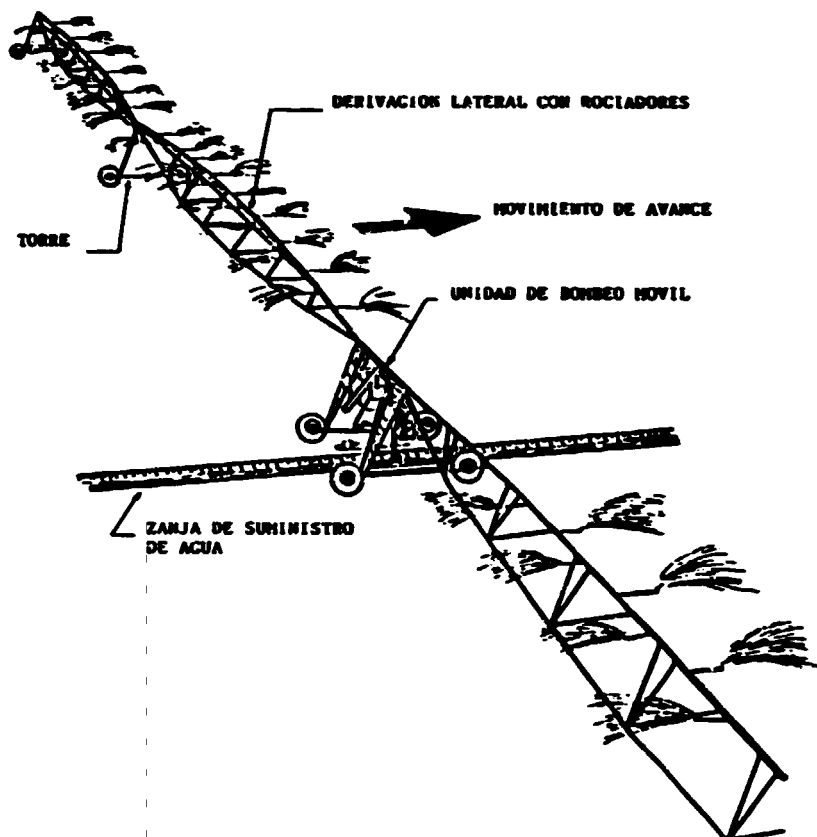


Figura 9. Sistema de derivación lateral que riega un campo rectangular o cuadrado mientras se desplaza (el agua se toma de una zanja)

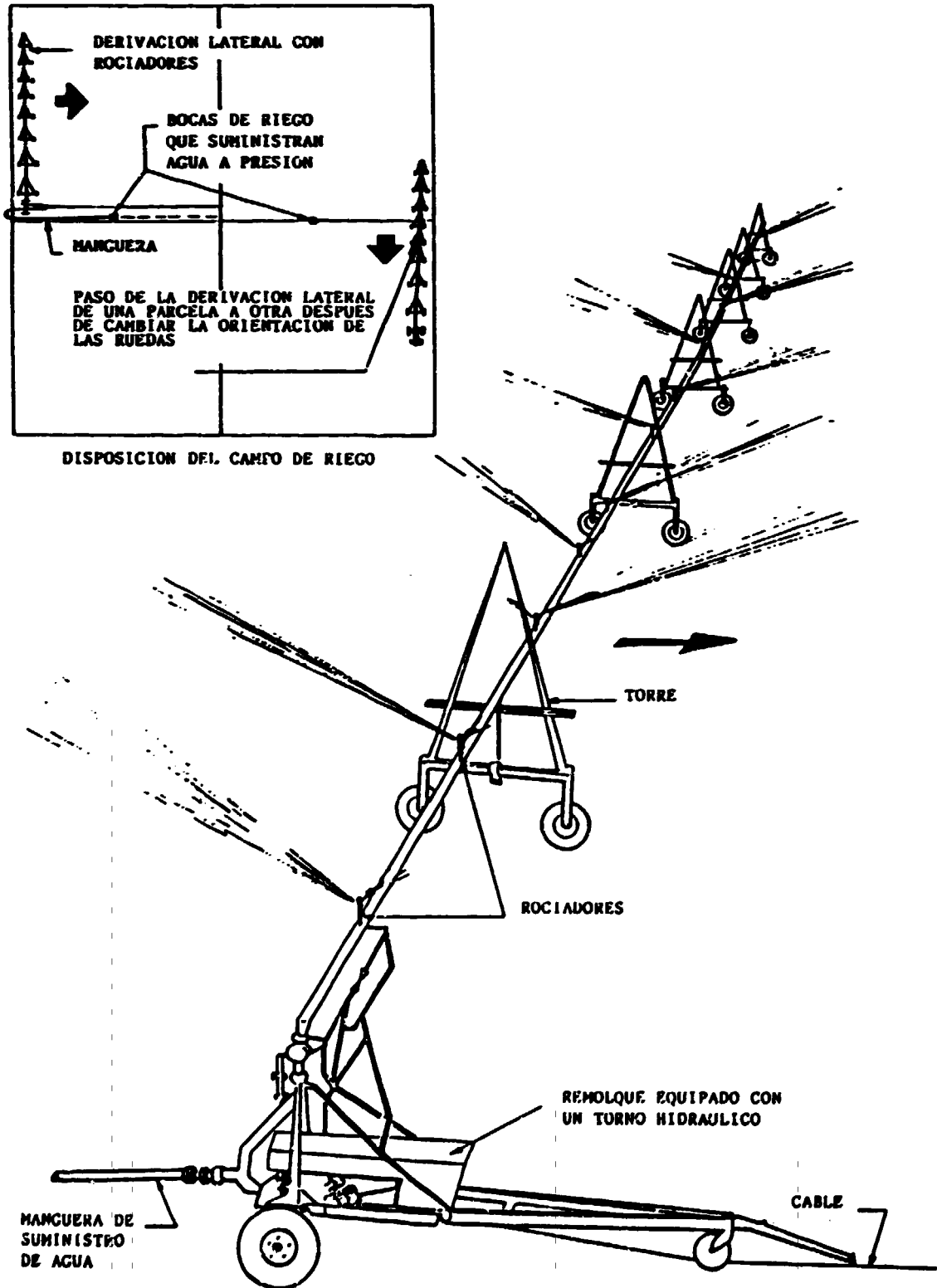


79. Las derivaciones laterales de rociado ambulantes pueden tener una manguera larga (hasta de 660 pies, 183 metros, o más), flexible y de alta presión para conectar el rociador del vehículo a la conducción de suministro de agua. La creación de la manguera de gran diámetro, alta presión, flexible y resistente al desgaste fue lo que dio impulso adicional a la creación de sistemas de rociado ambulantes. La manguera de alta presión es de diámetros de 2,5 a 5 pulgadas (63 a 127 milímetros). Normalmente se fabrica en unidades de 300 a 660 pies de longitud (101 a 201 metros).

Aplicaciones de los rociadores

80. Con independencia del riego de terrenos y huertos, el equipo de rociado tiene muchos otros usos, a saber:

Figura 10. Riego de la derivación lateral de rociado mientras avanza en ángulo recto con respecto a su propia dirección (el agua se lleva a la máquina por una manguera)



- **Modificación ambiental**
- **Fertigación (administración de fertilizantes al mismo tiempo que se riega)**
- **Quimigación (administración de productos químicos al mismo tiempo que se riega)**
- **Administración al terreno de aguas y fangos residuales**
- **Protección rural contra incendios**
- **Lucha contra el polvo**
- **Refrigeración de animales en parcelas de alimentación y ranchos**
- **Refrigeración de edificios**
- **Compactación del suelo para los emplazamientos de construcciones**
- **Fabricación de nieve artificial**
- **Achique de zonas inundadas**
- **Aeración del agua**
- **Curado de troncos**
- **Sistemas de lavado de desechos**
- **Riego de viveros e invernaderos.**

B. Riego por goteo o chorreo (véase la Figura 12)

81. El riego por goteo es la administración exacta y lenta de agua en gotas separadas, gotas continuas, chorritos o pulverizaciones finas mediante artefactos mecánicos llamados emisores (goteadores o administradores), situados en puntos determinados a lo largo de conducciones de suministro de agua. Los emisores disipan la presión para permitir tasas de descarga reducidas. Entre los tipos de métodos de riego por goteo se encuentran los sistemas superficiales, subsuperficiales, de burbuja, de pulverización, de desplazamiento mecánico y de pulsación.

82. En el riego por goteo, el objetivo es suministrar frecuentemente a cada planta humedad de suelo suficiente para hacer frente a las exigencias de la evapotranspiración. El riego por goteo presenta unas ventajas agronómicas, agrotécnicas y económicas únicas para la utilización eficiente del agua. Se puede administrar directamente sobre el suelo o dentro de él fertilizantes u otros aditivos químicos. Elimina el agua pulverizada o corriente de los surcos y permite que se disipe a baja presión. Entre las ventajas de los sistemas de riego por goteo se encuentran mayor eficiencia en la administración y distribución del agua, mayor control del agua, mejor respuesta de los cultivos, menor crecimiento de malas hierbas, eficiencia en la administración de fertilizantes, utilización potencial de agua salina y menores necesidades de

Figura 11. Sistema de rociado ambulante

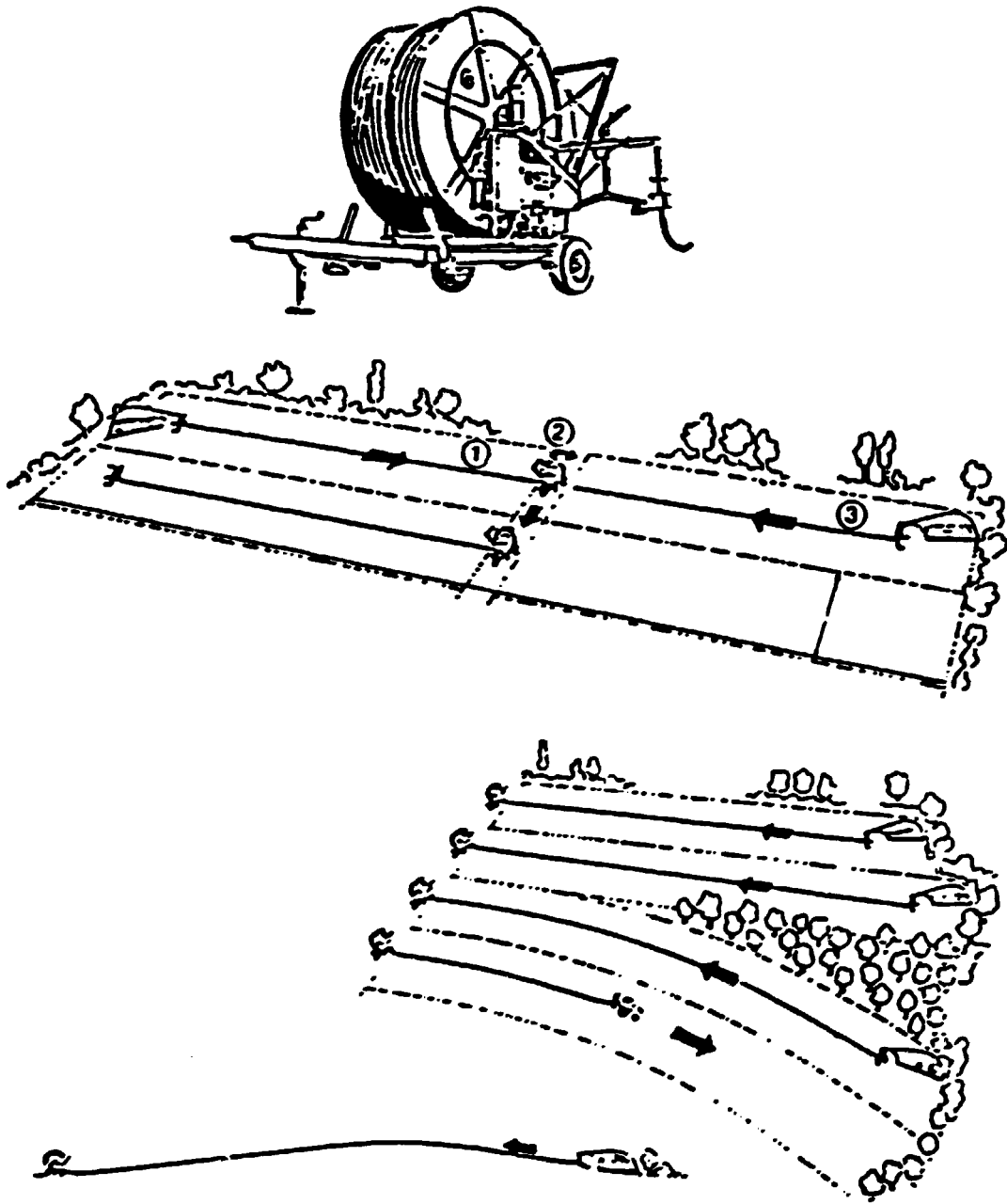
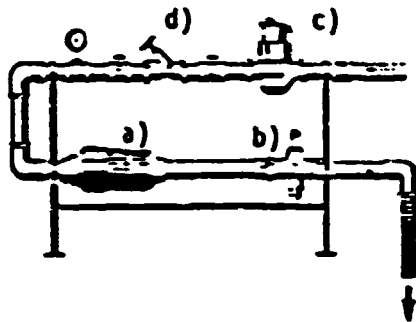
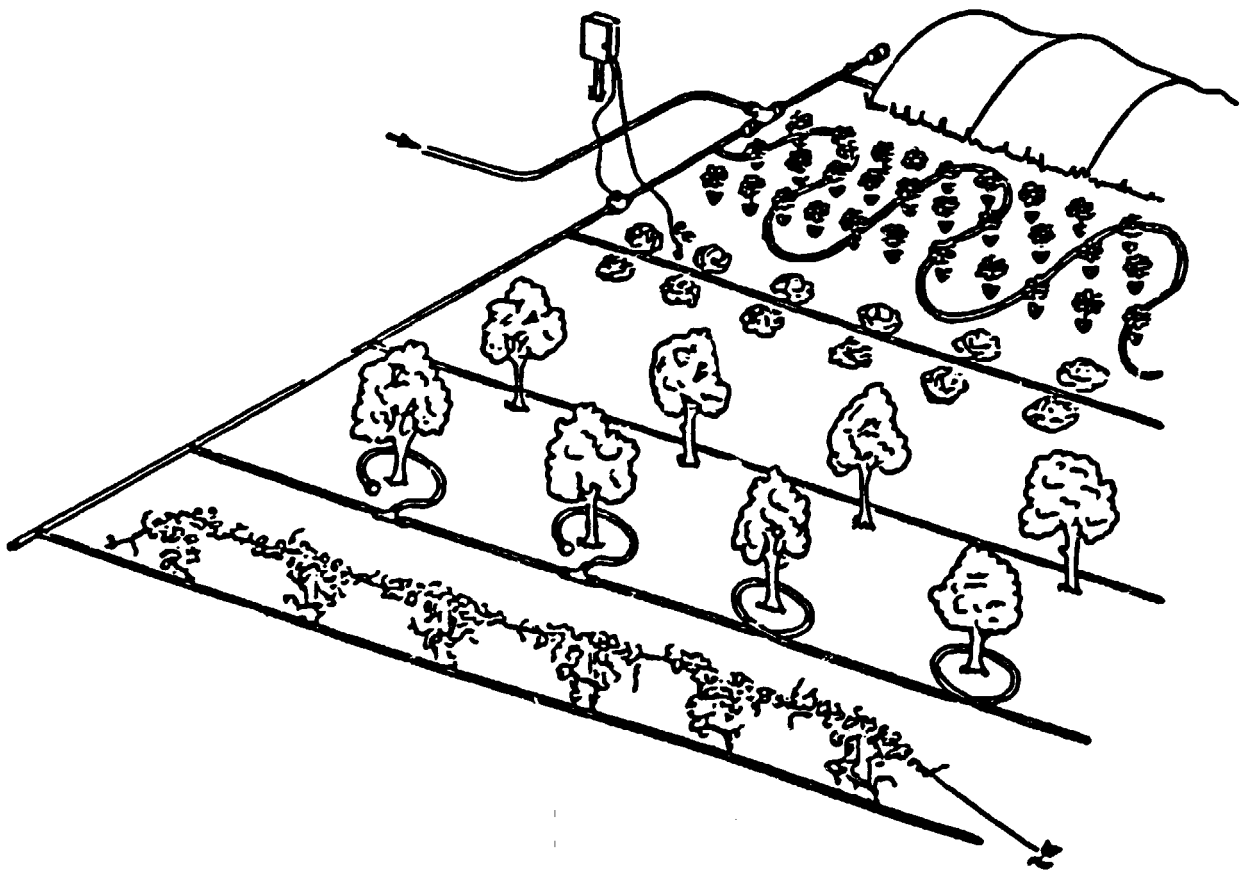


Figura 12. Riego por goteo



- a) Filtro
- b) Regulador de agua
- c) Medidor de agua
- d) Válvula de cierre



energía. Entre las posibles desventajas de los sistemas de riego por goteo están las obstrucciones, la formación de salinidad y una distribución restringida de la humedad en el suelo.

Tipos de sistemas de riego por goteo

83. Los principales tipos de sistemas de riego por goteo son los siguientes:

B.i. Sistemas estáticos

84. **Sistemas superficiales.** Los sistemas de riego por goteo con conducciones de derivación lateral colocadas sobre la superficie del suelo son los de uso más común. El goteo superficial se ha utilizado principalmente en las plantas muy espaciadas pero puede utilizarse también en los cultivos en hilera. Entre las ventajas del goteo superficial se encuentran la facilidad de instalación, inspección, cambio y limpieza de los emisores, además de la posibilidad de verificar las modalidades de humedecimiento de la superficie del suelo y de medir las tasas de descarga de los distintos emisores.

85. **Sistemas subsuperficiales.** Recientemente, los sistemas subsuperficiales de riego por goteo han encontrado una amplia aceptación. Se han reducido los problemas anteriores de obstrucciones y esos sistemas se utilizan ahora principalmente en los pequeños cultivos de frutas y hortalizas. Entre las ventajas del riego por goteo subsuperficial se encuentran el que no es preciso fijar las tuberías al comienzo de la estación de cultivo y quitarlas al final, una interferencia escasa con el cultivo u otras labores agrícolas y, posiblemente, una vida activa más larga.

86. El riego por goteo subsuperficial no es lo mismo que el riego subterráneo, que es el riego por medio o por conducto de una capa freática.

B.2. Sistemas de desplazamiento

87. Los sistemas por goteo de desplazamiento mecánico para cultivos en hilera son de dos tipos principales. Se han modificado las derivaciones laterales de rociado de pivote central o de desplazamiento lineal para utilizar derivaciones de riego por goteo remolcadas en lugar de rociadores o aspersores. Las presiones de funcionamiento son menores que las de la mayoría de los sistemas de rociado tradicionales y la uniformidad de la distribución del agua en el campo es normalmente satisfactoria. Las tasas de descarga del sistema ambulante de goteo superan a menudo a la tasa de infiltración del suelo, de forma que se requieren diques de contención de tierra o de metal en los surcos para impedir la erosión del suelo o la escorrentía. Entre las ventajas potenciales de los sistemas de goteo/rociado ambulantes se encuentran una posible disminución de los problemas de obstrucciones y una red de conducciones menos costosa, en comparación con los sistemas de riego por goteo fijos en el suelo.

Componentes del sistema de riego por goteo

88. El principal sistema de riego por goteo se compone de emisores, conducciones de derivación lateral, conducciones principales y la estación "central" o de control.

89. Emisores. Los emisores controlan el flujo de las derivaciones laterales al suelo. Varían entre una simple conducción perforada (emisores de fuente lineal) y mecanismos de salida individuales o múltiples insertados en conducciones de plástico (emisores de fuente puntual). Los emisores disminuyen la presión del agua que pasa de las derivaciones al suelo. Esto puede lograrse mediante agujeritos, largos pasos, cámaras verticales, discos, bolas de acero, ajuste manual u otros medios mecánicos de reducir las tasas de descarga del emisor.

90. Las conducciones de derivación lateral (hechas normalmente de plástico) tienen diámetros de 0,2 a 0,75 pulgadas (9 a 19 mm). Se sitúan normalmente en número de una o dos por hilera de árboles o plantas y pueden cubrir

grandes distancias porque los caudales son bajos; sin embargo, rara vez tienen más de 1.000 pies (300 metros).

91. Las conducciones principales llevan el agua desde la fuente a las conducciones de derivación lateral. Normalmente se fabrican de plástico y están enterradas. Su tamaño depende del caudal de agua que necesitan las derivaciones laterales.

92. La estación de control o "central" del sistema es el lugar donde se mide, filtre o tamiza el agua, y se trata y regula en lo que a su presión y momento de administración se refiere.

en las pendientes escarpadas. Deberán aplicarse medidas de conservación del suelo adecuadas.

Efecto de la tasa de absorción de agua

95. Algunos sistemas se adaptan mejor que otros a condiciones del suelo extremas. Por ejemplo, si el suelo absorbe el agua muy lentamente, se debe elegir un sistema que administre el agua con lentitud. En el Cuadro 1 se da la gama de tasas de administración de agua que cabe esperar de los distintos sistemas de rociado.

96. La tasa de absorción de agua del suelo y la pendiente del campo se relacionan estrechamente en la planificación de un sistema de riego. Si el suelo absorbe el agua lentamente y la pendiente es bastante escarpada, debe elegirse un sistema que administre el agua a una tasa que sea suficientemente lenta para impedir la escorrentía.

97. Los sistemas de un solo rociador que utilizan grandes pistolas suelen producir grandes gotas que caen desde una altura considerable. Así ocurre especialmente si el sistema funciona con presiones de agua demasiado bajas. Por consiguiente, el sistema de un solo rociador puede no resultar satisfactorio en los suelos que absorban el agua lentamente si la pendiente es bastante escarpada.

Efecto de la forma de la zona que debe regarse

98. Casi todos los sistemas son adaptables a los campos de forma cuadrada o rectangular, por la longitud uniforme de sus derivaciones laterales. De hecho, los sistemas autopropulsados de rotación lateral y los de desplazamiento lateral se crearon para ser utilizados en campos de forma cuadrada o rectangular.

99. Si el campo es de forma irregular, no habrá dificultad para utilizar el sistema de rociador único y desplazamiento manual o por tractor, el de brazo giratorio desplazado por tractor o el de tipo permanente. Estos sistemas

pueden diseñarse de forma que se adapten a casi cualquier forma de campo. Sin embargo, será difícil adaptar los sistemas de desplazamiento por tractor para su utilización en campos de forma irregular sin una pérdida de eficiencia. Los sistemas de derivaciones laterales de manguera flexible trabajan mejor cuando funcionan desde una conducción principal situada en el centro de un campo de anchura uniforme.

100. Los sistemas de pivote central riegan sólo zonas circulares de un campo. Habrá una pérdida del 20 al 25% aproximadamente en los ángulos de un campo de forma cuadrada, a menos que se adopten medidas especiales para regar esos ángulos. Si el campo es rectangular o de forma irregular, habrá una superficie aún mayor no regada de este tipo de sistema.

Efecto de las condiciones de la superficie del campo

101. Un terreno accidentado, con pendientes irregulares, corrientes de agua y zanjias plantean problemas con la mayoría de los sistemas. Los sistemas de desplazamiento manual y permanentes pueden ser diseñados para que se adapten a esas condiciones sin demasiada dificultad, pero en el caso de los sistemas desplazados por tractor el campo debe ser suficientemente liso para que el tractor pueda funcionar sin riesgo. Hace falta una preparación especial del suelo antes de instalar un sistema autopropulsado. Tanto el sistema de rociador único autopropulsado como el de rociador de brazo, también autopropulsado, necesitan una franja de tierra sin cultivar para sus rociadores ambulantes. Lo mejor es dejar una franja de 8 a 12 pies de anchura para cada posición de la derivación lateral.

102. Un sistema de pivote central o de desplazamiento lateral autopropulsado debe tener un sendero razonablemente liso para sus ruedas, carriles o patines. Si los campos son ondulados, se puede poner en las derivaciones laterales conexiones flexibles que se muevan al desplazarse sobre zonas altas y bajas. Los campos con terrazas pueden regarse con esos sistemas, pero habrá que reparar los bordes de las terrazas donde sean atravesados por las ruedas de los sistemas de rociado.

Efecto de los cultivos

103. Las plantas que pueden cultivarse son limitadas si se elige un sistema de rociadores múltiples de desplazamiento manual o un sistema permanente. Esos sistemas pueden diseñarse para cultivos en hilera, céspedes, viñedos y huertos. Los sistemas de rociador único de tipo pistola se pueden utilizar sin riesgo en la mayoría de los cultivos, siempre que se mantenga una presión de agua suficiente para que el tamaño de las gotas sea pequeño. De otro modo se puede producir algún daño en los cultivos delicados. Algunas plantas pequeñas, como los tomates jóvenes, pueden ser arrancadas o enterradas por las grandes gotas de agua. Con los pastos o céspedes se puede utilizar casi cualquier tipo de sistema.

104. Los sistemas de rociadores múltiples desplazados por tractor se adaptan mejor a los pastos y céspedes que a otros cultivos. Esto se debe a que la derivación lateral se desplaza en zigzag a través del campo, lo que dañará a los frutos del campo a menos que se deje sin plantar una zona. En el caso de viñedos o huertos, deben hacerse senderos y guías especiales para poder arrastrar la conducción. Si las plantas tienen más de cuatro pies de altura, no se puede utilizar un sistema de rotación lateral, porque la derivación se encuentra demasiado cerca del suelo.

105. Los sistemas de brazo giratorio y de pivote central pueden adaptarse a casi cualquier cultivo que no tenga más de 8 a 10 pies de altura. Los sistemas de pivote central pueden utilizarse en los huertos y viñedos, siempre que los árboles sean bajos y que se hagan senderos especiales para las ruedas.

106. Se producirá una condensación considerable cerca del centro del sistema de pivote central a causa de la alta presión del agua y del menor tamaño de las bocas en ese punto. Esa condensación y el largo tiempo de humedecimiento pueden dañar a algunos cultivos de la zona central que sean sensibles a unas condiciones de humedad en que se desarrollen hongos. El Cuadro 1 da la altura máxima de las plantas que pueden cultivarse utilizando los diferentes tipos de sistemas de rociado.

Otros factores que afectan a la elección de sistemas de rociado

107. Hay otros factores que afectan a la elección de un sistema de rociado. Tres de ellos son la cantidad de mano de obra necesaria, la superficie que se prevé regar y la circunstancia de si los sistemas de rociado se utilizarán o no para otros fines.

108. El Cuadro 1 muestra la cantidad aproximada de mano de obra que se requiere por acre de riego, utilizando los diferentes sistemas. Los sistemas de desplazamiento manual requieren tanta mano de obra que casi no pueden utilizarse más que en superficies muy pequeñas de cultivo de gran valor. La tendencia actual es utilizar sistemas que requieran la menor cantidad posible de mano de obra calificada, como los autopropulsados y permanentes. Una razón de esa tendencia es que en muchas zonas no se dispone de la mano de obra calificada necesaria para desplazar el sistema. La otra razón es que el costo de esa mano de obra calificada puede ser demasiado alto en comparación con el rendimiento financiero del sistema de riego.

109. La superficie que debe regarse puede ser un factor al elegir el sistema de rociado. El Cuadro 1 sugiere la gama de superficies que pueden cubrirse adecuadamente mediante un solo sistema, siempre que haya agua suficiente y que la conducción principal tenga capacidad para suministrar el agua. Se indica la capacidad de un solo rociado y de una derivación lateral. Se puede aumentar el tamaño de todos los sistemas de rociado, pero resulta más económico utilizar un sistema dentro de los límites recomendados.

110. Si se proyecta utilizar también el sistema con otros fines, como la refrigeración de los cultivos o la protección contra las heladas, se debe elegir un sistema de conjunto sólido desplazado manualmente o un sistema permanente. Los rociadores deben funcionar casi continuamente durante el tiempo en que se necesite la protección. Casi todos los tipos de sistemas de rociado pueden adaptarse a la distribución de plaguicidas y de fertilizantes líquidos.

111. Si se proyecta distribuir con el sistema desechos animales líquidos, no se recomienda un sistema de desplazamiento manual. Sin embargo, la mayoría de los otros sistemas de rociado pueden utilizarse para ese fin. Si hay sólidos en el efluente, pueden ser necesarias bocas de rociado mayores. Los sistemas autopropulsados movidos por pistones de agua no se recomiendan normalmente para su utilización en la eliminación de desechos.

Cuadro 1. FACTORES QUE AFECTAN A LA ELECCION DE SISTEMAS DE RIEGO POR ROCIADO

Tipo de sistema	Pendiente máxima	Tasa de aplicación de agua		Forma del campo	Condiciones de la superficie del campo	Altura máxima del cultivo	Mazo de obra necesaria	Tamaño del sistema (acres)	Costo aproximado (dólares por acre)	Fertilización y protección contra las heladas	Adecuado para		
		Mts.	(pulgadas por hora)								Adm. - riego	Adm. - fertilización de plaguicidas	Distri- bución de abonos
Bocanoras múltiples Desplazamiento manual; Conjunte portátil	(2)	Mts.	(pulgadas por hora)	Rectangular Cualquier forma	Sin límite	Sin límite	0,30 - 1,50 0,20 - 0,30	1 - 40 1 o más	50 - 200 400 - 900	No SI			No reco- munda
Desplazamiento por tractor; Mozado sobre patines Mozado sobre ruedas	5 - 10 5 - 10		.10 .10	Rectangular	Suficiente para el uso para el funcionamiento del tractor	Sin límite	0,20 - 0,40 0,30 - 0,40	20 - 40 20 - 40	100 - 300 100 - 300				
Autodop'ata- liente Bocan lateral Desplazamiento lateral	5 - 10 5 - 10		.10 .10	Bastante liso	Bastante liso	4 4 - 6	0,10 - 0,30 0,10 - 0,30	20 - 60 20 - 60	100 - 300 125 - 300				SI
Autopropulsión Ploteo central Desplazamiento lateral	5 - 15 5 - 15		.20 .20	Circular Cuadrado o rectangular	Sin obstruc- ción Sendero para las torres	8 - 10 8 - 10	0,05 - 0,15 0,05 - 0,15	40 - 160 60 - 160	125 - 250 125 - 250	No			SI
Bocanador único Desplazamiento manual	20		.25	Cualquier forma	Sin límite	Sin límite	0,30 - 1,50	20 - 40	50 - 200				No reco- munda
Desplazamiento por tractor; Mozado sobre patines Mozado sobre ruedas	3 - 13		.23 .23	Cualquier forma	Funcionamiento sin riesgo del tractor	Sin límite	0,20 - 0,40 0,20 - 0,40	20 - 40 20 - 40	100 - 300 100 - 300				
Autopropulsión	Sin límite		.25	Rectangular	Pista para el tractor y la manguera y la manguera	Sin límite	0,10 - 0,30	40 - 100	120 - 250				
Bocanador de brazo Desplazamiento por tractor Autopropulsión	5 5		.25 .25	Cualquier forma Rectangular	Funcionamiento del tractor sin riesgo	8 - 10 8 - 10	0,20 - 0,50 0,10 - 0,50	20 - 40 40 - 100	200 - 300 200 - 300				SI
Permanente Manual o automático	Sin límite		.05	Cualquier forma	Sin límite	Sin límite	0,05 - 0,10	1 o más	400 - 1000	SI			SI

* No incluye el costo del suministro de agua, bomba, grupo motor y mantenimiento.

IV. CRITERIOS QUE DEBEN CONSIDERARSE AL ADQUIRIR EQUIPOS DE RIEGO

112. Durante muchos siglos,, todos los sistemas de riego fueron sistemas de gravedad en los que el agua se descargaba desde una zanja o conducción en la cabecera de un campo y fluía por gravedad, descendiendo a lo largo de éste. Al diseñar el sistema se consideraban factores como el suministro de agua, el tipo de suelo, la pendiente del campo, el cultivo, etc. En los últimos tiempos se han introducido sistemas de rociado y goteo y el diseño se ha vuelto algo más complicado, pero muchos de los mismos factores que se consideraban hace muchos siglos deben seguir considerándose al diseñar y elegir hoy sistemas de riego.

Los factores que deben considerarse son:

- Suministro de agua
- Tipo de suelo
- Cultivo
- Topografía
- Tamaño y forma del campo
- Mano de obra
- Necesidad de modificación ambiental
- Distribución de las precipitaciones
- Recursos financieros
- Arrendamiento con opción de compra o compra
- Disponibilidad y servicios del vendedor.

El orden en que se consideren esos factores no será necesariamente el indicado, pero deberán considerarse todos ellos.

113. El factor más importante es el suministro de agua. El sistema carece de utilidad si no se dispone de agua. Administrar una pulgada de riego efectivo a un acre de tierra requiere entre 33.000 y 37.000 galones de agua. Entre las fuentes de agua se encuentran estanques embalsados, fosos excavados, corrientes de agua y pozos. La fuente del agua no es importante siempre que se disponga de agua suficiente para atender las necesidades de los cultivos. Muchos estanques y fosos de riego son alimentados por la escorrentía superficial y no tienen recarga o ésta es muy escasa. En tal caso deben almacenar agua suficiente para atender las necesidades de los cultivos durante la estación de riego. El caudal de las corrientes será menor en los períodos de sequía. Los pozos proporcionarán un suministro relativamente constante

durante todo el año. Los recursos de agua subterránea pueden variar grandemente y en muchas zonas no se pueden abrir pozos de riego satisfactorios. Los perforadores de pozos y los funcionarios encargados de los recursos hídricos pueden proporcionar datos sobre la disponibilidad de agua subterránea. Algunos cultivadores recurren hoy a una combinación de fuentes de agua: estanques parcialmente recargados con pozos. Cuando el sistema de riego no opera de forma continua, se puede reducir la capacidad del pozo, lo que se traduce en un costo menor. El costo de un sistema de combinación de suministros de agua que requiera dos bombas y grupos de motores debe compararse con el de una sola fuente de agua con una bomba y un grupo motor. En muchas zonas, no se dispone de agua subterránea suficiente para utilizar un sistema de riego, pero pueden obtenerse suministros de agua combinando el almacenamiento superficial y el agua subterránea.

114. Los suministros de agua deben desarrollarse fuera de la estación de riego. Es posible que los contratistas no estén tan ocupados durante ese período y puedan planificar mejor su trabajo y, posiblemente, reducir los costos. Normalmente, los costos de construcción de pozos serán menores si no se exige del contratista que garantice cierta tasa de bombeo. Los pozos de ensayo pueden proporcionar datos útiles sobre el rendimiento potencial de los pozos y constituyen una buena inversión.

115. El tipo de suelo es importante por varias razones. Las tasas de administración de agua, la cantidad total de agua que debe administrarse en un riego y la frecuencia del riego se ven afectadas por el tipo de suelo. En los campos que tienen más de un tipo de suelo, el sistema debe diseñarse para el tipo de suelo principal. Normalmente, los suelos arenosos tendrán una tasa de absorción más alta y menor capacidad de retención de agua, y requerirán un riego más frecuente que los suelos arcillosos.

116. El cultivo que deba regarse desempeñará un papel principal en la rentabilidad del riego. Algunos cultivos, como el tabaco, la soja, el maíz y los de heno, tienen potencial para recuperarse de cortos períodos de sequía con una reducción mínima del rendimiento o la calidad. Otros cultivos, como el maíz y la mayoría de los cultivos hortícolas de estación breve, se ven gravemente afectados por las sequías en las etapas de la polinización y del

desarrollo de los frutos. La respuesta de algunos cultivos desde el punto de vista del rendimiento puede no ser suficiente para obtener un beneficio después de deducir el costo de poseer y explotar un sistema de riego. El tipo de suelo en que se cultivan las plantas y la distribución de las precipitaciones puede afectar a la rentabilidad del riego.

117. La mayoría de los países disponen de información sobre la distribución histórica de las precipitaciones. Algunos países han publicado información sobre la probabilidad de días de sequía y la pluviosidad media. Un regador potencial deberá estudiar esos datos para determinar la importancia de la sequía en su zona. Hay variaciones considerables en las precipitaciones. La distribución localizada de las precipitaciones puede variar considerablemente con respecto a los datos publicados.

118. Una vez se ha determinado que existe un suministro de agua adecuado o que puede obtenerse, y que puede ser rentable para regar, se puede empezar a decidir qué tipo de sistema de riego se adaptará mejor a la situación de que se trate. Hay cierto número de personas que pueden prestar asistencia. Los servicios de extensión agrícola y los servicios de conservación del suelo de los países en desarrollo deben contar con personal especializado en materia de riego. Se puede emplear consultores para que presten su asistencia en el diseño. Los vendedores de equipo de riego prestan asistencia en la elección, diseño y explotación de los sistemas. Se recomienda entrar en relación con varios vendedores de equipo.

119. Existe una amplia variedad de sistemas de riego entre los que elegir. No todos ellos serán igualmente adaptables a una situación determinada. Aunque hay cierto número de tipos de sistemas de riego, para la mayoría de los cultivadores la elección es limitada, a causa del costo inicial por acre, la topografía, el tamaño y la forma del campo, el cultivo, el tipo de suelo, los acres que deben regarse y la mano de obra disponible, o el hecho de que el sistema vaya a utilizarse con fines distintos del de suministrar humedad al suelo.

120. Adquirir un sistema de riego significa adquirir diversos componentes para completar el sistema. Esos componentes son proporcionados por varios fabricantes, y depende del vendedor o consultor el garantizar que todos los componentes se adapten entre sí para ofrecer un sistema que satisfaga las necesidades, es decir, que atienda las demandas máximas de humedad del cultivo que deba regarse.

V. EJECUCION DE PROYECTOS DE RIEGO EN PAISES EN DESARROLLO

121. Cuando se están construyendo sistemas de rociado, es importante tener en cuenta las condiciones agrícolas en que funcionará un sistema determinado.

Cultivo homogéneo

122. Al construir un sistema de rociado para cultivos homogéneos, pueden combinarse grandes parcelas de terreno en unidades de riego por rociado. Además, una gestión centralizada permite controlar más fácilmente el rociado.

123. División de las zonas de rociado en parcelas de diferentes agricultores. A fin de calcular el costo de este método de rociado, es esencial medir exactamente la cantidad de agua que se utilizará. Además, se necesita equipo de suministro adecuado para limitar el suministro de agua a las distintas parcelas; de esa forma se puede garantizar la uniformidad de la cantidad de agua suministrada en todo el proyecto de riego.

124. Es absolutamente esencial controlar el funcionamiento de los rociadores de acuerdo con las condiciones hidráulicas de la red de suministro de agua. La ventaja de los sistemas de rociado descritos es que tienen un suministro central de agua. La inversión en la red de suministro y en la estación de bombeo se distribuye proporcionalmente según el tamaño de las parcelas. La utilización de grandes estaciones de bombeo permite el control automático con una vigilancia óptima.

125. Pequeños sistemas en zonas dispersas, cada uno de ellos con suministro de agua separado. Esos sistemas deben ser supervisados por sus respectivos propietarios. Sin embargo, tienen la ventaja de ser más flexibles; por ejemplo, pueden utilizarse cuando se realiza una rotación de cultivos y cuando se cambia la ubicación de éstos.

Necesidades básicas de los proyectos de riego por rociado

126. A fin de construir proyectos de riego por rociado, es esencial tener un conocimiento exacto de las condiciones edafológicas y climáticas. Como la instalación de un rociador constituye una inversión considerable, las condiciones de cultivo de las plantas, los posibles incrementos del rendimiento, el aumento de los ingresos, etc. deben evaluarse a fin de garantizar la eficiencia de esos proyectos.

127. De igual modo, se debe elegir la tecnología de rociado de acuerdo con las condiciones en que se utilizará. Deben tomarse en consideración las siguientes condiciones:

- Parcelas grandes o pequeñas
- Diferencia de altura entre las zonas rociadas
- Clases existentes de cultivo, como cultivos de campo o permanentes
- Métodos de explotación agrícola.

128. El sistema normal de rociado, el sistema de conjunto sólido y el sistema de arrastre de manguera han demostrado ser sumamente provechosos cuando se utilizan en pequeñas parcelas. Esos sistemas ofrecen las siguientes ventajas:

- El equipo de rociado sólo rota en la parcela de un solo propietario. Por consiguiente, su trato cuidadoso queda garantizado.
- Es una inversión muy económica y puede utilizarse universalmente en todos los tipos de cultivo.
- Es fácilmente adaptable a las partes del terreno que tienen que ser rociadas en mayor o menor medida.
- Se logra una medición exacta del suministro de agua.

129. Sistemas de rociado mecanizados, como el de pivote o el lineal, sólo pueden utilizarse económicamente en grandes parcelas. Por consiguiente, no pueden utilizarse tan ampliamente en las pequeñas.

130. Los sistemas de rociado mecanizados requieren mantenimiento y servicios adecuados. Si el mantenimiento no se realiza satisfactoriamente, toda la maquinaria se estropeará, es decir, no será posible rociar grandes superficies de terreno. En el caso de los sistemas de rociado normales, las averías se limitarán a pequeñas unidades, por ejemplo, un pequeño rociador. Por consiguiente, se podrá mantener aún el rociado de la mayor parte del terreno. Especialmente si se dispone de servicios insuficientes, estos sistemas resultan considerablemente más fiables a la larga.

131. Para explotar sistemas de rociado, es esencial asegurarse de que se puede contar con mantenimiento y servicios adecuados. En el caso de los grandes sistemas, ello se realiza en los talleres centrales. Se debe aspirar también a unos servicios centralizados en el caso de sistemas de varios propietarios.

132. La financiación de las dos clases de sistemas aquí mencionados debe realizarse de acuerdo con los requisitos legales. En el caso de sistemas compartidos por muchos propietarios, normalmente se crea una clase apropiada de cooperativa para unificar los procedimientos.

133. Las empresas de escala pequeña y mediana tienen la ventaja de emplear métodos de cultivo para fines múltiples que pueden responder más fácilmente a las necesidades del mercado. Además, la mayor parte del tiempo se necesita menos burocracia, porque resulta más fácil vigilar esos sistemas de rociado.

VI. FABRICACION DE COMPONENTES Y EQUIPO DE RIEGO EN PAISES EN DESARROLLO

Definición del equipo y los componentes de riego

134. Los diversos componentes y elementos de los diferentes sistemas de riego, desde la fuente de suministro de agua hasta las plantas, pueden definirse del siguiente modo:

- a) Estación de bombeo
 - Motores eléctricos
 - Motores diesel
 - Bombas, como bombas para pozos profundos, bombas centrífugas, bombas sumergibles, etc.
 - Accesorios, como válvulas de retención, válvulas de cierre, reguladores de presión, etc.

- b) Sistema de distribución principal
 - Acequias
 - Conducciones (de 100 a 2.000 mm de diámetro) y adaptadores hechos de
 - . acero
 - . asbestocemento
 - . plástico
 - Accesorios y bocas de riego

- c) Sistemas de riego
 - Riego de superficie o sistemas tradicionales
 - . acequias con compuertas flotantes
 - . surcos
 - . conducciones con compuertas
 - . manguera (para tuberías de sifón)
 - Sistemas de rociado
 - . Conducciones de acero galvanizado o de aluminio (de 50 a 200 mm de diámetro y del tipo de acoplamiento rápido)
 - . Rociadores
 - . Sistemas de riego mecanizados de desplazamiento continuo
 - o máquinas ambulantes
 - o pivote central
 - o sistemas de desplazamiento lateral
 - . Sistema de riego por goteo
 - o sistema de filtro grande
 - o conducciones de plástico (de 13 a 25 mm de diámetro) y adaptadores
 - o emisores.

135. En el cuadro que sigue se da la proporción media de los costos de los principales componentes de diversos sistemas de riego, para poner de relieve la importancia de cada componente con respecto al sistema de riego adoptado.

Cuadro 2. Proporción del costo de los principales componentes de diversos sistemas de riego (en porcentajes)

	Estación de bombeo	Sistema de distribución principal	Sistema de riego o derivación lateral de riego
Sistemas de riego	25	50	25
Máquina ambulante	20	35	45
Pivote central	10	15	75
Riegos por goteo	30	20	50

136. El funcionamiento sin obstáculos de cualquier sistema de riego requiere mantenimiento, reparación y sustitución (una vez transcurrida la vida útil de los componentes) sistemáticos. En el Cuadro 3 se especifican los detalles de los mencionados factores.

Las condiciones locales y sus repercusiones en el desarrollo de instalaciones de fabricación de equipo de riego

137. Aunque en los últimos años se ha reconocido plenamente la importancia del riego en los medios húmedos y se está empleando ese riego, las condiciones ambientales son factores dominantes para determinar la cantidad de riego utilizada en la producción agrícola. La influencia de las condiciones locales en el método de riego y, por consiguiente, los componentes necesarios, se detallan en la Parte I del presente documento.

138. Esas condiciones locales son los factores dominantes para determinar la demanda potencial de sistemas de riego apropiados y, en consecuencia, las necesidades de componentes de riego de cualquier mercado. En función de las condiciones locales, la demanda de los diversos componentes de riego será diferente según los países. Por consiguiente, las instalaciones de fabricación necesarias y el grado de complejidad de fabricación preciso podrían ser también diferentes.

Cuadro 3. Período de depreciación sugerido y costo real de mantenimiento de los componentes de un sistema de riego

Componente	Depreciación (horas)	Período (años)	Mantenimiento y reparaciones anuales (porcentaje del costo inicial)
Planta de bombeo			
estructura	-	20-40	0,5 - 1,5
bomba, turbina vertical, cubas	16000-20000	8-10	5 - 7
columnas, etc.	32000-40000	16-20	3 - 5
Pozos y armaduras	-	20-30	0,5 - 1,5
Bomba, centrífuga	32999-50000	16-25	3 - 5
Transmisión de energía			
cabeza de engranaje	30000-36000		5 - 7
cinta en V	6000	3	5 - 7
cinta plana, caucho/tela	10000	5	5 - 7
cinta plana, cuero	20000	10	5 - 7
Motores principales			
motor eléctrico	50000-70000	25-35	1,5 - 2,5
motor diesel	28000	14	5 - 8
motor de gasolina			
refrigerado por aire	8000	4	6 - 9
refrigerado por agua	18000	9	5 - 8
motor de propano	28000	14	4 - 7
Zanjas agrícolas abiertas (permanentes)		20-25	1 - 2
Estructuras de hormigón		20-24	0,5 - 1,0
Conducciones, asbestocemento y CPV (enterradas)		40	0,25 - 0,75
Conducciones, aluminio, superficie perforada		10-12	1,5 - 2,5
Conducciones, acero, para suministro de agua (enterradas)		40	0,25 - 0,50
Conducciones, acero, recubiertas y revestidas (enterradas)		40	0,25 - 0,50
Conducciones, acero, recubiertas, enterradas		20-25	0,50 - 0,75
Conducciones, acero, recubiertas, superficiales		10-20	1,5 - 2,5
Conducciones, acero, galvanizadas, superficiales		15	1,0 - 2,0
Conducciones, acero, recubiertas y revestidas (superficiales)		20-25	1,0 - 2,0
Conducciones, madera, enterradas		20	0,75 - 1,25
Conducciones, aluminio, para rociadores (superficiales)		15	1,5 - 2,5

Componente	Depreciación (horas)	Período (años)	Mantenimiento y reparaciones anuales (porcentaje del costo inicial)
Conducciones, plástico reforzado, mortero (enterradas)		40	0,25 - 0,50
Conducciones, plástico, goteo, superficiales		10	1,5 - 2,5
Rociadores		8	5 - 8
Emisores de goteo		8	5 - 8
Filtros de goteo		12-15	6 - 9
Rociadores de desplazamiento mecánico		11-16	5 - 8
Rociadores de desplazamiento continuo		10-15	5 - 8

Fuente: Design and Operation of Farm Irrigation Systems, The American Society of Agricultural Engineers, diciembre de 1980.

139. La existencia de una demanda comercial puede considerarse como requisito previo para establecer cualquier instalación de producción. A este respecto, debe distinguirse entre la demanda potencial y la demanda comercial efectiva. En el caso particular de que se trata, la diferencia puede ser considerable. A pesar de la existencia de un potencial de mercado, la demanda comercial efectiva dependerá de:

- La estructura agrícola del país; el tamaño del terreno, etc.
- La formación de los agricultores
- El poder adquisitivo de los agricultores
- Las políticas gubernamentales y los apoyos financieros
- La estructura de precios de los cultivos, el agua,, los servicios, etc.
- Otros factores.

140. Teniendo en cuenta los puntos de vista expresados, para evaluar las posibilidades de fabricar equipo de riego en los países en desarrollo deben tenerse en cuenta las siguientes condiciones interiores y regionales:

141. La existencia de una demanda comercial interior que justifique la producción local. Como queda dicho, la demanda efectiva está determinada por las condiciones ambientales, la situación macroeconómica en el país de que

se trate y la microeconomía del sector agrícola. La demanda deberá superar preferentemente la escala económica de fabricación, a fin de lograr mayor viabilidad financiera. Deberán cumplirse también las siguientes condiciones:

- Existencia de industrias de alimentación
- Infraestructura técnica y social
- Disponibilidad de mano de obra calificada
- Disponibilidad de medios financieros.

142. Sin embargo, hay que subrayar una vez más que el principal criterio es la disponibilidad de una demanda, en tanto que las otras condiciones mencionadas pueden crearse u organizarse.

143. A causa de las diferentes condiciones ambientales existentes en los diferentes países en desarrollo (países áridos, en comparación con países húmedos), se necesitan diferentes sistemas de riego y, por consiguiente, diferentes componentes. Por lo tanto, en cada caso determinado, debe tenerse en cuenta la demanda de los componentes más importantes para evaluar sus posibilidades de fabricación.

144. Como los diversos componentes de riego son de diferente complejidad de fabricación, las economías de escala de su fabricación son también diferentes. Sin embargo, todas las condiciones locales, como la infraestructura técnica, las posibilidades de interconexiones, la existencia de industrias de alimentación, la estructuras de precios, el grado de integración elegido, etc. tienen repercusiones en la escala económica de la fabricación. Por consiguiente, en cada caso concreto habrá que tomar la decisión acertada sobre la fabricación o la adquisición investigando todos los factores.

145. Las condiciones locales y, por consiguiente, la estructura del mercado y la disponibilidad de infraestructura técnica son los factores determinantes para cualquier decisión relativa al grado de integración y a la integración local (contenido local).

146. Teniendo en cuenta todas las condiciones locales, debe elegirse el grado óptimo de integración (contenido local) de los diversos componentes de riego en cada país en desarrollo. La demanda comercial y el nivel de calificación técnica y las posibilidades de interconexiones con otros sectores industriales pueden tener repercusiones considerables en el grado óptimo de integración (contenido local), es decir, en las decisiones relativas a la fabricación propia o a la compra de fuentes exteriores (componentes adquiridos); no existe una directriz general para determinar el grado de integración para la fabricación de componentes de riego en todos los países en desarrollo y, en cada caso particular, se requieren investigaciones y estudios a fondo para elegir la solución óptima con respecto a los componentes clave, que podrían variar según los países a causa de los cambios en las condiciones locales.

147. Para elegir el grado óptimo de integración (contenido local), se deben tener en cuenta también la infraestructura técnica existente y la economía local, y se debe elaborar una estrategia apropiada con respecto a la integración local.

Elección de tecnologías de fabricación

148. Breve descripción de diversas tecnologías de fabricación de componentes de riego. Los diversos componentes y equipo de riego se definen en el párrafo 134. Teniendo en cuenta las prácticas de riego existentes en los países en desarrollo, los componentes de riego pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- Bombas de agua
- Diversas conducciones (acero, aluminio, asbestocemento, plástico)
- Adaptadores y accesorios
- Motores diesel
- Motores eléctricos
- Rociadores
- Conducciones de acoplamiento rápido (acero, aluminio)
- Sistemas de riego mecanizados
- Sistemas de riego por goteo.

En las siguientes secciones se tratan las tecnologías que se requieren en la fabricación de los componentes más importantes, es decir, bombas, conducciones y componentes de riego modernos.

Fabricación de bombas de agua

149. Los principales tipos de bombas normalmente utilizados en los planes de riego son los siguientes:

150. Bombas centrífugas. Estas bombas son movidas por motores eléctricos o diesel y tienen una capacidad de succión limitada. Por consiguiente, se utilizan normalmente para el bombeo de aguas superficiales y tienen una capacidad de extracción reducida.

151. Bombas para pozos profundos. Estas bombas se utilizan principalmente para bombear aguas subterráneas. El grupo motor está situado al nivel del suelo mientras que la unidad de bombeo se encuentra debajo del agua, en el pozo. Una conducción conecta esas dos unidades, transporta el agua y alberga el eje cardánico de conexión entre las unidades motora y de bombeo.

152. Bombas sumergibles. Estas bombas son movidas sólo por motores eléctricos. Tanto el grupo motor como la unidad de bombeo se encuentran bajo el agua. Estas bombas se utilizan cuando la extracción necesaria excede de la profundidad a la que las bombas centrífugas normales pueden succionar.

153. Las bombas son de funcionamiento en una o en muchas etapas, en función de las necesidades de presión. Los componentes principales de las bombas mencionadas son:

- Armadura; hecha de hierro colado
- Impulsor; hecho de hierro colado, plástico o aleaciones no ferrosas (bronce)
- Cigüeñal; hecho normalmente de acero aleado
- Accesorios, como rodamientos antifricción, manómetros, obturantes, cuadros de mandos, pernos y tuercas, etc.

154. Para fabricar los componentes mencionados se necesitan diferentes procesos y tecnologías, a saber:

- Se utilizan diversos métodos de fundición para fabricar las armaduras e impulsores de hierro colado o aleaciones no ferrosas, respectivamente
- Los cigüeñales se hacen de acero aleado y se acaban luego, empleando diversas operaciones de maquinado
- Para fabricar accesorios se utilizan diferentes tecnologías y procesos, y la fabricación se hace normalmente en instalaciones especializadas. Por consiguiente, la mayoría de los fabricantes de bombas compran esos componentes de fuentes exteriores. Un buen ejemplo son los rodamientos antifricción, que son fabricados por compañías especializadas en producir únicamente toda clase de rodamientos.

155. Los fabricantes internacionales importantes de bombas de agua producen gran variedad de bombas para todos los fines y se especializan sólo en esa producción. A este respecto, en los países en desarrollo se debe planificar también las instalaciones de producción de bombas teniendo en cuenta las necesidades de otros sectores del mercado, a fin de beneficiarse de la producción en masa y poder racionalizar los costos.

Fabricación de conducciones

156. Conducciones de acero. En la producción de conducciones intervienen muchos métodos y diferentes tipos de equipo. Brevemente, las conducciones pueden clasificarse en soldadas (es decir, con costura) y sin costura. Las primeras se pueden fabricar calentando y dando forma tubular a las tiras o flejes planos y soldando la junta a solape o a tope. Otra posibilidad es dar a la tira en frío forma tubular y soldar eléctricamente la costura mediante una resistencia calentada a frecuencias bajas o altas o mediante arco sumergido. El principal proceso de fabricación de conducciones de acero que se utiliza normalmente para producir conducciones con fines de riego es el de soldadura por resistencia eléctrica (Electric-Resistance Welding (E.R.W.)).

157. Tuberías soldadas por resistencia eléctrica. Se fabrican tuberías de hasta 26 pulgadas de diámetro con paredes de espesores hasta de 0,5 pulgadas, por el método E.R.W. Las operaciones básicas que intervienen en el proceso E.R.W. son: corte en tiras (cuando se utilizan tiras de anchura múltiple), conformación, soldadura, dimensionamiento, corte y acabado. La Figura 13 ilustra la conformación de una tira. Las bobinas alimentan directamente los rodillos de conformación o una guía, para poder soldar las tiras por sus extremos. La tira pasa primero por una recortadora de bordes que determina su anchura y prepara los bordes para la soldadura. Luego pasa sucesivamente por rodillos de desbaste o conformación, rodillos locos verticales de cierre y rodillos de paso fino. La soldadura se realiza apresando el tubo en rodillos de presión y calentando sus bordes mediante una corriente de baja frecuencia aplicada por medio de electrodos de disco, por corrientes de radiofrecuencia aplicadas inductivamente o por contactos deslizando.

Después de la soldadura, se quitan las rebabas y se somete el tubo al tratamiento que sea metalúrgicamente necesario. Luego, una vez enfriado, el tubo pasa por una laminadora de dimensionamiento (compuesto normalmente por varios rodillos horizontales accionados y varios rodillos verticales locos) y se corta a la longitud deseada.

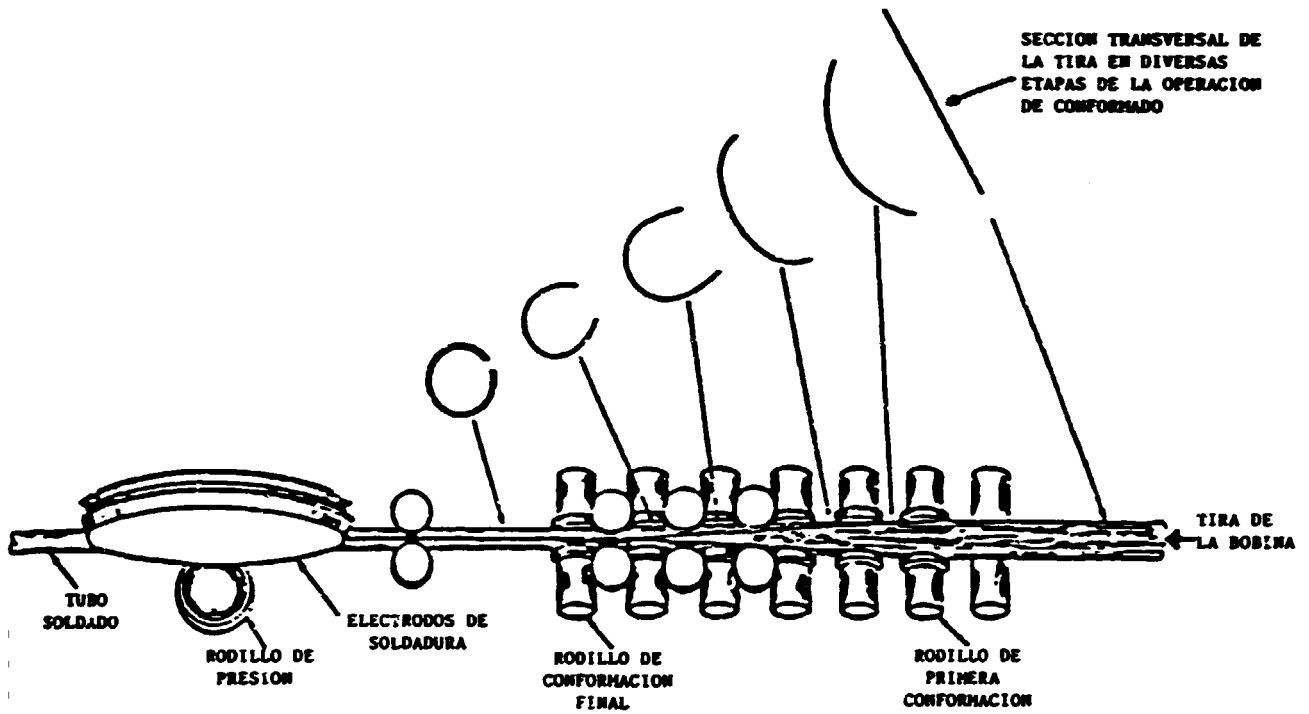
158. Las conducciones de aluminio se fabrican por tres procesos:

- conducción estirada sin costura
- conducción estruida sin costura y
- conducción soldada.

159. Las tuberías estiradas sin costura se fabrican estirando tubo semiacabado producido por métodos de extrusión de matriz y mandril. El tubo se estira a través de una matriz para darle sus dimensiones finales.

160. Las conducciones sin costuras extruidas se fabrican a partir de lingotes huecos de extrusión, utilizando el método de matriz y mandril o el de estirado en frío. El lingote utilizado se moldea en forma hueca, o bien en forma sólida, taladrando o perforando luego ese lingote sólido. La conducción soldada se hace soldando los bordes de una lámina de aluminio conformada.

Figura 13. Conversión de la tira en tubo soldado por resistencia



161. Las conducciones de aluminio pueden protegerse de algunos factores corrosivos mediante el chapado. Se trata de conducciones formadas por un núcleo de aleación de aluminio, con la superficie interior, exterior o ambas metalúrgicamente unidas a un revestimiento de aleación de aluminio anódica con respecto al núcleo, protegiendo a éste así de la corrosión por electrolisis.

162. Los tamaños de las conducciones y los espesores de pared (relativamente pequeños) necesarios para el rápido acoplamiento de las conducciones de aluminio en los sistemas de riego por rociado se obtienen del mejor modo por el proceso de soldadura, que es también el más económico.

163. Las conducciones de plástico se hacen de polímeros orgánicos artificiales. Hay muchas clases de plásticos, pero en la fabricación de conducciones se utilizan cuatro principales. Estas son:

- Cloruro de polivinilo (CPV)
- Polietileno (PE)
- Acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS)
- Polibutileno (PB).

De ellas, sólo el cloruro de polivinilo (CPV), el polietileno (PE) y el acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) se utilizan actualmente de forma importante en el riego por rociado.

164. Las conducciones de plástico se fabrican por un proceso de extrusión, convirtiendo el material granular o en polvo de termoplástico bruto (PE, CPV, PB y ABS) en tramos continuos de producto acabado. Una extrusora de tornillo único o múltiple recibe el material bruto de una fuente de alimentación, somete ese material a calor y presión para lograr su fusión y mezcla totales, y luego fuerza continuamente al material fundido a través de matrices de extrusión para dar forma a la conducción, que se enfría luego, con objeto de estabilizar su forma, y se corta a la longitud deseada mediante unidades de arrastre y corte.

165. Las conducciones de asbestocemento se crearon por primera vez en Europa, donde se utilizaron para transportar agua del mar destinada a la lucha contra los incendios y para limpiar las calles. Este tipo de conducciones se fabrica en la Gran Bretaña desde 1928 y se utiliza en muchos países en todo el mundo.

166. La conducción se compone de una mezcla íntima de cemento Portland, cemento de escoria de alto horno Portland y fibra de amianto limpia, con o sin sílice. Esta mezcla se conforma a presión en un mandril para obtener una conducción densa y homogénea de superficie interior lisa. La mezcla de cemento y fibra de amianto no debe contener arena, fibras orgánicas ni otros adulterantes. La conducción acabada se puede cortar, perforar y aterrajar.

167. Se fabrican conducciones de asbestocemento de 100, 150 y 200. Esos números de clasificación indican presiones de trabajo en libras por pulgada cuadrada (689, 1.034 y 1.378 kilopascales). Se fabrican en tamaños que varían entre 3 y 36 pulgadas (76,2 a 914,4 mm) de diámetro interior y en longitudes normalizadas de 13 pies (4 m).

Adaptadores y partes accesorias

168. Para producir adaptadores, conexiones y otras piezas mecánicas los métodos de taller normales son:

- corte
- conformación
- presión
- diversos trabajos de maquinado
- soldadura
- fundición
- etc.

Finalmente, las distintas piezas fabricadas tienen que montarse en los productos acabados, como tubos verticales, válvulas en T, etc.

Motores diesel y motores eléctricos

169. Los motores diesel y los motores eléctricos se utilizan para gran variedad de aplicaciones, y su producción económica debe lograrse teniendo en cuenta todos sus posibles usos y los beneficios de la producción en masa. Además, la fabricación de esos componentes es una esfera muy especializada y no puede mezclarse con otras esferas de fabricación especializadas como la de componentes de riego. Por consiguiente, no se recomienda la producción de esos componentes en el marco de la fabricación de equipo de riego, sino teniendo en cuenta todos los usuarios finales del sector agrícola, así como los sectores industriales.

Rociadores

170. Un rociador se compone de diversos componentes pequeños, la mayoría de los cuales se fabrican de metales no ferrosos. La elección del metal de cada pieza se basa en su adecuación y sus precios de mercado. Las bocas se hacen de plástico. Para producir las diversas piezas metálicas se utilizan normalmente diferentes métodos de fundición. La producción de bocas de plástico se realiza por el método de moldeo por inyección. Véase el diagrama del proceso de la Figura 14 infra.

Conducciones de acoplamiento rápido

171. En las secciones anteriores se ha descrito la fabricación de conducciones. La fabricación de conexiones y su montaje requiere operaciones normales de taller, como cizallamiento del material, conformación por presión, soldadura, etc. En la Figura 15 se muestra un diagrama simplificado del proceso.

Sistemas de riego mecanizados

172. El proceso de fabricación de los sistemas de riego mecanizados puede agruparse en las siguientes actividades normales de taller:

- Corte a medida del material
- Trabajos de corte (maquinado) de metal
- Fabricación de diversos componentes y cadenas de montaje.

Las Figuras 16 y 17 muestran los procesos de fabricación de sistemas de máquinas ambulantes y de pivote central, respectivamente.

Componentes de riego por goteo

173. En la Figura 18 se muestra un diagrama simplificado del proceso de producción de componentes de riego por goteo. Como puede verse en esa figura, se necesitan dos cadenas de producción, a saber:

- Cadena de extrusión para producir tubos
- Instalaciones de moldeo por inyección para fabricar adaptadores y emisores, bocas, etc.

Observaciones sobre la elección de la fabricación

174. De la breve descripción de las tecnologías de fabricación de los diversos componentes de riego que se ha hecho en la sección anterior se deduce con claridad que la complejidad de las tecnologías necesarias varía grandemente. Resultará beneficioso para los países en desarrollo comenzar por fabricar los componentes más sencillos y más comunes. Dominando las tecnologías necesarias, se podrá establecer nuevas instalaciones de producción para fabricar otros productos más complicados.

175. Una cuestión conexa es que, en la fabricación de componentes más sencillos, se podrá lograr mayor contenido local (grado de integración) debido al menor número de partes o elementos necesarios. Como consecuencia, habrá una dependencia menor en lo que se refiere a componentes adquiridos e importaciones de países desarrollados.

Figura 14. Fabricación de rociadores

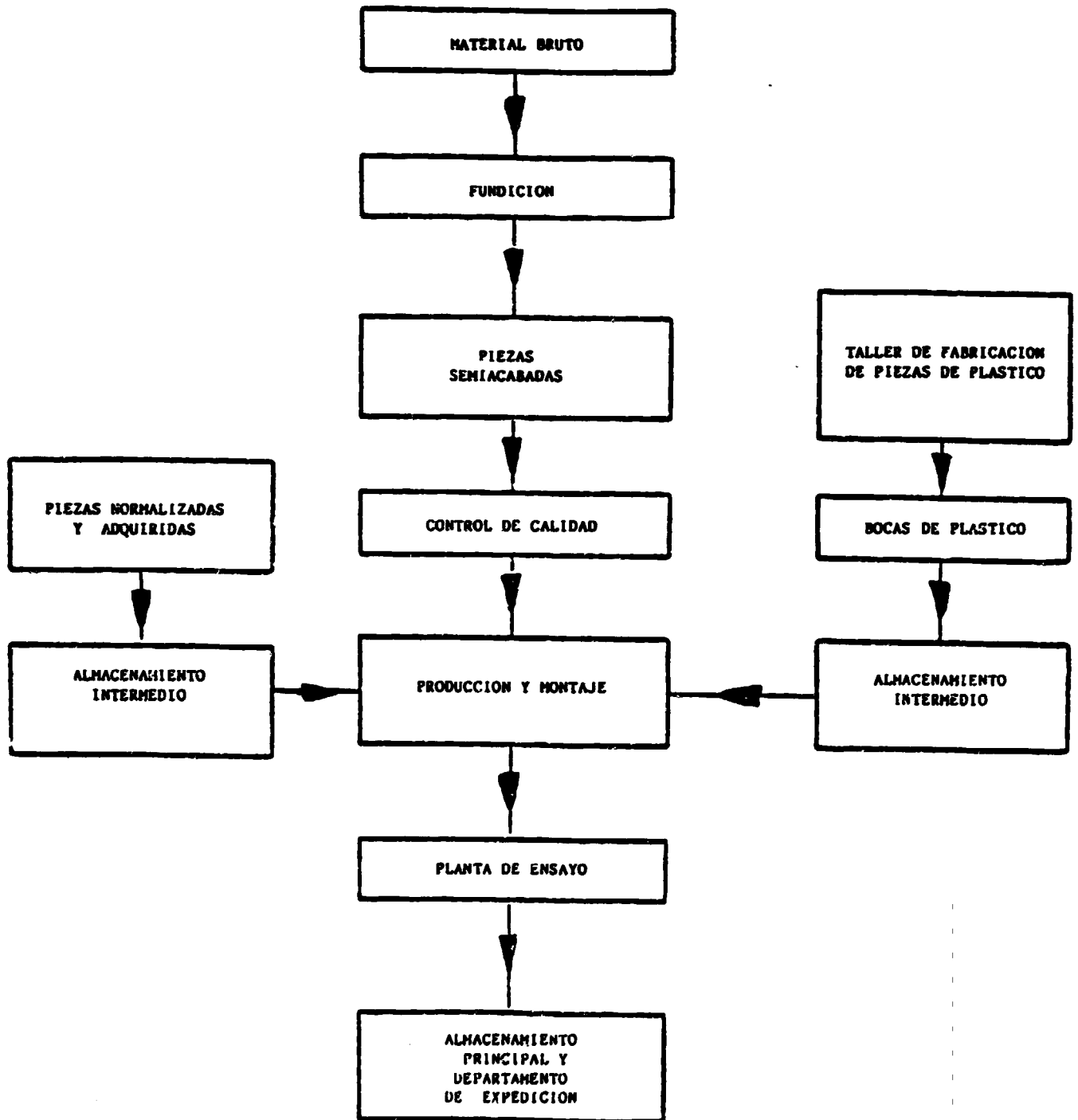


Figura 15. Fabricación de conexiones y adaptadores (acero y aluminio)

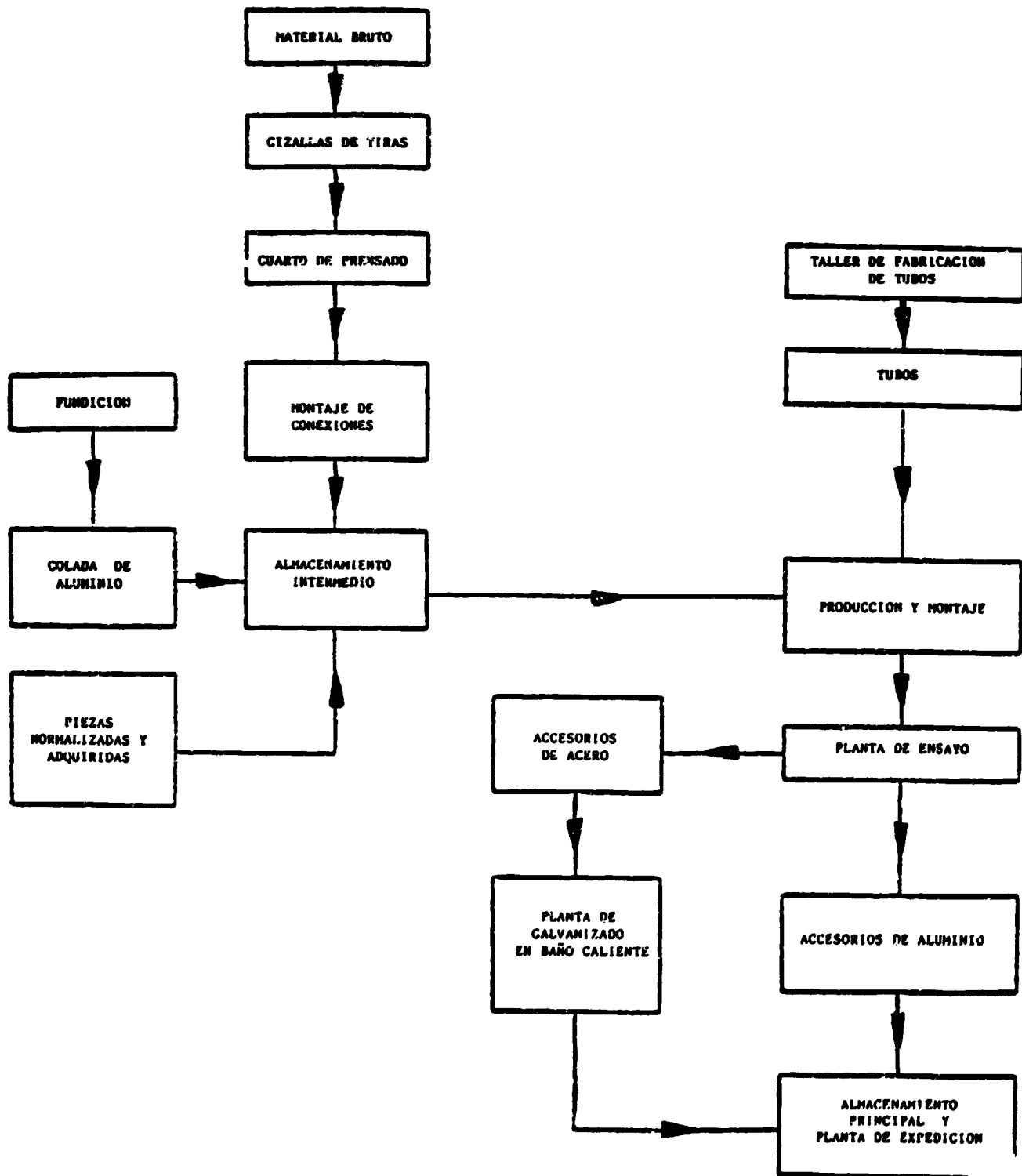


Figura 16. Fabricación de regadores de pistola ambulantes

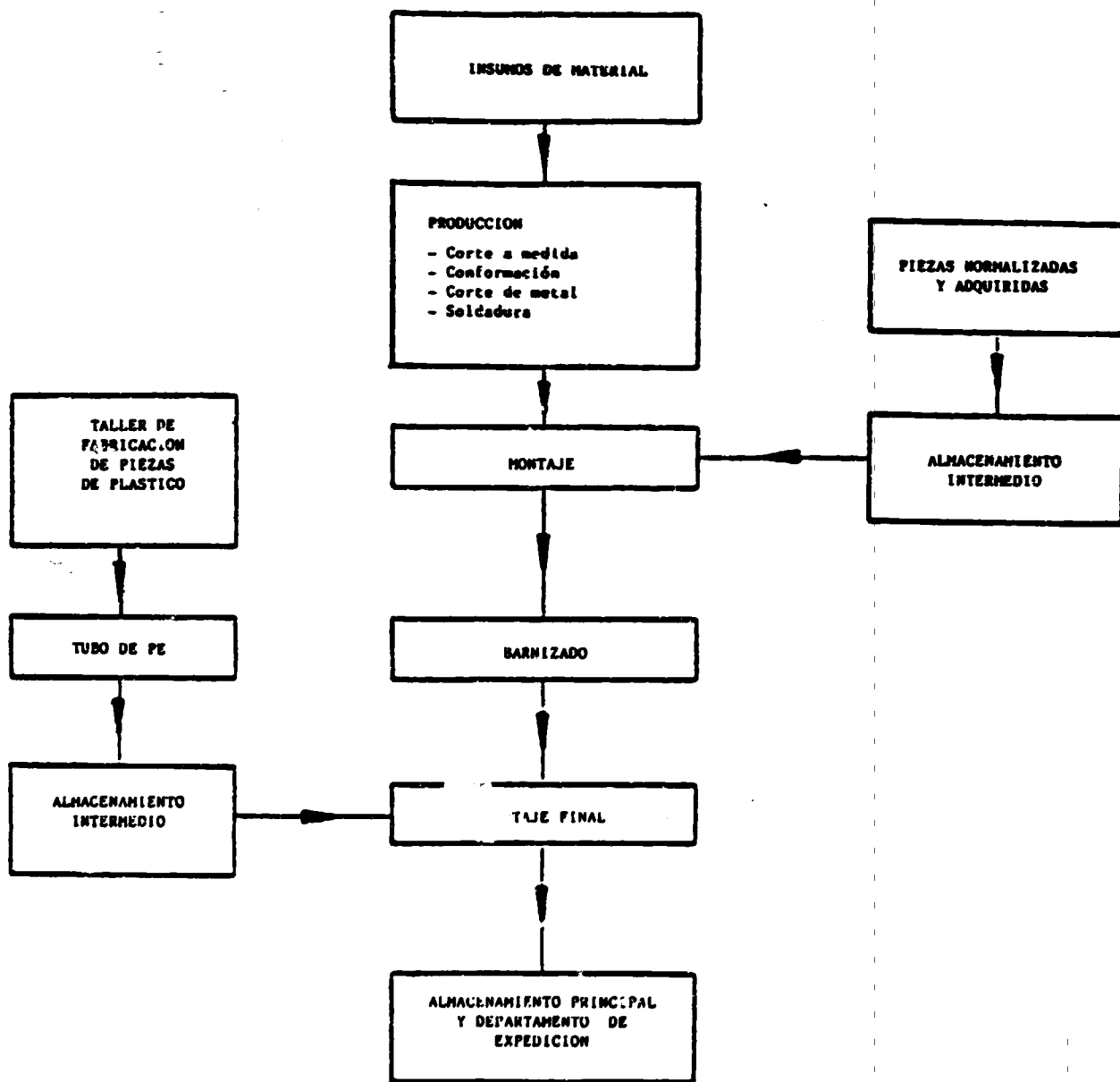


Figura 17. Fabricación de pivotes centrales

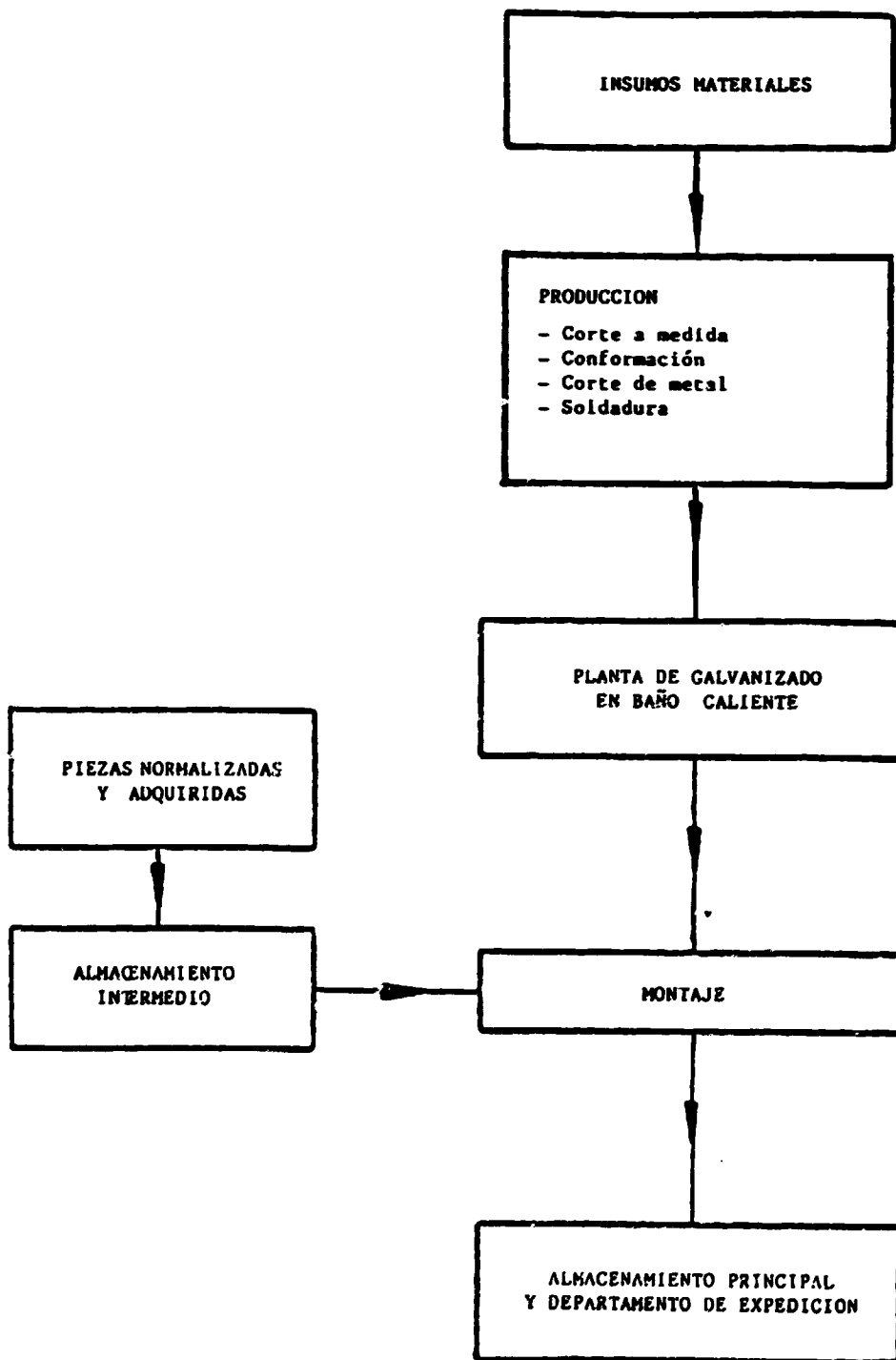
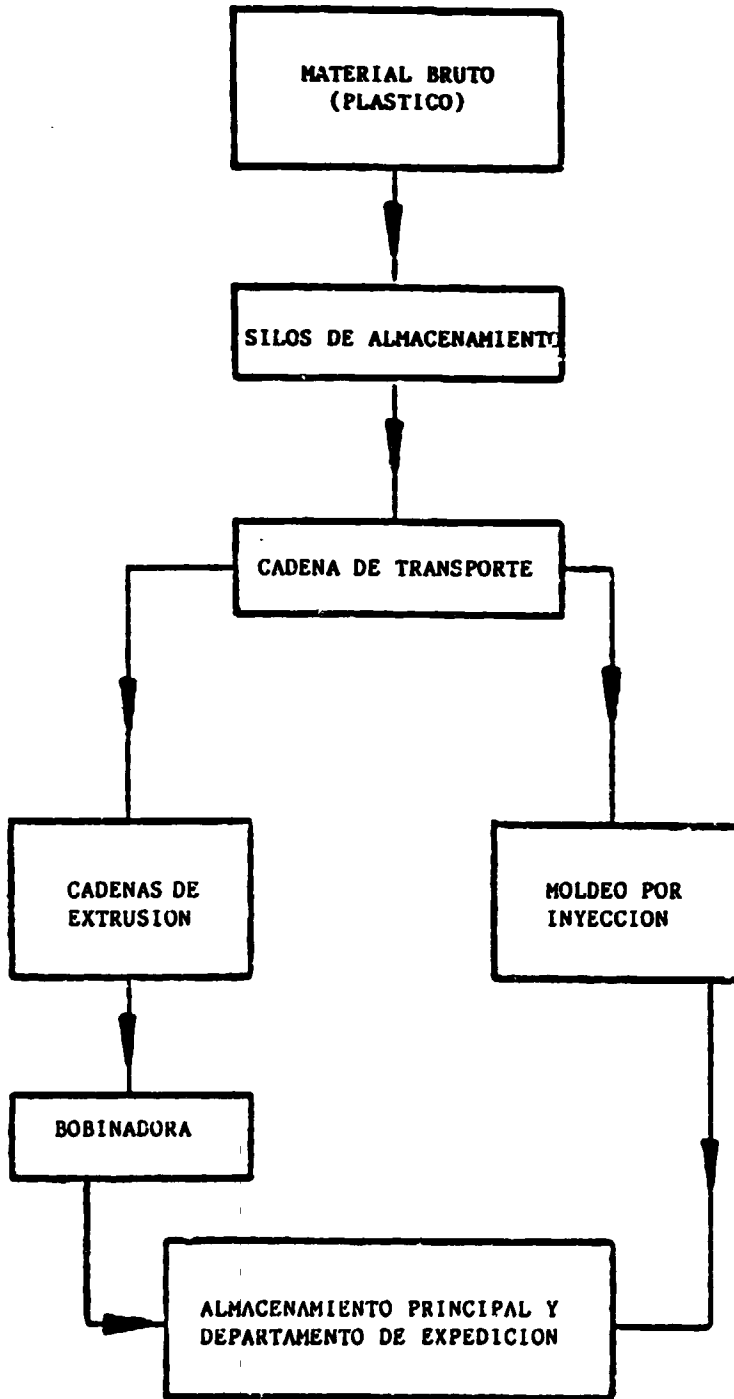


Figura 18. Fabricación de piezas de rociado por goteo y de plástico



176. Teniendo en cuenta el punto de vista expuesto, los siguientes componentes de riego parecen apropiados para su fabricación en países en desarrollo:

- Conducciones de acoplamiento rápido
- Adaptadores y accesorios de las conducciones
- Rociadores.

177. Para fabricar los componentes mencionados, podría lograrse un contenido local de más del 60 al 90%, lo que representa un factor favorable para los países en desarrollo. La gama del 60 al 90% de contenido local dependerá de la disponibilidad de industrias de producción de metal como la siderúrgica y la del aluminio en el país de que se trate.

178. Esos componentes de riego constituyen los elementos principales de las derivaciones laterales de riego de los sistemas de rociado por conducciones.

179. Disponiendo de los componentes mencionados, resultará posible el riego moderno de una gran variedad de terrenos de países en desarrollo, lo que podría desempeñar un papel importante en el aumento de la producción agrícola y la consiguiente seguridad del suministro alimentario.

180. Mediante la fabricación de las conducciones de acoplamiento rápido y rociadores que se sugieren, resulta posible instalar sistemas de riego sencillos de desplazamiento manual (portátiles) y sistemas de conjunto sólido totalmente mecanizados.

181. Como queda dicho en la sección anterior, para fabricar conducciones de acoplamiento rápido, hacen falta un taller de fabricación de tubos e instalaciones de taller para fabricar conexiones y adaptadores. Para la producción de rociadores, se necesitan instalaciones de colada, y máquinas-herramientas para el acabado de las piezas (véanse las Figuras 14 y 15).

182. En la mayoría de los países en desarrollo se dispone sin dificultad de know-how y los conocimientos tecnológicos especializados necesarios para las operaciones de taller mencionadas; sólo hace falta know-how específico para producir conducciones de acoplamiento rápido y rociadores, el cual podría

adquirirse fácilmente de los proveedores internacionales de marcas y diseños acreditados.

Estrategia de mantenimiento

183. El mantenimiento preventivo y la reparación debida de la maquinaria son de importancia decisiva. En los países en desarrollo con frecuencia no se presta atención suficiente al mantenimiento, lo que a menudo produce importantes averías y largas interrupciones de la producción. Por ello, la compañía debe elegir desde el comienzo de su explotación una política y unos procedimientos de mantenimiento bien programados.

184. La estrategia de mantenimiento debe adaptarse bien a las condiciones locales de la región en que esté situada la planta. Si la planta está situada en una zona en que hay conocimientos de ingeniería locales adecuados, deberá encontrarse un equilibrio satisfactorio entre el mantenimiento y los trabajos de reparación contratados en el exterior y el mantenimiento realizado en la fábrica por su propio personal. Ese equilibrio entre los trabajos de reparación y mantenimiento exteriores e interiores facilitará el logro de unos costos de mantenimiento mínimos sin poner en peligro la explotación. Sin embargo, el aumento de la tasa de contratación exterior se traduce en una disminución de la tasa de disponibilidad de las cadenas de producción. Esto se debe a que, en el caso de cualquier avería de las cadenas de producción que no pueda repararse por el personal propio, habrá que contar con períodos de inactividad (reparaciones, esperas, etc.) más largos. De esa forma podrían no alcanzarse las metas de producción. Por consiguiente, teniendo en cuenta todos los aspectos mencionados, se debe elegir una estrategia de mantenimiento apropiada y bien equilibrada. Se podrá elegir la estrategia de mantenimiento apropiada cuando se disponga de un conocimiento detallado de la capacidad de ingeniería local.

Infraestructura y vinculaciones con el resto de la economía

185. La infraestructura económica y técnica es decisiva para el desarrollo de cualquier industria de bienes de capital. Unos medios de transporte eficientes y económicos, especialmente para transportar al mercado productos acabados voluminosos, las comunicaciones, el suministro de agua y de energía, la infraestructura social, etc. son todos factores importantes.

186. Los servicios técnicos básicos como fundición, galvanizado comercial en baño caliente, fabricación de plantillas y accesorios, etc. constituyen la infraestructura técnica que facilita el desarrollo sin obstáculos de la fabricación de equipo de riego.

187. El suministro de materiales brutos y de productos intermedios puede desempeñar también un papel importante. Es de primera importancia la disponibilidad de productos siderúrgicos. En el caso de las conducciones y bombas, e incluso de otros importantes componentes de riego, el hierro y el acero constituyen la parte principal del peso y son un importante elemento del costo.

188. La fabricación de los principales componentes de riego puede clasificarse como procesos de fabricación de muchos componentes de pequeño volumen. Por lo tanto, se puede integrar idealmente en una economía local para aumentar la tasa de utilización y, en consecuencia, lograr un mejor contenido económico, es decir, de mayor contenido local; por ejemplo, la existencia de una industria de ingeniería o de fundición influirá de forma positiva en las posibilidades de establecer una fábrica de bombas de riego.

189. Por otra parte, la construcción de instalaciones de producción de bombas o conducciones podría ser de mayor importancia para el desarrollo de otros sectores de la economía, como el suministro urbano de agua y los sistemas de distribución, etc. A este respecto, puede decirse que las repercusiones del establecimiento de la fabricación de componentes de riego en la economía y la infraestructura locales es doble, es decir, la fabricación de equipo de riego podría integrarse en la economía local existente y, de forma

simultánea, se podrían utilizar las posibles interconexiones con otros sectores industriales para lograr una economía mejor.

Papel de las plantas para fines múltiples como vinculaciones entre la fabricación de equipo de riego, la maquinaria agrícola y los bienes de capital para fines comunes relacionados con el agua

190. El nivel de complejidad tecnológica de los componentes de riego se extiende a una amplia gama y hay que tener presente que ese nivel depende del grado de integración elegido y de la vía tecnológica adoptada, es decir, que puede reducirse el nivel de complejidad tecnológica disminuyendo la tasa de integración o la producción en la fábrica, o simplificando los procesos de diseño, de fabricación o de ambas clases, y que se puede aumentar ese nivel complicando esos parámetros.

191. De lo expuesto se deduce con claridad que la fabricación de la mayoría de los componentes de riego requiere instalaciones bastante especializadas, a causa de que, con frecuencia,, se utilizan diferentes tecnologías de complejidad diferente. Es también importante observar que sólo deben tomarse en consideración unas instalaciones para fines múltiples si no existe una demanda de creación de instalaciones especializadas. Sin embargo, la producción con fines múltiples debe planificarse y ejecutarse como vía de entrada en el sector de fabricación de componentes de riego. Se debe considerar la planta para fines múltiples como un polo de desarrollo que, en su momento, confiará la fabricación de los productos a nuevas fábricas especializadas. El aumento de la demanda del mercado y el dominio de las tecnologías dentro de la fábrica para fines múltiples constituirán la base de esas posibilidades.

192. Para establecer instalaciones con fines múltiples, podría ser necesario el apoyo gubernamental, a fin de proteger a la industria de los proveedores internacionales en escala muy grande y totalmente automatizados, que han racionalizado los costos y pueden ofrecer en el mercado un producto más barato.

193. Hay que observar también que las instalaciones para fines múltiples deben planificarse teniendo en cuenta que los diversos productos manufacturados deben tener algunas características dominantes comunes, en cuyo contexto la naturaleza del equipo de producción no es el único factor que debe tomarse en consideración.

194. Por consiguiente, las instalaciones para fines múltiples pueden sugerirse como:

- Instalaciones de producción de conducciones y accesorios, para toda clase de fines, como riego, suministro y distribución de agua, etc.
- Instalaciones con fines múltiples, para bombas, válvulas y equipo agrícola ligero, como descascaradoras de arroz, secadoras, trilladoras, cultivadoras motorizadas, etc. En esas instalaciones se podrían planificar también la producción de sistemas de riego mecanizados.

195. Las dos clases de instalaciones mencionadas, que utilizan tecnologías de producción totalmente diferentes, pueden integrarse asimismo en una planta para fines múltiples, desde luego con talleres diferentes.

196. Por otra parte, las plantas de fines múltiples para la fabricación de bienes de capital, existentes en cualquier país en desarrollo, podrían adaptarse para la producción de componentes de riego. Esta posibilidad debe tenerse también en cuenta. Puede hacerse real mediante la planificación detallada y la ejecución de las medidas necesarias para adaptar la fábrica, y la adquisición de know-how de producción. A este respecto, pueden mencionarse como ejemplos típicos la adaptación de la producción de tubos de acero para fabricar conducciones de acoplamiento rápido (conducciones de riego) y la adición de la producción de bombas a las instalaciones de producción de maquinaria agrícola ligera existentes y la adquisición de todos los productos de fundición necesarios.

Papel de las empresas de escala pequeña y mediana en la transferencia de tecnología, la capacitación y la financiación

197. Las empresas pequeñas y medianas tienen las siguientes ventajas, en comparación con las grandes compañías:

- Pueden responder más flexiblemente a las oportunidades de mercado
- Son técnicamente más audaces e innovadoras, y
- Suelen confiar menos en las operaciones en la fábrica y más en la subcontratación, lo que facilita una mayor integración en la economía local.

198. Por consiguiente, las empresas pequeñas y medianas pueden desempeñar un importante papel en todos los aspectos relacionados con:

- Transferencia de tecnología
- Capacitación
- Financiación.

199. Transferencia de tecnología. Esas compañías pueden emprender cualquier clase de transferencia de tecnología, desde una empresa mixta hasta la simple adquisición de tecnología y know-how. Esto se debe a que son más flexibles en la negociación y, en cada caso, la decisión puede tomarse más rápidamente y sin demasiadas reglamentaciones y limitaciones internas. Esto se aplica a ambas partes, es decir, tanto a los proveedores de tecnología como a los que la adquieren.

200. Capacitación. La capacitación se considera elemento decisivo de supervivencia en la época actual. Familiarizarse con la tecnología requiere tiempo; hace falta mucha planificación e, inevitablemente, se necesitan largos períodos de capacitación. Incluso en los países occidentales, en donde la industrialización se ha vuelto sumamente compleja, los procesos de aprendizaje necesarios han sido subestimados grandemente por los usuarios, y a menudo sólo se considera la capacitación en segundo lugar. La transferencia internacional de tecnología de fabricación está aumentando. Ante los problemas inherentes a las grandes poblaciones rurales y la escasez de recursos de fuerza de trabajo de formación superior, los principiantes de los países en desarrollo deben dar a la capacitación la importancia debida. Los países en las primeras etapas de su desarrollo necesitarán unas ofertas globales de capacitación más amplias.

201. Hacen falta conocimientos especiales en un nivel detallado para establecer industrias específicas (por ejemplo, de fabricación de equipo de riego). La capacitación de esa clase de personal va más allá de la simple educación oficial. Se requiere mucha capacitación en el trabajo de ingenieros y de mano de obra de producción. Los conocimientos especializados desarrollados y transmitidos en la capacitación específica en el trabajo o en la planta constituyen una parte importante de la tecnología dominada por la compañía de fabricación. Por consiguiente, es aconsejable adquirir el know-how y la tecnología y obtener la capacitación técnica de un mismo proveedor.

202. A este respecto, hay gran número de compañías de escala mediana, algunas de ellas empresas especializadas en capacitación, que pueden desempeñar un papel importante al proporcionar programas de capacitación para países en desarrollo en cada esfera especializada.

203. Al mismo tiempo, las empresas de escala mediana y pequeña de los países en desarrollo, que desean entrar en la fabricación de componente de riego, debe considerar la capacitación como elemento decisivo para la supervivencia y adquirirla como partida de inversión.

204. Financiación. Las limitaciones financieras pueden considerarse como obstáculo principal para el desarrollo de los sectores industriales en general y la fabricación de equipo de riego en particular en los países en desarrollo. Sin embargo, si se tiene en cuenta la prioridad y la interrelación de la fabricación de equipo de riego y la producción agrícola, y su papel en garantizar los alimentos, en la mayoría de los países en desarrollo se podría superar las limitaciones financieras eligiendo una política y estrategia adecuadas para asignar los recursos disponibles.

205. Además de los recursos financieros interiores, casi todos los institutos de financiación internacionales, como el Banco Mundial, el Banco Asiático de Desarrollo, etc., consideran la financiación de planes de riego como proyectos de alta prioridad para los países en desarrollo. A este respecto, se puede negociar con esos organismos a fin de extender su apoyo financiero a los proyectos de fabricación de equipo de riego.

206. Otras posibilidades financieras para establecer la fabricación de equipo de riego en los países en desarrollo son las siguientes:

- a) Utilización de la financiación para la exportación del país de los proveedores de la maquinaria
- b) Financiación mediante acuerdos de trueque (compensación)
Es tarea difícil, pero hay muchos de esos ejemplos de financiación de proyectos industriales; por consiguiente, se debe explorar esta posibilidad para financiar proyectos de fabricación de equipo de riego
- c) El suministro de maquinaria y la compra del producto para su reventa en otros mercados puede tomarse también en consideración, entre los proveedores con participación internacional en el mercado y los países en desarrollo con ventajas comparativas en la fabricación. Este método debe utilizarse siempre con una empresa mixta y sólo es aplicable a un número limitado de productos y de países
- d) Acuerdos de CET
La construcción, explotación y transferencia (CET) se aplica normalmente a los proyectos de escaso riego y gran viabilidad, como los de suministro de servicios. Para aprovechar esta posibilidad, deben garantizarse la demanda del mercado, los impuestos y derechos arancelarios de importación de materiales y otros insumos, y la orientación de los precios de venta según los precios internacionales, durante un período limitado, a fin de que esos acuerdos resulten atractivos para los proveedores de maquinaria o las compañías de cartera o de financiación normalmente interesadas en ellos.

207. La elección de alguno de los métodos mencionados de financiación, o de otros, deberá hacerse en cada caso particular evaluando todas las posibilidades, a fin de encontrar la solución óptima.

**VII. OBSTACULOS Y BARRERAS ENCONTRADOS PARA ESTABLECER
Y DESARROLLAR PROYECTOS DE RIEGO, PLANTAS DE
FABRICACION DE EQUIPO DE RIEGO**

Problemas que acompañan a la agricultura de regadío

208. Es evidente que el potencial para aumentar la productividad mediante la agricultura de regadío en los países en desarrollo es grande, pero el resultado de los sistemas de riego ha sido profundamente decepcionante. Un riego deficientemente administrado ha tenido graves efectos perjudiciales, entre ellos inundaciones, arregamientos, aumentos de la salinidad del suelo y destrucción de su potencial de productividad, y difusión de enfermedades de transmisión acuática o relacionadas con el agua. Los agricultores de los extremos finales de los sistemas de riego por acequias reciben por lo general un suministro de agua insuficiente, inoportuno y poco fiable, que los disuade de la adopción de prácticas agrícolas más productivas. Los rendimientos de los cultivos siguen siendo bajos. La eficiencia del riego, definida como la cantidad de agua suministrada a la zona radical de los cultivos en porcentaje de la cantidad suministrada, es generalmente sólo del 30%. Hay un gran potencial para aumentar la producción, así como la eficiencia de la utilización del agua.

209. Diversas deficiencias de la administración del riego se derivan de una planificación insuficiente (con objetivos limitados, falta de realismo y olvido de los aspectos no relacionados con el riego), defectos de diseño (olvido de la necesidad de una explotación flexible, el desarrollo en la propia explotación agrícola y el drenaje), y especialmente deficiencias de la explotación y el mantenimiento. Muchas deficiencias actuales de la gestión del riego están relacionadas con metodologías y problemas institucionales. Una buena gestión del riego requiere enfoques y métodos multidisciplinarios, pero la especialización favorece la tendencia opuesta. En particular, la capacitación y la formación profesional en ingeniería civil recompensan y valoran la construcción, pero olvidan y subestiman las actividades decisivas de la explotación y el mantenimiento.

210. Los cambios institucionales son de interés y responsabilidad nacionales, pero el apoyo exterior puede fomentar y catalizar esos cambios. En muchos países se están adoptando medidas para remediar las deficiencias, pero la flexibilidad multidisciplinaria es difícil dentro de las instituciones especializadas existentes.

Obstáculos que se oponen a las plantas de fabricación de equipo de riego

211. En la mayoría de los países en desarrollo, un conjunto de barreras estorba el desarrollo del sector de bienes de capital en general y de la fabricación de equipo de riego en particular. Aunque el tipo de barreras puede cambiar según los países, hay siempre algunas que son típicas y que tienen repercusiones negativas en el desarrollo de instalaciones de fabricación. Por consiguiente, resulta necesario tratar de enunciar algunas de ellas:

- a) El tamaño del mercado, que se estudia normalmente junto con las economías de escala de la fabricación, puede considerarse como una importante barrera para el desarrollo de la fabricación de equipo de riego en los países en desarrollo. Los mercados regionales o comunes entre algunos países en desarrollo pueden considerarse como medida correctora a este respecto.
- b) La fluctuación de la demanda del mercado interno, especialmente observable en el mercado de maquinaria agrícola en general y de equipo de riego en particular, es probablemente tan importante como el tamaño medio del mercado en sí. Ninguna industria puede existir en un ambiente de máximos y mínimos espectaculares. Para reducir la posibilidad de que se produzcan fluctuaciones, puede ser útil la planificación y consideración detenidas del concepto de una fabricación con fines múltiples o flexible, que, sin embargo, no siempre es fácil de aplicar y ejecutar.
- c) La falta de capital es otra limitación importante.
- d) En comparación con todos los demás sectores industriales, la necesidad de mano de obra especializada es máxima en el caso de la industria de bienes de capital en general y de la fabricación de equipo de riego en particular. La capacitación de mano de obra calificada y semicalificada requiere tiempo. Las soluciones a corto plazo no siempre son posibles, ni siquiera cuando se dispone de recursos financieros.

- e) La falta de infraestructura social o técnica puede ser una de las principales desventajas para la construcción de plantas de fabricación de equipo de riego. Los servicios técnicos básicos, como los de fundición, forjado, tratamiento térmico, etc. constituyen parte de la infraestructura técnica necesaria para fabricar equipo de riego y otra maquinaria agrícola.

- f) La falta de suministro de materiales brutos (hierro y acero) y de otros metales (aluminio) y de una industria de alimentación (motores eléctricos, producción de engranajes, etc.) puede aumentar las deficiencias de suministro, a causa de la falta de divisas para la importación o de dificultades para obtener licencias de importación.

212. Puede encontrarse una explicación más detallada de las limitaciones para la industrialización en los países en desarrollo en cierto número de documentos publicados, disponibles en la ONUDI y en otros organismos de las Naciones Unidas^{14/}.

VIII. ESTRATEGIAS Y POLITICAS
(PAPEL DE LA COOPERACION INTERNACIONAL)

213. El riego ha ido ganando importancia continuamente en la civilización humana. La mayoría de las personas bien informadas en materia de riego están seguras de su perpetuidad, siempre que se practique inteligentemente. La duración de la población civilizada depende probablemente de muchos factores, de los cuales una agricultura permanentemente rentable es de importancia decisiva.

214. La importancia del riego en el mundo de hoy ha sido bien expresada por N.D. Gulhati, de la India:

"El riego en muchos países es un arte antiguo, tan viejo como la civilización, pero para el mundo entero es una ciencia moderna, la ciencia de la supervivencia."

215. La presión de la supervivencia y la necesidad de suministros de alimentos adicionales necesitan la rápida expansión del riego en todo el mundo. Aunque el riego es de primera importancia en las regiones áridas de la tierra, se está volviendo cada vez más importante en las regiones húmedas.

216. La experiencia obtenida en los últimos decenios en los EE.UU. y por los principales productores de productos agrícolas ha mostrado que el riego de tierras cultivadas es un medio eficaz de salvaguardar el suministro de alimentos que el mundo necesita.

217. En todo el mundo se riegan unos 250 millones de hectáreas de tierra cultivada, especialmente en las regiones áridas, que representan alrededor del 15% del total de tierra cultivada. En esa parte comparativamente pequeña de tierra cultivada, se produce aproximadamente del 30 al 40% del total de alimentos.

218. El riego eficiente y apropiado requiere maquinaria y equipo diversos. La falta de disponibilidad en el mercado o los precios muy altos del equipo de riego son las principales limitaciones en la mayoría de los países en desarrollo para la debida aplicación de los sistemas de riego por la mayoría

de los agricultores. Por consiguiente, de acuerdo con otras medidas como:

- Acceso a la tierra y a los recursos naturales
- Acceso a los insumos y servicios
- Acceso a los canales de distribución, comercialización, precios de elaboración e incentivos
- Acceso a las instituciones
- Acceso a la educación y la capacitación
- Etc.

deben crearse las instalaciones necesarias para la producción económica de maquinaria agrícola fundamental en general y de equipo de riego en particular.

219. Como componentes fundamentales del riego moderno, la producción de conducciones de acoplamiento rápido, hechas de acero galvanizado o aluminio, resulta recomendable.

220. Las conducciones de acoplamiento rápido y los rociadores son los componentes fundamentales de los sistemas de riego con rociadores de tubo. Los sistemas de esta clase pueden aplicarse en terrenos muy diversos; los sistemas de gran densidad de mano de obra (portátiles y de desplazamiento manual), así como los completamente mecanizados, como los de conjunto sólido, pueden establecerse si se dispone de conducciones de acoplamiento rápido y de rociadores. Los sistemas de rociadores de tubo son apropiados para los planes de riego en pequeña escala, y por consiguiente de gran utilidad para un número elevado de países en desarrollo.

221. La fabricación de conducciones de acoplamiento rápido se realiza en un taller de fabricación de tubos; en el caso de las conducciones de acero, por el proceso E.R.W., y en el del aluminio por procesos de soldadura no ferrosa. Los diámetros de los tubos (50 a 220 mm) y el espesor de sus paredes y su resistencia al agua a presión requieren talleres de fabricación especialmente diseñados.

222. Para fabricar conexiones y otros adaptadores necesarios, se requieren operaciones normales de taller, como corte, prensado, maquinado, soldadura,

montaje, etc., que podrían realizarse en instalaciones de fabricación de bienes de capital con fines múltiples. Para fabricar rociadores se necesitan instalaciones de fundición (fundición a troquel) para metales no ferrosos.

223. En la mayoría de los países en desarrollo se dispone sin dificultad de los conocimientos y el know-how necesarios para las actividades de taller mencionadas. Deberán adquirirse los detalles de diseño y el know-how de producción que requieran esos sistemas.

224. La producción de componentes de sistemas de riego por goteo puede recomendarse para un número elevado de países en desarrollo. El proceso de producción es bastante simple y su dominio puede lograrse en un corto tiempo.

Políticas y estrategias en el nivel gubernamental

225. Para la creación de instalaciones de fabricación de equipo de riego en los países en desarrollo deben tenerse en cuenta en el nivel gubernamental las políticas y estrategias siguientes:

- a) Apoyar la investigación sistemática de tierras agrícolas y las posibilidades de aplicar los diversos sistemas de riego.
- b) Sobre la base de esa investigación fundada y detenida, se debe estimar el mercado potencial y el mercado efectivo de componentes y equipo de riego, y hacer previsiones al respecto a plazo corto y largo. Ese estudio de mercado podría ser apoyado por el gobierno.
- c) Apoyo de la preparación de estudios de viabilidad detallados de la fabricación de componentes de riego determinados durante la mencionada investigación de mercado. Al realizar esos estudios de viabilidad podrían investigarse las diversas tecnologías de producción y la aplicación de instalaciones para fines múltiples, compararlas, y seleccionar la solución óptima.

226. Será de importancia principal la elaboración de estrategias y políticas gubernamentales para fomentar los proyectos de fabricación de equipo de riego. Esas políticas de promoción deben proporcionar los incentivos necesarios para que el sector privado invierta en la fabricación de equipo de riego. Las medidas de promoción podrían ser, entre otras, las siguientes:

- Exenciones de impuestos y derechos para la importación de maquinaria e instalaciones de fabricación
- Exenciones de impuestos y derechos para la importación de materiales brutos e insumos
- Exoneraciones temporales de impuestos (por 5 años al menos)
- Medidas de protección gubernamental, como la aplicación de derechos arancelarios y exacciones a la importación de los componentes de riego ya fabricados localmente, etc.
- Concesión de préstamos en condiciones favorables para la ejecución de proyecto de fabricación de equipo de riego
- Etc.

227. Apoyo de la investigación y desarrollo en materia de riego en general y de equipo y sistemas de riego apropiados para las condiciones locales en particular. Participación y cooperación con las compañías y grupos locales de consultores e ingeniería, desde la fase de iniciación hasta las fases posteriores a la ejecución en la realización de cualquier proyecto.

228. La elección de un método apropiado de ejecución de proyectos, por ejemplo, realizando toda la ingeniería básica y la ingeniería detallada mediante un grupo de trabajo de gestión e ingeniería del proyecto. Todas las piezas de equipo o disciplinas de contratación se someterán a licitación competitiva. En otras palabras, se trata de evitar el método de ejecución de proyectos llave en mano. Desde luego, ese método de ejecución de proyectos, en comparación con el de llave en mano, resulta más difícil y requiere más conocimientos especializados para su aplicación, pero en cambio es el único posible para que los ingenieros locales aprendan en el trabajo a diseñar, ejecutar y vigilar la ejecución de los proyectos. Este sistema garantiza también la conservación por el cliente del control de las características de

las instalaciones y asegura asimismo que se adquirirá la oferta más competitiva para cada componente del proyecto, sin alza de precios por ningún contratista. Ello evita la desventaja principal de los contratos llave en mano, que es la pérdida de control de las características convenientes de diseño e instalación, sin padecer cambios de precios no sometidos a las disciplinas de la licitación competitiva.

Políticas y estrategias en el nivel internacional

229. El concepto de "un mundo único" no es nuevo. En las Naciones Unidas, la Astronave Tierra es una metáfora aceptada. En 1980, la comunidad de naciones aprobó una estrategia internacional para el desarrollo que reflejaba su reconocimiento de la interdependencia esencial y general entre las naciones. En este contexto, aprovechar las posibilidades de cooperación internacional para acometer con éxito la fabricación de componentes de riego será uno de los muchos ejemplos satisfactorios de cooperación internacional. Las esferas más importantes de cooperación internacional son:

a) Asistencia de capital y técnica. La asistencia de capital y técnica a los países en desarrollo, tanto multilateral como bilateral, se ha convertido en parte importante del marco internacional de la agricultura y desempeñará un papel fundamental en la modernización de la agricultura en los países en desarrollo. A este respecto, resulta posible y provechosa para los países en desarrollo la utilización de algunas ayudas extranjeras para la implantación de la fabricación de equipo agrícola en general y de equipo de riego en particular.

b) Investigación y transferencia de tecnología. El logro del necesario crecimiento a largo plazo de la productividad agrícola, que depende del riego y de la aplicación de equipo de riego, debe basarse, entre otras cosas, en innovaciones técnicas. Una gran parte de la investigación y derivación de tecnologías es específica de cada zona y debe realizarse dentro del país de que se trate, a menudo en relación con las condiciones particulares de las distintas regiones, pero se debe lograr su integración y fecundación cruzada a escala internacional.

c) Las empresas mixtas de producción de equipo de riego serán un buen medio de promover esos proyectos.

d) Realización de la cooperación regional entre cierto número de países en desarrollo. Esta será una buena medida correctora de la falta de demanda suficiente para iniciar la producción económica de equipo de riego en algunas zonas.

e) Acuerdos de compensación (acuerdos de trueque) para financiar proyectos de equipo de riego.

Notas

- 1/ Milos Holy, Bewaesserungswirtschaft, vol. 14, N^o 1, abril de 1979.
- 2/ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), "Calidad del agua para la agricultura" (Estudio FAO: Riego y Drenaje, N^o 29), Roma 1976.
- 3/ G. Garbrecht, Bewaesserungswirtschaft, vol. 14, N^o 1, abril de 1979.
- 4/ Bewaesserungswirtschaft, vol. 14, N^o 1, abril de 1979, página 110.
- 5/ Eaton y Harding, 1959.
- 6/ Hagan, Haise y Edminster, "Irrigation of agricultural land", Agronomy N^o II, 1967, Madison, Wisconsin (EE.UU.).
- 7/ FAO, "Las necesidades de agua de los cultivos" (Estudio FAO N^o 24).
- 8/ Beckett y Robinson, "Irrigation of agricultural land", Agronomy N^o II, 1967, Madison, Wisconsin (EE.UU.).
- 9/ "Irrigation of agricultural land", Agronomy N^o II, 1967, Madison, Wisconsin (EE.UU.).
- 10/ Carter y Hartwig, 1962; en íbid.
- 11/ Whit y Van Bavel, 1955; Herpich, 1963; en íbid.
- 12/ Marr y Hemphill, 1928; Eric, 1963; en íbid.
- 13/ Harris y Hawkins, 1942; Beckett y Dunstee, 1932; en íbid.

- 14/ - Centro de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de las Naciones Unidas, "Statistical survey of endogenous capacities in science and technology for development", mayo de 1983.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), "Producción de equipo eléctrico en los países en desarrollo: Opciones y estrategias. Un análisis de once estudios de casos nacionales", Serie de documentos de trabajo sectoriales N^o 25 (UNIDO/IS.507 y UNIDO/IS.507/Add.1) y N^o 26 (UNIDO/IS.509), 1985.
- "Methodology for analysis of obstacles and their remedies in technology transfer in the Arab region" (E/ECWA/NR/SEM.3/BO.5), 1981.