



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

IWMI, Serie Latinoamericana: No. 16

**DETERMINACIÓN DE LAS PRIORIDADES DE
MANTENIMIENTO EN LOS SISTEMAS DE RIEGO
TRANSFERIDOS: LA APLICACIÓN DEL
PROCEDIMIENTO MARLIN EN EL DISTRITO DE
RIEGO ALTO RÍO LERMA, MÉXICO**

Philippus wester, Gez Cornish y José Jesús Ramírez-Calderón



INSTITUTO INTERNACIONAL DEL MANEJO DEL AGUA

***DETERMINACIÓN DE LAS PRIORIDADES DE
MANTENIMIENTO EN LOS SISTEMAS DE RIEGO
TRANSFERIDOS: LA APLICACIÓN DEL
PROCEDIMIENTO MARLIN EN EL DISTRITO DE
RIEGO ALTO RÍO LERMA, MEXICO***

Philippus Wester, Gez Cornish y Jose Jesus Ramirez-Calderon



Los autores: Philippus Wester es Experto Asociado en Manejo del Agua en la oficina del IWMI en México. Gez Cornish es Ingeniero especializado en Riego en la Unidad para el Desarrollo en el Exterior de HR Wallingford. José Jesus Ramirez-Calderon es Investigador Asociado en Manejo del Riego en la oficina del IWMI en Mexico.

Agradecimientos: Los autores agradecen a los integrantes de la mesa directiva y al personal técnico de la AUA Irapuato y la SRL del Distrito de Riego Alto Río Lerma por su entusiasta colaboración. Expresan también su reconocimiento al Ing. Eduardo Arciga Aburto y al Ing. José Raymundo Rocha Sanchez, dos profesionales con un conocimiento profundo de los problemas de mantenimiento. Agradecen también los aportes y el apoyo a este trabajo por parte del Dr. Carlos Garcés-Restrepo, el Dr. Wim H. Kløezen y el Dr. Christopher A. Scott. El IWMI reconoce y agradece el apoyo financiero a este estudio otorgado por el Consejo Británico (oficina en México), la Embajada Británica en México y el Gobierno de los Países Bajos. Además, el IWMI desea agradecer el apoyo financiero para su trabajo en general que recibe de los siguientes Gobiernos, Bancos de Desarrollo, Agencias y Fundaciones: Australia, Brasil, Canadá, China, Dinamarca, Unión Europea, Francia, Alemania, India, Irán, Japón, los Países Bajos, Noruega, Paquistán, Sur África, Suecia, Suiza, Taiwán, Turquía, Reino Unido y Estados Unidos de América: el Banco Asiático de Desarrollo, Banco Africano de Desarrollo, la FAO, Fundación Ford, Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola y Banco Mundial.

Wester, P., G. Cornish y J. J. Ramírez-Calderón. 2000. Determinación de las prioridades de mantenimiento en los sistemas de riego transferidos: La aplicación del procedimiento MARLIN en el Distrito de Riego Alto Río Lerma, México. IWMI, Serie Latinoamericana No. 16. México, D.F., México: Instituto Internacional del Manejo del Agua.

© IWMI, 2000. Todos los derechos reservados.

El Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación, uno de los dieciséis centros apoyados por el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR), fue creado por un Acta del Parlamento de Sri Lanka. El Acta está actualmente siendo revisada para que se lea Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI), por su sigla en inglés.

Los autores asumen toda la responsabilidad por el contenido de esta publicación.
Traductores: Nora A. de Allende y Carlos Garcés-Restrepo

PRESENTACIÓN DE LA SERIE

El Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI, por su sigla en Inglés) fue establecido en el año de 1984 con sede en Colombo, Sri Lanka. El IWMI empezó actividades en Latinoamérica cuando en mayo de 1990 co-patrocinó con la Comisión Internacional de Riego y Drenaje una sesión especial sobre el Manejo del Agua en Latinoamérica. en el marco del Decimocuarto Congreso Internacional de la Coinisión. Posteriormente, en noviembre de 1991, el Instituto organizó en compañía del Instituto Nacional de Ciencia y Técnicas Hídricas de la Argentina, un Seminario Internacional sobre Sisteinas de Riego Manejados por sus Usuarios.

Los dos eventos anteriores abrieron campo al IWMI para buscar establecer un programa regular en Latinoamérica. Fue así como en el año 94 abrió su Programa de Mexico, seguido en el 95 por el Programa Regional Andino con sede en Cali, Colombia. Este último culminó en septiembre del 97.

El programa del IWMI en Mexico continúa ininterrumpido hasta la fecha y es así como éste da origen a la idea de esta "IWMI, Serie Latinoamericana" que aquí se presenta. El Instituto aspira, por medio de esta publicación, dar a conocer mas ampliamente en la región, los resultados de los trabajos de investigación ejecutados por nuestros investigadores y/o sus colaboradores. Aunque la idea inicial es dar cabida únicamente a aquellos trabajos directamente relacionados con el Instituto, no pensamos descartar, en manera alguna, la posibilidad de dar espacio a otras contribuciones consideradas pertinentes a las metas globales del Instituto.

Como puede esperarse, el futuro de la serie dependerá de la aceptación y retro-alimentación recibida de parte de la comunidad a la cual está dirigida: forjadores de políticas relativas al recurso agua, investigadores afines a la problemática del recurso, organizaciones e individuos involucrados, en una u otra forma, en aspectos técnicos, institucionales, económicos y sociales del manejo del agua, particularmente a la región latina pero en general a nivel global. Para sus comentarios, en español o inglés, puede comunicarse a cualquiera de las dos direcciones que aparecen en el reverso de esta publicación.

Atentamente

Carlos Garcés-Restrepo, Coordinador Serie Latinoamericana

ÍNDICE

PRÓLOGO	XV
RESUMEN	XVII
1 INTRODUCCIÓN	1
2 PROCEDIMIENTOS PARA UNA MEJOR PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE RIEGO	5
2.1 Introducción.....	5
2.2 Marco conceptual para la planificación del mantenimiento del riego.....	6
2.2.1 <i>Nota sobre las definiciones del mantenimiento</i>	6
2.2.2 <i>Las obras de los sistemas de riego y los tipos de fallas</i>	9
2.2.3 <i>La vinculación del mantenimiento del riego con los estándares de servicio</i>	13
2.3 El MARLIN como procedimiento para una mejor planificación del mantenimiento	15
2.3.1 <i>El procedimiento MARLIN</i>	15
2.3.2 <i>La aplicación del procedimiento MARLIN</i>	18
3 EL MANTENIMIENTO DEL RIEGO EN MÉXICO	23
3.1 El desarrollo del riego en Mexico.....	23
3.2 La transferencia del manejo del riego	21
3.3 Los arreglos institucionales para el mantenimiento del riego después de la transferencia	30
4 LA APLICACIÓN DEL MARLIN EN EL DISTRITO DE RIEGO ALTO RÍO LERMA	35
4.1 Procedimientos de mantenimiento en el distrito de riego Alto Rio Lerma ..	35
4.2 La aplicación del MARLIN en la red secundario del DR 011	40
4.2.1 <i>El mntenimiento en el Módulo Irapuato</i>	40
4.2.2 <i>La aplicación del MARLIN en el Módulo Irapuato</i>	44
4.2.3 <i>Comparación entre las yrioridades de mantenimiento</i>	50
5 CONCLUSIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	

ANEXOS

Anexo 1: Formatos para la evaluación de la condición de la infraestructura

- 1a. Toma (ó Regulador **de** Carga)
- 1b. Regulador Transversal con Compuertas
- 1c. Toma con Compuerta
- 1d. Tramo de Canal
- 1e. Estructura de Medición de Gasto
- 1f. Vertedero Lateral/Escape
- 1g. Drenaje
- 1h. Caída/Tobogán
- 1i. Tubería de Drenaje Transversal (Alcantarilla)
- 1j. Acueducto/Cañada
- 1k. Sifón
- 1l. Camino de Inspección

Anexo 2: Costos de mantenimiento prioritarios

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Tipo de falla y su efecto sobre la función de el bien (obra).	12
Cuadro 2.	Inversiones públicas en el sector agrícola (10 ⁶ pesos constantes de 1960). .26	
Cuadro 3.	Gastos de mantenimiento por la AUA Irapuato, 1992-2000.	41
Cuadro 4.	Inventario de infraestructura en el modulo Irapuato.	45
Cuadro 5	Lista de prioridades de mantenimiento del modulo Irapuato generada por MARLIN, octubre 1998.	49
Cuadro 6.	Prioridad de mantenimiento por MARLIN vs lo planeado por el modulo. ..	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Estrategias para planear mantenimientos periódicos (de CUR, 1995).....	10
Figura 2.	Diagrama de flujo del procedimiento de planeación del mantenimiento bajo MARLIN.	19
Figura 3.	Organigrama de una Asociación de Usuarios del Agua (AUA).	33
Figura 4.	Localización del Distrito de Riego Alto Rio Lerma.	36
Figura 5.	Ciclo de planeación del mantenimiento post-transferencia.	38
Figura 6.	Gastos de mantenimiento de la AUA Irapuato.	42
Figura 7.	Gastos de mantenimiento de la AUA Irapuato, excluyendo contingencias..	43
Figura 8.	Croquis de localización de canales y secciones del Modulo Irapuato.....	46
Figura 9.	Pantalla de MARLIN para las secciones 19 y 20 del Módulo Irapuato.	47
Figura 10.	Distribución de puntajes de las condiciones de tramos de canales y estructuras. bajo MARLIN.	50

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

AUA	Asociacion de Usuarios del Agua
BMZ	Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (Ministerio Federal para la Cooperación Científica y el Desarrollo, Alemán)
CH	Comité Hidráulico
CNA	Comision Nacional del Agua
CNI	Comision Nacional de Irrigación
DFID	Department <i>for</i> International Development (Departamento para el Desarrollo Internacional, Inglaterra)
DGIS	Directoraat Generaal Internationale Samenwerking (Direccion General de Desarrollo Internacional, Holanda)
DRARL	Distrito de Riego Alto Rio Lerma
MARLIN	Maintenance <u>a</u> nd Rehabilitation of Irrigation Networks (Mantenimiento y Rehabilitación de Redes de Riego)
MMC	Millones de metros cúbicos
O&M	Operación y Mantenimiento
SAG	Secretaria de Agricultura y Ganadería
SARH	Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos
SRH	Secretaria de Recursos Hidráulicos
SRL	Sociedad de Responsabilidad Limitada
TMR	Transferencia del Manejo del Riego

PRÓLOGO

El presente trabajo ataca un tema de gran controversia en la agricultura bajo riego: el mantenimiento de los sistemas. En el contexto de México es de gran importancia ya que actualmente esta vigente (aunque no siempre se aplica) una norma que sugiere a los módulos de riego invertir el 60 por ciento de sus ingresos en las tareas de mantenimiento. Aunque, en principio, este porcentaje podría verse como algo sano, con el fin de proteger la infraestructura de riego, a veces puede ser un impedimento para la estabilidad misma del módulo. En algunos casos, podría ser que no fuera necesario ejecutar tan alto gasto en este renglón, e iría en detrimento de otras actividades o en el mayor valor requerido de las tarifas de riego.

Esta publicación trata sobre este tema por medio de una investigación que ha realizado el programa del IWMI-México, y sus colaboradores, sobre la aplicabilidad de un paquete de computador, el MARLIN. El objetivo central es tratar de establecer, objetivamente, algunas prioridades en las actividades de mantenimiento en algunos módulos de riego, en el área central de la república mexicana. Cada tarea va asociada a su correspondiente costo y así dependiendo del presupuesto disponible puede tomarse una mejor decisión en cuanto a las tareas que deben ejecutarse, así como las consecuencias o posible impacto de no hacerlas.

La publicación nos hace un recuento de lo que ha sido el programa de la transferencia del manejo de los distritos de riego (IDR) en México, el cual ha dado origen a un buen número de transformaciones en la forma como se venían manejando estos. Los aspectos relacionados con el mantenimiento de los sistemas ha ocupado siempre un lugar importante en el proceso de TMR por las preocupaciones que existían sobre el impacto que los nuevos arreglos institucionales podrían traer sobre la sostenibilidad de la infraestructura. Debemos recordar que una de las premisas del TMR es que los usuarios, al tomar control del manejo, podrían llevar a cabo una mejor labor de operación y mantenimiento que la que existía hasta entonces. Reconociendo que este no es el tema central de esta publicación, le toca juzgar al lector si los resultados de esta investigación dejan entrever alguna luz en este sentido.

Directamente con el tema, los autores aplican el MARLIN en el contexto de los módulos de riego y hacen una comparación entre los resultados obtenidos con el MARLIN y los del módulo por medio de su procedimiento normal. Los resultados indican que el modelo definitivamente es una herramienta útil y podría ser de gran beneficio una vez se adapte mejor a las condiciones de trabajo existentes. El paquete presenta algunas limitaciones que son discutidas por los autores. También es bueno saber que la aplicación del MARLIN

trae otros beneficios colaterales como es la actualización del inventario de las obras de infraestructura del módulo -- requisito indispensable para su aplicación.

Como siempre, esperamos que el lector **nos** envíe sus comentarios y sugerencias; y que de ser posible se anime a aplicar el **modelo** (del dominio público **sin** costo alguno) en su propio contexto.

Carlos Garcés-Restrepo
Coordinador Serie Latinoamericana

RESUMEN

La actividad de mantenimiento' en los Asociaciones de Usuarios del Agua representa entre el **50 y 60 %** de su presupuesto total: por lo tanto se debe realizar una planeación adecuada para optimizar los recursos económicos. De esta manera HR Wallingford desarrolló un sistema computacional para la planeación de mantenimiento y rehabilitación de redes de riego y drenaje (MARLIN por sus siglas en inglés). Se trata de un procedimiento que apoya la planeación de mantenimiento basándose en información objetiva, siendo simple su aplicación y de fácil entendimiento. Los pasos para la aplicación del programa son: actualizar o crear el inventario de infraestructura, determinar la condición de las obras, generar la lista de prioridades y preparar el plan de mantenimiento. Con la utilización del programa se evalúa la funcionalidad hidráulica y la condición estructural de la obra en función de su impacto y se genera un expediente para cada tramo, estructura, canal o concepto de trabajo. Este expediente sirve para el control y seguimiento de las obras y además, para proporcionar informes y gráficos.

En el módulo Irapuato del Distrito de Riego 011 "Alto Rio Lerma" en el estado de Guanajuato, el IWMI-México aplicó el MARLIN, en colaboración con la AUA, para evaluar su funcionamiento y utilidad. Los resultados indican que el procedimiento de MARLIN es una buena herramienta de apoyo en la elaboración y planeación de los programas de mantenimiento. Ofrece una serie de ventajas con respecto a los métodos existentes para determinar las prioridades de mantenimiento, al proporcionar un procedimiento estándar en la evaluación de la condición de las obras en campo y para clarificar programas basados en criterios verificables con el fin de establecer las necesidades y prioridades más apremiantes: para hacer más eficiente la aplicación de los recursos económicos, así como de tener la actualización del inventario de infraestructura hidroagrícola que es el punto de partida en su programación. De las prioridades generadas por MARLIN, las que mayor problema presentan son los tramos, registrándose un **28 %** de ellos en buen estado, un **38 %** como malos y el **34 %** como muy malos; mientras que para las estructuras el **85 %** de ellas están en buen estado, un **1 %** es regular, un **1 %** como malo y un **13 %** su condición es muy mala.

¹ Vale anotar que en México es común usar la palabra "conservación" en reemplazo de "mantenimiento", vocablo muy común en el resto de Latinoamérica. En esta publicación se utiliza la palabra mantenimiento en lugar de conservación, aunque son iguales.

SUMMARY

Maintenance expenditures account for around 50 to 60% of the total budget of Water Users' Associations (WUAs) in Mexico, making cost-effective maintenance planning crucial. For this purpose HR Wallingford developed a procedure and software package for the Maintenance and Rehabilitation of Irrigation Networks (MARLIN). The procedure aims to ensure that maintenance planning is based on 'objective' information relating to the condition of system infrastructure and the impact of that condition on system performance. The application of the procedure consists of the following steps: defining and rationalizing the infrastructure inventory, determining infrastructure condition, generating the maintenance priority list and preparing the annual maintenance plan. Through the program the hydraulic functionality and the condition of the infrastructure is evaluated and linked to system performance. In addition, a file is created for each canal reach, structure and work item, which serves to monitor the history of maintenance activities and to generate reports.

In the Irapuato Módulo of Irrigation District 011 "Alto Rio Lerma" in the State of Guanajuato, IWMI applied MARLIN in collaboration with the WUA, to evaluate its performance and utility. The results indicate that the MARLIN procedure is a good tool for elaborating maintenance plans. It offers a number of advantages over existing subjective methods of determining maintenance priorities by giving the user a standardized procedure for evaluating infrastructure condition and for elaborating maintenance plans using objective criteria to prioritize need and target expenditure, while also providing the user with a permanent record of the number of assets, their condition and past maintenance history. The maintenance priorities generated by MARLIN for the módulo showed that the canal reaches present the main problem, with only 28% in good condition, while 38% were in bad condition and 34% in very bad condition. Concerning the structures, 85% were found to be in a good condition, 1% in a normal condition, 1% in a had condition and 13% in a very had condition.

1 INTRODUCCIÓN

En épocas recientes, el sector del agua **en** México ha sufrido reformas radicales. La creación de la Comisión Nacional del Agua (CNA) en 1989, la transferencia del manejo de los distritos de riego del estado a las asociaciones de usuarios (AUA) a partir de 1990 y la promulgación de una nueva ley de aguas **en** 1992 **son** un ejemplo de esto. En el plano internacional, el programa de Transferencia del Manejo del Riego (TMR) ha sido considerado un éxito y ha atraído gran atención por la rapidez con que **fue** implementado (Gorritz et al., 1995). Entre 1990 y 1996, el manejo de 2.92 millones de **ha** de tierras irrigadas de un total de **3.36** millones de ha fue transferido a las **AUA**. Para fines de 1999, esta cifra se **había** elevado a 3.16 millones de ha (CNA, 1999a).

La literatura **nos** insta a tomar nota de los ingredientes fundamentales del éxito de México: el fuerte compromiso del liderazgo político con el programa de TMR y la creación de marcos jurídicos e institucionales apropiados. **Se** dice que los precursores del programa de TMR fueron la crisis económica **en** México durante los años **80**, la subsiguiente gran disminución de los fondos gubernamentales para el sector de la irrigación y la brusca reducción en el pago de tarifas por los usuarios del agua. Esta situación presuntamente llevó a un difundido deterioro de la infraestructura de riego causado **por** el aplazamiento del mantenimiento, que convenció al gobierno de la necesidad de reformar radicalmente **el** sector de la irrigación (Gorritz et al., 1995; Johnson, 1997; Palacios, 1997, 1998; Kloezen et al., 1997).

Para los propósitos de este documento, se considera ya cumplido el programa de TMR (véase Rap et al., 1999, para un análisis de los procesos políticos e institucionales que llevaron a su formulación). Nos concentraremos en los procedimientos de mantenimiento del riego adoptados después de la TMR y **en** la posibilidad de mejorar la eficiencia **en** relación con el costo del mantenimiento. Según un estudio reciente, la TMR **no** ha revertido la tendencia a reducir las inversiones **en** el mantenimiento del riego **en** México, lo cual constituye un gran motivo de preocupación.

*“Lo conservación de las obras sigue ieniendo serios problemas después la transferencia. Lo preocupante es que a partir de 1995 las inversiones bajaron, **con** un pequeño aumento en 1997, pero insuficiente como **para** llegar a los niveles de inversión que tenía la CNA **en** 1991, antes de iniciar el proceso de transferencia. Esta disminución se explica **por** la menor participación de la CNA (...) y por una menor inversión de los usuarios, como consecuencia de menores ingresos, por la devaluación de las tarifas de riego y **por** limitaciones en disponibilidad de agua.”* (Palacios, 1998:60-61)

El fracaso en mantener adecuadamente los sistemas de riego se percibe como un problema importante en muchos otros países además de México. Se podría argumentar que las políticas de TMR en gran medida han sido formuladas como respuesta a los fondos gubernamentales inadecuados para el mantenimiento del riego y a la expectativa de que la TMR mejorará el mantenimiento de los sistemas de riego gracias a la participación de los usuarios (Vermillion, 1997; Skutsch, 1998). No obstante, para que se concrete esta expectativa se requieren no sólo arreglos institucionales apropiados sino también procedimientos para la planificación de un mantenimiento del riego eficiente en relación con su costo. Las decisiones acerca de la planificación del mantenimiento ordinariamente se dejan al juicio de los ingenieros encargados de las responsabilidades del mantenimiento, tanto en los sistemas manejados por el gobierno como en los transferidos. Las decisiones con frecuencia se basan en una evaluación intuitiva de la importancia relativa de las estructuras que hay que mantener, desde el punto de vista tanto técnico como social, de la condición de las estructuras y de los costos involucrados. Por consiguiente, es poco realista suponer que el mantenimiento del riego mejorara como resultado de la TMR si los procedimientos para una mejor planificación del mantenimiento no son parte integral del programa de TMR.

En este entorno, HR Wallingford creó el procedimiento MARLIN (Maintenance and Rehabilitation of Irrigation Networks. Mantenimiento y Rehabilitación de Redes de Riego). Este procedimiento pretende asegurar que la planificación del mantenimiento se base en información concerniente a la condición real de la infraestructura de riego y los impactos de esa condición sobre el desempeño. Al combinar una evaluación de la condición de una obra con el conocimiento de sus funciones esenciales y su localización dentro del sistema de riego, el procedimiento MARLIN deriva una medida indirecta del impacto de la condición de esa obra en el desempeño. Esas medidas se usan entonces para generar una lista de prioridades de mantenimiento. El procedimiento MARLIN ofrece una serie de ventajas con respecto a los métodos existentes para determinar las prioridades de mantenimiento, al proporcionar un procedimiento estandarizado para evaluar la condición de las obras en el campo y para formular programas de mantenimiento basados en criterios verificables con el fin de establecer las prioridades de las necesidades de mantenimiento y orientar los gastos.

EIWI y HR Wallingford aplicaron en 1998 y 1999 el procedimiento MARLIN en una AUA de un distrito de riego transferido en México, con el propósito de comprobar su utilidad para la planificación del mantenimiento del riego en el país. Las AUA en México emplean a su propio personal administrativo y técnico y pretenden ser autosuficientes cobrando a sus miembros una tarifa por el servicio de riego. El mantenimiento representa

el conjunto **mas** grande de gastos de las AUA y en promedio constituye el 60% de sus presupuestos anuales. En consecuencia, los procedimientos mejorados de planificacion del mantenimiento pueden ofrecer beneficios considerables a las AUA en Mexico, dado que un factor importante que influye en el éxito y la sustentabilidad de las AUA es la forma en que mantienen la infraestructura de riego.

El procedimiento MARLIN fue aplicado en el Modulo Irapuato del Distrito de Riego 011 en el estado de Guanajuato (Ramirez-Calderon y Wester, 1999). **Se** seleccionó este modulo porque el IWMI ha efectuado investigaciones **en** el Distrito 011 desde 1995 y porque la AUA expreso un gran interés en la actividad. Los objetivos del estudio eran:

- ◆ evaluar la utilidad del procedimiento MARLIN para elaborar planes de mantenimiento eficiente en relación con su costo para las AUA en Mexico;
- ◆ analizar cómo las prioridades de mantenimiento son actualmente determinadas por el personal de las AUA y cómo la “importancia” y condicion de una obra influye en la toma de decisiones;
- ◆ promover el empleo amplio del procedimiento en todos los distritos de riego de Mexico si su aplicacibn tenía éxito y si se consideraba que satisfacía una necesidad a nivel de las AUA.

En cuanto a los alcances de la investigacion, es importante señalar que el programa de computación MARLIN todavia esta **en** la fase de prototipo y tiene varias limitaciones, en particular en cuanto a su capacidad de mapeo. Además, esta investigación no aborda directamente cuestiones tales como las relaciones entre el mantenimiento aplazado y los beneficios perdidos y la política de planificación del mantenimiento. Si bien estas cuestiones son importantes para un manejo sustentable del agua y hasta el momento han recibido muy poca atencion, estan fuera del ambito de la actividad de investigación informada aquí.

El resto de **este** informe detalla la evaluación del procedimiento MARLIN. El Capitulo 2 presenta un examen de los procedimientos de planificacion del mantenimiento y describe el procedimiento MARLIN. El Capitulo 3 se concentra **en** los problemas subyacentes vinculados con el mantenimiento de los sistemas de riego en Mexico y los cambios en los procedimientos de mantenimiento como resultado de la TMR. El tema del Capitulo 4 es la aplicación del procedimiento MARLIN en el Módulo Irapuato. Por ultimo, en el Capitulo 5 se exponen los resultados del estudio y las recomendaciones surgidas de él.

2 PROCEDIMIENTOS PARA UNA MEJOR PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

2.1 Introducción

En los diez años transcurridos hasta 1993, el préstamo medio anual combinado para obras de riego y drenaje por el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento y la Asociación Internacional para el Desarrollo fue de 980 millones de dolares, que representan alrededor del 7% de sus préstamos conjuntos totales. En el mismo periodo, el Banco Asiático de Desarrollo prestó unos 500 millones de dólares anuales para proyectos de riego. Aproximadamente dos terceras partes de los préstamos internacionales recientes para riego fueron a los sistemas de rehabilitación que habían sufrido fallas técnicas prematuras. En consecuencia, no es sorprendente que muchos consideren el mantenimiento como un elemento de enorme importancia para la sostenibilidad de los sistemas de riego. A pesar de este consenso, todavía se señala en muchas partes el financiamiento inadecuado del mantenimiento de la infraestructura de riego (Skutsch, 1997; Carruthers y Morrison, 1994; Gulati y Svendsen, 1994). Sin embargo, como advierten Carruthers y Morrison (1993: 55) "asignar mas dinero al problema del mantenimiento... es muy poco probable que lo resuelva. Es mucho mas probable que, sin otros cambios, se desperdicien los recursos adicionales."

Un importante esfuerzo por mejorar el mantenimiento del riego en épocas recientes ha sido la TMR, que pretende, entre otras cosas, aumentar los fondos y los incentivos para un mejor mantenimiento. No obstante, los cambios en los procedimientos de mantenimiento son tan importantes como los cambios institucionales si realmente se desea mejorar el mantenimiento del riego. En los sistemas de riego mas grandes, se requieren procedimientos estructurados y cuantitativos para la planificación del mantenimiento y la determinación de las prioridades. Esos procedimientos deben basarse en un marco que distinga los tipos de mantenimiento, esclarezca la función de las obras de riego y las consecuencias de su fracaso y vincule el mantenimiento del riego con estandares de servicio. En este capítulo se presenta un marco de ese tipo y se describe un procedimiento para una mejor planificación del mantenimiento, el MARLIN, basado en ese marco.

2.2 Marco conceptual para la planificación del mantenimiento del riego

2.2.1 Nota sobre las definiciones del mantenimiento

Para establecer un procedimiento eficaz de planificación del mantenimiento, es esencial tener un conocimiento claro de los tipos de mantenimiento y sus propósitos. En México, como en muchos otros países, se usa una serie de términos vinculados con el mantenimiento. Estos términos a menudo han sido definidos vagamente e interpretados en forma diferente por distintas personas u organismos. Para una mayor claridad, consideramos necesario examinar varias definiciones del mantenimiento, tanto en la forma en que se usan en México como en la que empleamos en todo este informe. Sobre la base de este examen, se presenta una matriz del mantenimiento que sirve como base para el marco de planificación del mantenimiento del riego descrito en este capítulo.

Se pueden clasificar las tareas de mantenimiento por la frecuencia con que se realizan, por sus efectos pretendidos sobre la obra mantenida o por la magnitud del trabajo realizado. A continuación se presentan ejemplos de términos usados a menudo y sus definiciones comúnmente sobrentendidas.

Termino	Definición
Mantenimiento normal o de rutina	Tareas efectuadas ordinariamente cada año
Mantenimiento especial o de emergencia	Mantenimiento necesario a causa del daño causado por acontecimientos imprevisibles como las inundaciones, o trabajo imprevisto y urgente requerido para prevenir fallas estructurales serias y la consiguiente pérdida de función.
Mantenimiento diferida	Actividades de mantenimiento no realizadas a causa de la falta de recursos o por otras razones.
Mantenimiento de recuperación	Trabajo de mantenimiento efectuado conforme a programas especiales para reducir o eliminar el mantenimiento aplazado, o para abordar problemas surgidos del insuficiente mantenimiento normal.
Mantenimiento preventivo	Medidas tomadas para resolver un deterioro menor antes de que se inhiba la función.

Los ingenieros mexicanos comúnmente usan los términos siguientes para diferenciar las distintas tareas de mantenimiento. De ellos, el término conservación es el usado con más frecuencia.

Termino	Definicion
Conservación	Trabajo periódico ejecutado para retener o restablecer la configuración original o la especificacion de una obra. No se hace distincion entre las medidas preventivas y las correctivas. Normalmente implica trabajo mas pesado y el empleo de maquinaria.
Mantenimiento	Actividades correctivas y en pequeña escala, periódicas pero ad hoc , efectuadas para asegurar la continuidad de la condición de una obra. Principalmente asociadas con intervenciones manuales.
Rehabilitación	Programa importante de trabajo para abordar los efectos acumulados del mantenimiento inadecuado y restaurar una obra con el fin de que recobre su condicion original de diseiio. Por lo general entraña intervenciones fisicas y costos importantes y puede producirse solo una o dos veces en la vida de un sistema.
Modernización	Intervención importante para introducir tecnologias nuevas en un sistema, lo cual implica un cambio en el diseño original .

Estos terminos, como se los usa en Mexico y en el plano **internacional**, mezclan nociones de causa, objetivo y frecuencia y pueden impedir pensar con claridad **en el propósito o el** objetivo de las distintas **tareas** de mantenimiento. Es mas **útil** un marco que **distinga** entre los trabajos **correctivos** y los **preventivos** y la frecuencia planeada de **intervención** (Thoreson *et al.*, 1997; Verdier y Millo, 1992), por ejemplo:

Término	Definicion
Mantenimiento correctivo	Toda medida tomada para restablecer un determinado grado de funcionalidad o desempeiio. Es una medida tomada despues de que ha fallado un componente o se ha deteriorado el desempeño .
Mantenimiento preventivo	Toda medida tomada para mantener el desempeiio de una obra y reducir las probabilidades de futuras fallas o deterioro. El mantenimiento de este tipo es impulsado por las evaluaciones periódicas de la condicion o por un programa sistemático de mantenimiento que establece medidas con una determinada frecuencia.

En **relación** con la frecuencia de **intervención**, comunmente se definen **tres** categorias de mantenimiento:

Termino	Definición
Mantenimiento de rutina	Trabajo efectuado en forma continua. Por lo general es de caracter menor y puede ser realizado de manera manual con poco o ningun uso de materiales. El mantenimiento de rutina incluye medidas preventivas, como la lubricación y la pintura , y medidas correctivas, como cortar la maleza y eliminar cantidades pequeñas de sedimento .
Mantenimiento periodico	Trabajo efectuado con intervalos fijos o irregulares. En el caso de las obras de alto costo/alto riesgo , en general hay intervalos programados de mantenimiento con especificaciones para la inspeccion y los reemplazos . En el caso de las obras sencillas de bajo costo , comunes a los sistemas de riego, la inspeccion es más informal y es irregular el mantenimiento periodico .
Mantenimiento de emergencia	Tareas imprevistas de mantenimiento a causa de emergencias. No se puede planear cuando y dónde se efectua este mantenimiento. pero se debe apartar un presupuesto suficiente para este proposito. basado en las probabilidades y la magnitud de los daños o fallas imprevistos.

Las distinciones entre las medidas correctivas y las preventivas y la clasificación del trabajo segun la frecuencia de **intervención** son **útiles** para **planificar** el mantenimiento segun su impacto **en el** **desempeño**. La **combinación** del tipo de mantenimiento y su frecuencia da como resultado la **matriz** de mantenimiento presentada a **continuación**, que debe constituir la **base de los** procedimientos apropiados de **planificación** de la **inspeccion** y el **mantenimiento** con el fin de **establecer** la **prioridad** de las **tareas** (segun Thoreson *et al.*, 1997).

Frecuencia	Tipo de mantenimiento
Mantenimiento de rutina	Correctivo
	Preventivo
Mantenimiento periodico	Correctivo
	Preventivo
Mantenimiento de emergencia	Correctivo
	Preventivo

Para **muchos** organismos de riego, el mantenimiento **periódico** (anual) y el de **emergencia** consiste principalmente en un **mantenimiento correctivo** efectuado en respuesta a **quejas**, **niveles** **inaceptables** de **desempeño** o **temores** por la **seguridad** de las **estructuras** (véase la **Figura 1**, estrategia 1). El **mantenimiento preventivo** comunmente se limita a trabajos

realizados con **un** mínimo **gasto** como parte del mantenimiento de **rutina**. En ocasiones se pueden realizar tareas preventivas dentro de un programa de mantenimiento **periódico** o como trabajo de emergencia, **normalmente** para prevenir una **falla estructural seria**. El mantenimiento preventivo periódico programado tiende a limitarse a los componentes de alto costo o alto riesgo, como las **bombas**, los mecanismos electromecánicos de las compuertas y los componentes de las presas grandes u otras estructuras importantes (véanse las estrategias 2, 3 y 4 en la Figura 1). Para la mayoría de las obras de riego de escaso valor de capital, la estrategia de mantenimiento **deseable** o **pragmático** se basa en la condición de la obra (estrategia 5 en la Figura 1). La **inspección periódica** planeada debe constituir la base para **realizar trabajos** de mantenimiento preventivo o correctivo. El propósito es avanzar de una “cultura de estrategia 1” a una “cultura de estrategia 5”.

2.2.2 *Las obras de los sistemas de riego y los tipos de fallas*

El mantenimiento debe asegurar **que** las estructuras, canales y caminos (las obras de infraestructura) que constituyen un sistema de riego pueden cumplir sus funciones individuales y operar **juntos** para suministrar un estándar aceptable de servicio a los agricultores y otros interesados afectados por el sistema de riego. Las funciones primarias de las obras de riego y drenaje se pueden agrupar bajo las siguientes categorías:

- ◆ Adquisición y almacenamiento del agua
- ◆ Conducción del agua (suministro o remoción)
- ◆ **Control** y medición del agua

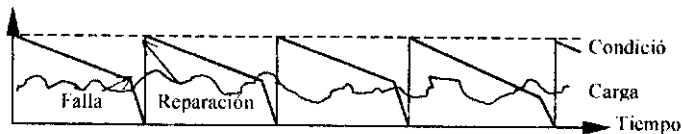
Las funciones adicionales pueden incluir:

- ◆ Protección ambiental, incluyendo la salud y la seguridad de los seres humanos
- ◆ Suministro de transporte a través de los **caminos de acceso** a los canales

Al **planificar la asignación** de los recursos para el mantenimiento, es útil identificar:

- ◆ los posibles tipos de fallas de las obras;
- ◆ el efecto de las fallas en la **función** de las obras; y
- ◆ el **impacto** de la **pérdida de función** de una obra sobre el “desempeño del sistema de riego”.

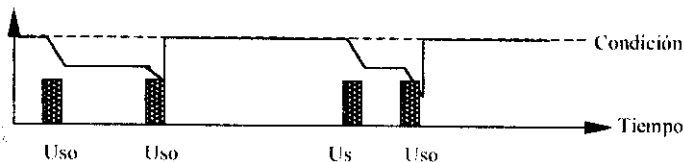
1. **Mantenimiento en base a fallas (Periódico o Emergencia, Correctivo)** = El mantenimiento ocurre solo cuando la obra ha fallado funcional o estructuralmente.



2. **Mantenimiento basado en tiempos (Periódico, Preventivo)** = El mantenimiento se hace en tiempos programados, se basa en inspecciones regulares entre mantenimientos.



3. **Mantenimiento con base en el uso (Periódico, Preventivo)** = El mantenimiento se hace después de que la obra ha sido utilizada un número fijo de veces, con base en seguimiento a la frecuencia de uso.



4. **Mantenimiento con base a la carga (Periódico, Preventivo)** = Mantenimiento ejecutado después de que una carga determinada ha sido excedida, con base al seguimiento de las cargas.



5. **Mantenimiento condicionado (Periódico, Preventivo o Correctivo)** = Mantenimiento ejecutado cuando la condición de deterioro excede un límite predeterminado, con base al seguimiento de la condición.

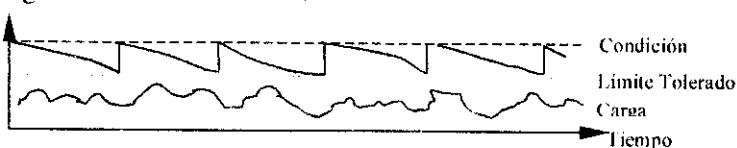


Figura 1. Estrategias para planear mantenimientos periódicos (de CUR, 1995).

El tercer punto es el mas importante ya que es obvio que el mantenimiento **deficiente** puede tener un efecto marcadamente **negativo** sobre el desempeño del sistema de riego. Sin embargo, el grado de ese **impacto** es tema de debates (véase Levinc, 1986) y es **difícil** de determinar para las obras individuales ya que en la velocidad del deterioro y el **impacto** de este sobre el desempeño del sistema influyen muchos factores, tanto Asicos como sociales. En vista de la diversidad de factores que pueden **influir** en las necesidades de mantenimiento, es dudoso el concepto de un nivel "adecuado" de mantenimiento aplicable a todos los sistemas, si bien es **útil** al establecer un punto de referencia para el **financiamiento**. Como los fondos para mantenimiento **son** invariablemente limitados, es importante que se **asignen** los presupuestos sobre la **base** de las necesidades. con el tin de salvaguardar los gastos de capital **iniciales** y asegurar el funcionamiento continuo del sistema de riego.

En el Cuadro I se sintetizan los tipos de fallas que pueden afectar los canales, estructuras y caminos y sus posibles efectos sobre la función de las obras. En la importancia de cualquiera de esos tipos de fallas y, por consiguiente, en la prioridad asignada a su **reparación**, influyen el riesgo físico y **financiero** asociado con la falla y la **localización** de la obra dentro del sistema. El **mantenimiento** de obras que influyen en un área grande tendrá mayor importancia que el de obras **similares** que controlan un área mas pequeña. Los problemas de carácter gradual, acumulativo. pueden ser considerados **menos** importantes que los que amenazan **con** producir una súbita falla estructural sustancial, con la consiguiente **pérdida** de suministro y un alto **costo** de reparación. No obstante **son** los problemas graduales, como la **acumulación** de sedimento o malezas, los que inciden directamente en la capacidad de conducción y, por lo tanto, **en** el desempeño hidráulico. El deterioro estructural o mecánico puede en definitiva amenazar con una falla **costosa** o peligrosa, pero, **en las etapas** tempranas, tiene un **limitado** o **ningún** efecto sobre el desempeño hidráulico.

La distinción entre problemas graduales, crónicos, y **aquellos** que amenazan **con** una súbita falla **catastrófica**, es una simplificación. Problemas tales como la fricción y la erosión y el envejecimiento y deterioro de los materiales, que pueden conducir a una falla súbita y catastrófica, **son** en si mismos procesos graduales. Del **mismo** modo, la **acumulación** gradual de sedimento o **malezas** puede dar como resultado el desbordamiento y la apertura de **brechas** en los canales cuando el control es deficiente. Es mas **útil** **distinguir** entre fallas que influyen en la conducción y el control y, por consiguiente, en el **desempeño** hidráulico, y aquellas que influyen basicamente en la integridad estructural o mecánica. Las **primeras** requieren mantenimiento **correctivo** ya que inciden en cierta medida en el desempeño del sistema, mientras que las **últimas** exigen **medidas** preventivas para evitar una falla catastrófica en el **futuro**.

Cuadro 1. Tipo de falla y su efecto sobre la función de el bien (obra).

Tipo de Obra	Tipo de Problema/Falla	Efecto sobre la Función
Canales	Acumulación de azolve o maleza en canales	Reducción gradual en la capacidad de transporte.
	Crecimiento de malezas en los taludes.	Reducción de acceso al canal
	Erosión de taludes/perdida de la sección de diseño	Reducción del "borde libre" → reducción de carga → riesgo de falla y colapso estructural
	Infiltraciones	Reducción en oferta → riesgo de falla en talud.
	Deterioro del revestimiento	Aumento en filtraciones → reducción en oferta → riesgo de erosión de taludes
Estructuras	Acumulación de azolve ó basuras → bloqueo	Reducción en la capacidad de carga.
	Compuerta(s) dañadas ó pérdidas	Pérdida de carga / niveles de control
	Falla de componentes electromecánicos	Pérdida de carga / niveles de control
	Fugas (vía sellos, juntas o fisuras)	Reducción de Oferta y/o pérdida de control
	Asentamientos, desplazamientos	Posible falla estructural → pérdida de control o capacidad de carga.
	Erosión y abrasión	Posible falla estructural → pérdida de control o capacidad de carga.
	Deterioro, fatiga de material	Posible falla estructural → pérdida de control o capacidad de carga.
	Infiltraciones	Posible falla estructural → pérdida de control o capacidad de carga.
Vías de Acceso, Inspección	Taludes inestables, retención de suelo	Posible falla estructural → pérdida de control o capacidad de carga.
	Deterioro superficial Erosión de la banca, falla.	Aumento en tiempo de recorridos Reducción en capacidad, riesgo de falla súbita
	Taponamiento de alcantarillas (tuberías transversal de drenaje)	Riesgo de falla estructural.

Levine (1986) señala que un sistema de riego puede tolerar cierta reducción en la capacidad de conducción sin efectos sobre los rendimientos de los cultivos, gracias a la

transgresión de la obra muerta de diseño, los esfuerzos de los agricultores por manejar mejor un suministro reducido y la tolerancia de los cultivos a una carencia limitada de agua. En el párrafo anterior se sugiere que algunas formas de deterioro estructural no tienen ninghn impacto sobre el control o la capacidad de conduccion, aunque pueden en última instancia conducir a una falla estructural súbita y grave. En consecuencia, hay ciertos “niveles tolerables de deterioro” para varios de los tipos de fallas enumerados en el Cuadro 1. La referencia a sus impactos sobre el desempeño hidraulico y la amenaza a la integridad estructural deberían idealmente determinar esos grados de tolerancia. En ausencia de indicadores cuantitativos sencillos mediante los cuales se puedan identificar los grados aceptables de tolerancia para cualquier canal o estructura, la inspección de las obras y la planificación del mantenimiento se han basado en el “pálpito intuitivo” para juzgar cuando se deben tomar medidas preventivas o correctivas.

2.2.3 *La vinculación del mantenimiento del riego con los estándares de servicio*

La discusión anterior hace frecuente referencia al desempeño hidraulico del sistema de riego que hay que mantener. Los agricultores y el personal de operaciones pueden fácilmente mencionar evaluaciones subjetivas y cualitativas del desempeño del sistema, aludiendo a la adecuacion y oportunidad del suministro. No obstant, rara vez se usan estandares cuantitativos de servicio, basados en datos cuantitativos sobre el desempeño hidraulico y/o agricola reunidos con regularidad, que puedan ser aplicados por los usuarios y los proveedores de servicios en relación con la planificación del mantenimiento, porque:

- ◆ La recolección y análisis ordinario de los datos operativos, con la intensidad requerida para alertar tempranamente acerca de las necesidades de mantenimiento correctivo, no son considerados una inversión practica por muchos organismos de riego.
- ◆ Las mediciones del desempeño hidraulico deben estar vinculadas con estimaciones de los impactos economicos si se desea que constituyan una base para el tradicional análisis de costos y beneficios. Los supuestos simplificadores hechos al calcular los beneticios podrian llevar a errores.

Además, la vigilancia del desempeño o los estandares de servicio en esta forma no detectaría el comienzo del deterioro estructural y mecanico de obras que no influyen de inmediato en la conducción. Ese deterioro solo puede ser identificado mediante la inspección de la obra para evaluar el riesgo de una falla y sus consecuencias.

Los estándares cuantitativos de servicio que se deben mantener en el manejo de un sistema de riego no estan bien establecidos. Las obligaciones del diseio y las cantidades completas de suministro son bien conocidas y se usan para propósitos de diseio. Los

mismos valores proporcionan un evidente punto de partida para la definición de un estándar de servicio en comparación con el cual se juzgue el desempeño, siempre que se tenga en cuenta toda modificación significativa del patrón de cultivo, el área de comando o la operación del sistema. Sin embargo, los problemas prácticos y los costos asociados con la vigilancia cuantitativa del desempeño y las dificultades que se pueden presentar al distinguir entre restricciones operacionales y del mantenimiento, implican que rara vez se aplique este criterio. Más bien, los agricultores y el personal del organismo de riego se basan en “estándares” especulativos o subjetivos al evaluar la adecuación del riego y las necesidades de mantenimiento de los canales. Estos “estándares” se basan en la percepción individual o de un grupo de la conducción o la capacidad de control adecuadas y dan lugar a disputas acerca de la meta y el grado en que se ha logrado ésta. Con pocas mediciones o valores de referencia, la línea que separa el deterioro tolerable del intolerable está mal definida. La evaluación cualitativa del grado actual de subdesempeño se combina con la evaluación del riesgo futuro y el costo de reparación. No se efectúa una estimación formal del beneficio sino que se tienen en cuenta evaluaciones especulativas al comparar distintas tareas de mantenimiento. La vinculación de la planificación del mantenimiento con el desempeño hidráulico y los estándares de servicio se realiza entonces como parte de una evaluación cualitativa más amplia del riesgo, los beneficios y los costos.

Rara vez se presenta una justificación del mantenimiento (Skutsch, 1998). Sin embargo, al planificar el mantenimiento correctivo es posible aplicar una serie de supuestos simplificadores concernientes a la disponibilidad real y potencial del agua, la superficie y la producción de cultivos y emplear el análisis de costos y beneficios para justificar y asignar prioridad a los gastos. Cuando se contempla el mantenimiento preventivo, se deben formular otros supuestos concernientes al momento y la magnitud de las fallas resultantes de la inacción. No se dispone de esos modelos de las fallas y, por consiguiente, las decisiones de la planificación se deben basar en el “juicio técnico más acertado”. En la práctica, el juicio técnico más acertado es el criterio normalmente aplicado por los organismos de riego al planificar el mantenimiento anual de carácter correctivo o preventivo. Hay muchos ejemplos de serio deterioro y los consiguientes costos elevados de reparación resultantes del insuficiente mantenimiento preventivo. Esto puede a su vez llevar a que se aplacen otras obras y se establezca un ciclo de creciente deterioro de la condición.

En síntesis, un instrumento ideal para la planificación del mantenimiento emplearía la vigilancia cuantitativa regular del desempeño hidráulico, que hace posible la vinculación directa entre la condición de las obras individuales y el desempeño del sistema. Esto se complementaría con inspecciones de las obras que permiten la evaluación del riesgo de

una falla y sus consecuencias para el desempeño del sistema. En ausencia de este instrumento ideal, los ingenieros de mantenimiento tienen que basarse en el “pálpito intuitivo” o el “juicio técnico más acertado”. El procedimiento MARLIN pretende orientar el juicio técnico, pero evita las grandes demandas de datos asociadas con la vigilancia ordinaria del desempeño hidráulico.

2.3 El MARLIN como procedimiento para una mejor planificación del mantenimiento

2.3.1 *El procedimiento MARLIN*

Cuando los sistemas son pequeños, los problemas de mantenimiento son sencillos y la operación es bien conocida por el personal, puede ser adecuado el criterio intuitivo de resolver los problemas a medida que se presentan. En los sistemas más grandes, donde el personal no está familiarizado con toda la red o no es evidente de inmediato la causa de un subdesempeño observado, se requiere un procedimiento más estructurado y cuantitativo para la planificación y la asignación de prioridades de mantenimiento. El procedimiento MARLIN fue creado precisamente con este propósito². Pretende asegurar que la planificación del mantenimiento se base en información cuantitativa y verificable concerniente a la condición de la infraestructura del sistema y el impacto de esa condición en el desempeño del sistema. La evaluación sobre el terreno de la condición de las obras se usa para determinar la funcionalidad hidráulica y la condición estructural. Al combinar la evaluación de la condición con la función clave de la obra y la localización de ésta en el sistema de riego, se deriva una medida indirecta del impacto de la condición de la obra en el desempeño hidráulico. Esta medida se usa luego para clasificar la importancia de las tareas tanto preventivas como correctivas.

El procedimiento MARLIN se aparta de la evaluación intuitiva de las necesidades y prioridades de mantenimiento, que se basa mucho en las habilidades técnicas de los individuos, y proporciona procedimientos más verificables y estandarizados. ofrece una

² El desarrollo inicial y la evaluación sobre el terreno de procedimientos para una mejor planificación del mantenimiento fueron realizados en Sri Lanka con fondos del DDI y en forma conjunta con el Departamento de Irrigación. Se elaboraron procedimientos sistemáticos prácticos para la inspección sobre el terreno con el fin de evaluar la condición de las obras, junto con procedimientos para establecer las prioridades de mantenimiento sobre la base de la condición de las obras, el área cubierta y el tipo de obra. Se elaboró un programa de computadora para apoyar estos procedimientos.

serie de ventajas con respecto a los procedimientos de planificación existentes al proporcionar:

- ◆ Un instrumento de planificación para los programas de mantenimiento periódico usando criterios objetivos para asignar prioridades a las necesidades de mantenimiento y orientar los gastos.
- ◆ Procedimientos sencillos y estandarizados de evaluación de la condición de las obras, que vinculan la condición con la función hidráulica y la estabilidad estructural.
- ◆ La evaluación de la necesidad de trabajos de mantenimiento correctivo y preventivo.
- ◆ Orientación sobre la relativa prioridad de las necesidades, con libertad para no tenerla en cuenta cuando haya una justificación.
- ◆ Un registro permanente de la cantidad de obras, su condición y su historia anterior de mantenimiento.

El desarrollo del procedimiento fue orientado por los siguientes criterios:

- ◆ Las evaluaciones de la condición deben basarse en una inspección rápida y sencilla sobre el terreno, que pueda ser efectuada por personal relativamente poco capacitado.
- ◆ La evaluación de la condición debe reflejar la capacidad de la obra de cumplir su función.

Puntuación de la condición Estado

100 – 81	Bueno – Una respuesta “Si” a una o mas preguntas vinculadas con una falla menor. No hay deterioro estructural importante ni pérdida de la función hidráulica.
70 – 80	Regular – Indica perdida parcial de la función y/o cierto riesgo para la integridad de la obra. No es inmediatamente uraente la accibn.
51 – 69	Malo – Una pérdida de función y/o una amenaza en potencia seria a la integridad de la estructura. Hay que tomar medidas.
< 50	Muy malo – Falla efectiva.

Con el fin de cumplir con estos requisitos, se elaboraron formularios para los distintos tipos de obras, que presentaban al usuario una serie de preguntas que requerian una respuesta de Si o No. Las preguntas se formulan para evaluar la condieion de una obra en terminos de la funcion hidráulica y la estabilidad estructural. Las puntuaciones asociadas

con la condición reflejan el probable impacto de diferentes condiciones en la función hidráulica o la estabilidad estructural de la obra. La puntuación de la condición que se tiene en cuenta es la mas baja obtenida para esa obra (es decir, no se suman ni se promedian varias evaluaciones). Sobre la base de la puntuación asignada a su condición, se clasifica la obra como en una condición Buena, Regular, Mala o Muy mala:

El procedimiento MARLIN combina la puntuación de la condición de cada obra con información sobre el área de comando afectada por la obra y la importancia del tipo de la obra para clasificar los trabajos según sus impactos en el desempeño hidráulico del sistema. La importancia relativa del área de comando de una obra está determinada por a/A , donde “a” es la superficie comandada o afectada por la obra y “A” es el área total de comando del sistema de riego. Se usa un número de 1 a 4 para indicar la importancia de ese tipo de obra. En consecuencia, la prioridad del mantenimiento de una obra es una función de su condición, su área de comando y el tipo de obra. Para determinar el índice de prioridad, MARLIN usa la siguiente fórmula:

$$I_{\text{prio}} = (100 - I_{\text{cond}}) * \sqrt{(a/A)} * I_{\text{imp}}$$

donde:

I_{prio} = índice de prioridad

I_{cond} = puntuación de la condición de la obra

a = área afectada por la obra

A = área total de comando del sistema de riego

I_{imp} = importancia de la obra

Una segunda serie de formularios sirve de apoyo para una inspección más detallada de las obras por personal más capacitado. Esos formularios se usan para:

- ◆ La inspección de rutina de estructuras grandes, estratégicamente importantes.
- ◆ La inspección detallada de obras cuya condición ha sido identificada como Mala o Muy mala, o que causan preocupación por otras razones.

El procedimiento MARLIN no hace una evaluación cuantitativa de la mejora del desempeño hidráulico resultante de una determinada actividad de mantenimiento o del consiguiente beneficio financiero, por las siguientes razones:

- ◆ Para cuantificar el impacto del mantenimiento correctivo sobre el desempeño hidráulico en cualquier cosa que no sea el sistema de canales más sencillo, se requiere un sustancial esfuerzo de recolección de datos sobre los gastos existentes y requeridos y las condiciones de los canales.

- ◆ Vincular los trabajos de mantenimiento preventivo con el desempeño hidraulico resulta aún mas complejo por la necesidad de simular la probabilidad y el impacto de una futura falla en el desempeño.
- ◆ Para permitir el análisis de costos y beneficios de distintas tareas de mantenimiento, se deben convertir las posibles mejoras en el desempeño hidraulico en valores monetarios. Esto exige una nueva recolección de datos y supuestos que vinculen el mantenimiento con una mayor disponibilidad de agua y, posteriormente, con una mejor producción de los cultivos. El margen de error en cse calculo es tan grande que impide emplearlo.

23.2 *La aplicación del procedimiento MARLIN*

En la Figura 2 se muestran los pasos necesarios para aplicar el procedimiento MARLIN. El paso inicial de preparar o racionalizar un inventario del sistema y definirlo en el programa MARLIN es una actividad realizada “por única vez” cuando se aplica por primera vez el procedimiento en un sistema de riego. Los pasos siguientes se realizan cada vez que se prepara un plan de mantenimiento periodico.

a) La racionalización del inventario del sistema

Para aplicar el procedimiento y el programa MARLIN, todos los canales y estructuras dentro del sistema de riego deben ser definidos en una base de datos mediante la creación de un mapa del sistema. Muchos sistemas de riego conservan estructuras obsoletas que ya no son necesarias para satisfacer los requerimientos operativos actuales. Cuando una estructura es innecesaria y ya no se le da mantenimiento, debe ser omitida de la base de datos. Para esto tal vez se requieran consultas entre el personal de operación y los usuarios con el fin de identificar con claridad las estructuras innecesarias.

Los canales se definen como una serie de tramos para permitir la evaluación de la condición, la identificación de las restricciones y la orientación del trabajo. Se debe establecer un sistema lógico de nomenclatura, si no existe ya uno, que identifique los tramos y las estructuras. Una longitud estandar de los tramos de 1 a 1.5 km es normalmente apropiada, pero la ubicación precisa de los cortes de los tramos debe coincidir con la localización de estructuras o puntos donde la sección del canal cambia de revestido a no revestido, o de excavación a terraplen.

Por ultimo, al definir y racionalizar el inventario de obras, se debe determinar el area de comando afectada por cada obra ya que ésta es una de las entradas usadas por el

procedimiento para determinar las prioridades relativas de las necesidades de mantenimiento.

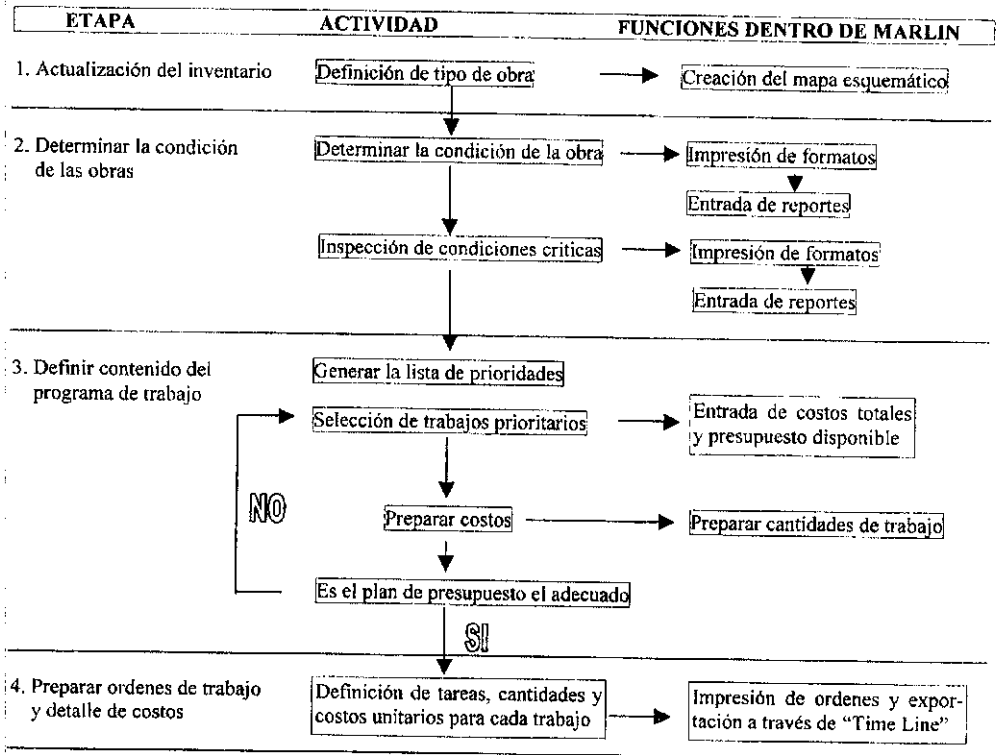


Figura 2. Diagrama de flujo del procedimiento de planeación del mantenimiento bajo MARLIN.

b) Definición de la condición de las obras

El segundo paso es efectuar una evaluación rápida de todas las obras usando los formularios generados por MARLIN y las pautas de evaluación establecidas en el manual del MARLIN. Esta evaluación corresponde a la inspección informal de las obras que forma parte de los procedimientos existentes para la planificación del mantenimiento,

mediante los cuales el personal de campo presenta solicitudes de presupuesto basadas en su propio conocimiento de las obras de las cuales son responsables. El procedimiento pretende formalizar esta base de conocimientos, estandarizar los criterios de evaluación usados por los distintos integrantes del personal y reunir los conocimientos en una base de datos central de tal modo que la asignación de prioridad a las necesidades se pueda basar en criterios más objetivos.

La inspección puede ser realizada por el personal de campo mientras realiza otras tareas; cuando se visita un tramo o una estructura, se completa un formulario de evaluación de la condición. Usando este método, se reúnen datos sobre la condición durante un período prolongado. Otra posibilidad es efectuar una encuesta de recorrido con el propósito específico de evaluar la condición. Sobre la base de la aplicación del MARLIN en Sri Lanka y México, se encontró que el personal y el tiempo requeridos para una encuesta de este tipo eran los siguientes:

- ◆ Velocidad estimada de la encuesta 2 km/h
- ◆ Tamaño del equipo de la encuesta 2 personas (una en cada orilla)
- ◆ Tiempo efectivo de trabajo por día 6 h

En consecuencia, un equipo de dos personas podría examinar en 10 días una unidad de canales secundarios de tamaño razonable, que abarcara 8,600 ha con 120 km de canales.

Idealmente, se debe efectuar anualmente una encuesta completa antes de la preparación del plan de mantenimiento anual. No obstante, cuando los recursos son limitados es más realista efectuar una encuesta total cada dos o tres años. En los otros años, los datos nuevos se reúnen únicamente para las obras que el personal piensa que requieren mantenimiento. De este modo, el procedimiento emula y formaliza los procedimientos existentes de planificación. La inspección más detallada para confirmar los resultados de la inspección rápida y preparar estimaciones más detalladas del costo de efectuar el mantenimiento requerido es orientada por los formularios de inspección para los ingenieros.

c) Definición de un esquema general y un programa detallado de trabajo

Una vez que se entra la información sobre la condición de las obras, el programa MARLIN calcula un “Índice de Prioridad” para cada obra, basado en la condición de ésta, la fracción del área de comando que afecta y la importancia del tipo de obra. El índice de prioridad clasifica todas las obras en la base de datos y se espera que las que encabezan la lista muestren el mayor beneficio resultante del mantenimiento. Se debe calcular el costo

de efectuar distintas tareas de mantenimiento y compararlo con el presupuesto disponible para determinar cuales tareas se realizaran y cuales se aplazaran. Por consiguiente, el MARLIN no sustituye sino que apoya al juicio técnico de los responsables de preparar calendarios de mantenimiento periódico. Normaliza los criterios usados por distintos miembros del personal para evaluar las necesidades de mantenimiento y, al combinar medidas de la condición, el área de influencia y la importancia de la obra, establece un vínculo empirico entre el mantenimiento y el beneficio. Todavía se necesita el juicio técnico para evaluar:

- ◆ El beneficio económico de toda tarea de mantenimiento y su costo.
- ◆ Los vínculos que pueden existir entre una serie de obras y su mantenimiento y, por lo tanto, la necesidad de agrupar juntas las tareas en una secuencia lógica.
- ◆ La importancia relativa de distintas funciones. Por ejemplo, es más importante mantener la infraestructura de drenaje o abastecimiento, o mantener las obras de cabecera que abastecen a un sistema pequeño o a un canal que tiene un área de comando más grande. Los beneficios de mantener estas funciones diferentes se pueden comparar mejor en términos de su resultante valor económico, que no es directamente deducible del procedimiento MARLIN. En consecuencia, tal vez se requiera otra evaluación técnica y económica para llegar a una asignación lógica de los fondos cuando un organismo efectúa el mantenimiento de obras con funciones notablemente diferentes.

Usando los resultados del procedimiento MARLIN como base para el juicio técnico y después de tener en cuenta los intereses y necesidades de los distintos interesados, se puede preparar un programa final detallado del mantenimiento para el periodo.

3 EL MANTENIMIENTO DEL RIEGO EN MEXICO

3.1 El desarrollo del riego en Mexico

El riego se ha practicado en Mexico desde la época prehispánica y para 1919 se regaban unas 800,000 ha (CNA, 1994). En la actualidad, mas de 6 millones de ha están equipadas con tecnología de riego y de ellas, 3.3 millones de ha están incluidas en 81 distritos de riego establecidos y hasta hace poco manejados por el gobierno federal, mientras que 2.7 millones de ha están en sistemas de riego manejados por los agricultores. Dentro del sector de la agricultura, la tierra regada aporta alrededor del 50% del valor total de la producción agrícola y representa aproximadamente el 70% de las exportaciones agrícolas. Si bien la agricultura solo constituye alrededor del 6.5% del PIB de México, es sin embargo un sector importante ya que emplea al 22% de la población económicamente activa (INEGI, 1998).

La expansión del riego en México en el siglo XX está estrechamente vinculada con los esfuerzos de los gobiernos posteriores a la revolución por estabilizar políticamente el país y lograr el desarrollo económico. Combinado con la definición del agua como propiedad nacional en el Artículo 27 de la Constitución de Mexico, que también otorga toda la autoridad al gobierno federal para administrar el agua, esto llevó a un mayor control federal del agua y la construcción de muchos sistemas nuevos de riego (Aboites, 1998).

En los años 20, el Presidente Calles inició un programa para la (re)construcción de sistemas de riego en gran escala. El programa tuvo su expresión jurídica en la Ley de Irrigación promulgada en 1926, que también creó la Comisión Nacional de Irrigación (CNI), la primera institución mexicana dedicada a planificar y establecer distritos de riego y su subsiguiente operación (véase Orive Alba, 1970). Un resultado político fundamental de las actividades de desarrollo del riego en los años 20 fue que los gobiernos posteriores continuaron apoyando grandes obras de riego que eran consideradas indispensables para la modernización agrícola (Alanís Patiño, 1950). No obstante, la continuidad no debe interpretarse como una ausencia de cambios. Desde fines de los años 20 en adelante, el contenido de la política de riego se convirtió en una función de los altibajos en la relación entre el estado y el campesinado. Esta relación giraba alrededor de la antigua tensión entre las políticas dirigidas al capital privado como forma de incrementar la producción agrícola y las orientadas al sector campesino para retener el apoyo político en las zonas rurales (Fox, 1992). En los años 30, el Presidente Cárdenas abordó este hecho en forma muy diferente a la de sus predecesores y procedió a cumplir la promesa revolucionaria de dar "la tierra a quien la trabaja", en especial en las regiones donde había grandes terratenientes

entre sus opositores políticos. Durante su período presidencial, casi la mitad de la superficie irrigada fue incorporada en los ejidos³ (Wionzeck, 1982).

En 1947, se creó la Secretaria de Recursos Hidraulicos (SRH), que asumió las funciones de la CNI. El objetivo declarado de la SRH era el uso integrado de los recursos hidricos y la concentración de los esfuerzos gubernamentales en este campo en “un solo organismo”. Durante los decenios siguientes y hasta la creación de la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) en 1976, la SRH aumentó su control sobre los distritos de riego mediante los Comités Directivos. El Comité Directivo es una institución creada en 1953 a causa de la creciente demanda de un sistema de atención de quejas y reivindicaciones (Palacios, 1994; Vargas, 1996). Cada distrito tenía que tener un comité de ese tipo, constituido por un representante de los ejidos y de los terratenientes privados, mas el jefe de distrito y los representantes de varios organismos gubernamentales relacionados con la agricultura. El Comité Directivo tenía autoridad oficial para planificar y decidir el monto de las tarifas del agua. Aboites (1998) señala que el Comité Directivo servía para fortalecer la influencia gubernamental sobre el uso del agua y la planificación de los cultivos, mas que para incorporar a los usuarios en el manejo del agua. Los representantes de los usuarios solo podían informar, proponer y sugerir. Greenberg (1970) concluye que los comités en realidad aprobaban ciegamente las propuestas de la SRH y la SAG, que llevaban a cabo toda la planificación y tomaban todas las decisiones.

El control gubernamental sobre los distritos de riego culminó en 1972, con la promulgación de la Ley Federal de Aguas. Esta ley establece en el artículo 46 que la SRH es completamente responsable de los distritos de riego, desde la construcción al manejo, y prohíbe efectivamente el manejo de los distritos por los usuarios, en contraste con la anterior legislación sobre el agua (Diario Oficial, 1972). Si bien el manejo de los distritos de riego se volvió cada vez mas centralizado desde 1930 en adelante, las diversas leyes sobre el agua y el riego promulgadas entre 1926 y 1947 contenían disposiciones para la creación de asociaciones de usuarios del agua o juntas del agua para manejar los distritos de riego. La ley de aguas de 1929 menciona a las asociaciones de usuarios y les confiere personería jurídica. Las posteriores leyes de aguas también tenían en cuenta la operación de los distritos de riego por asociaciones de usuarios o juntas de agua, lo cual solo se volvió ilegal bajo la ley de aguas de 1972. Por ejemplo, la ley de riego de 1947 menciona lo siguiente en sus Artículos 35 y 36:

³ Comunidades resultantes de la reforma agraria, creadas después de la Revolución Mexicana de 1910-1917. Hasta la revisión del Artículo 27 de la Constitución en 1992, la tierra de los ejidos pertenecía al estado mexicano. Los miembros del ejido son llamados ejidatarios.

“La conservación de las obras, la distribución de las aguas y (...) la operación de los sistemas de riego se hará por la Secretaría de Agricultura y Ganadería mientras se logra encauzar y desarrollar suficientemente la colonización, encarrilar en forma adecuada los servicios del distrito o unidad y organizar y adiestrar a los usuarios para que puedan hacerse cargo de dichas actividades. Con tal objeto, procurará organizar oportunamente las juntas de aguas o asociaciones de usuarios a las que finalmente deba hacerse entrega de la operación de los distritos o unidades de riego. Cuando se juzgue oportuno (...) se procederá a entregar los distritos o unidades a sus respectivos usuarios para que los operen directamente, pero bajo la vigilancia y supervisión de la Secretaría de Agricultura y Ganadería.” (Diario Oficial, 1946:16)

Si bien esta ley no usa el término transferencia sino que habla en cambio de entregar, su similitud con el programa de TMR de los años 40 es sorprendente. Conforme a las disposiciones de la ley, se inició la entrega de los distritos de riego y las juntas de aguas estuvieron a cargo de la operación de varios distritos grandes del norte, como los de Río Yaqui (041), Río Mayo (038), Río Colorado (014) y Delicias (005). Sin embargo, el monopolio del agua por parte de los agricultores comerciales combinado con la falta de un fuerte apoyo gubernamental fueron perjudiciales para la permanencia de las juntas de aguas en la mayoría de los casos. El control de esos distritos fue devuelto a la SRH por la SAG en 1951, con lo cual concluyeron en forma efectiva los experimentos con las juntas de aguas (Palacios, 1993; Vargas, 1996).

La construcción de grandes obras de riego correspondió al ámbito de tareas de la CNI y, más tarde, la SKH. El monopolio de la burocracia hidráulica en este campo le aseguró un flujo de recursos económicos sustancial y continuo entre los años 30 y los 70. El presupuesto de la SRH fue uno de los más grandes entre los organismos federales, con un 61 a 100% de las inversiones públicas en el sector agrícola destinadas a la construcción de obras de riego entre 1926 y 1976, como se muestra en el Cuadro 2. Este cuadro también revela el aumento concomitante de la superficie irrigable. Además, la SRH manejó sus propios fondos y tenía una relativa libertad presupuestaria, aunque sujeta a las prioridades presidenciales y del partido (Wionczek, 1982; Grindle, 1977; Greenberg, 1970; Durán, 1988).

Cuadro 2. Inversiones públicas en el sector agrícola (10⁶ pesos constantes de 1960).

Periodo	Presidente	Burocracia Hidráulica	Inversión Total	Inversión en Riego	%	Area Regable (ha)
1926-28	Calles	CNI	426.6	426.6	100	n.d.
1929-34	Portes Gil/Ortiz Rubio/Rodriguez	CNI	468.0	468.0	100	n.d.
1935-40	Cardenas	CNI	1,348.2	1,297.8	96	n.d.
1941-46	Avila Camacho	CNI	2,194.2	2,124.0	97	827,425
1947-52	Alemán	SRH	4,759.2	3,758.4	79	1,452,937
1953-58	Ruiz Cortínez	SRH	4,474.8	4,206.6	94	2,211,237
1959-64	López Mateos	SRH	8,156.0	6,349.0	78	2,456,095
1965-70	Diaz Ordaz	SRH	14,041.6	11,181.4	80	2,838,800
1971-76	Echevarría	SRH	33,113.4	20,037.2	61	3,349,133
Total			68,982.0	49,849.0	72	

Fuente: Durán, 1988

n.d. = no disponible

Otra fuente de ingresos para la burocracia hidráulica eran las tarifas del agua que recaudaba de los usuarios. No obstante, esta fuente de ingresos era mucho menos estable y controlable. Aparte del hecho de que las tarifas del agua cobradas en los distritos nunca fueron suficientes para cubrir totalmente los costos de operación y mantenimiento (O&M), las tarifas no eran pagada directamente a la SRH sino a la Secretaría de Hacienda, que efectuaba los reintegros mensualmente (van der Zaag, 1992). La intención inicial de la política durante el gobierno de Calles era que las obras de riego construidas por el estado fueran administradas como una empresa privada y que los propietarios de tierras que se beneficiaban con las obras construidas por el estado reembolsaran a éste la inversión. Además, el pago de tarifas del agua cubriría totalmente los costos de O&M de los sistemas de riego (Wionczek, 1982). Este objetivo fue reiterado en la ley de irrigación de 1947 (Diario Oficial, 1946). Sin embargo, las tarifas pagadas por lo general cubrían sólo una parte de las inversiones en riego y los costos de O&M (Aboites, 1998). Entre 1950 y 1964 la recuperación de los costos promedió el 60% (Orive Alba, 1970). Desde 1965 a 1976, este promedio bajó ligeramente a alrededor del 56%, pero entre 1977 y 1982 cayó drásticamente a aproximadamente el 20% (Johnson, 1997).

Si bien no está claro cómo fueron realmente establecidas las tarifas por las distintas instituciones responsables de los distritos de riego en el transcurso de los años, hay pruebas de que a menudo los criterios políticos eran más importantes que los económicos y técnicos (Wionczek, 1982). El argumento con frecuencia usado para justificar las bajas tarifas del agua era que los agricultores pobres en los distritos no podrían pagar las tarifas

(Wionczek, 1982). Sin embargo, como señala este mismo autor, esto no explicó por que no se revisaran periódicamente las tarifas a medida que aumentaba el valor de la tierra regada. Por otra parte, como las tarifas representaban sólo alrededor del 1% de los costos de producción, la mayoría de los usuarios podrían haber pagado tarifas más altas. Las políticas que favorecían las tarifas bajas y la prioridad del gobierno de invertir en grandes obras de construcción en lugar de en el uso óptimo de la infraestructura disponible, llevó a un empleo subóptimo y una infraestructura deteriorada. En 1960, la SRH estimó que más de 200,000 ha de los distritos de riego, equivalentes al 10% de la superficie irrigable en ese momento, nunca podrían ser utilizadas a causa de la infraestructura deteriorada o incompleta (Wionczek, 1982). No obstante, este deterioro tenía carácter selectivo ya que perjudicaba especialmente a los pequeños agricultores y los ejidatarios. Los productores medianos y grandes eran económicamente capaces de resolver por sí mismos los problemas de mantenimiento. A pesar de ser apoyadas en nombre de la equidad social, las tarifas bajas por el servicio de agua beneficiaron principalmente a los grandes agricultores.

Para recapitular, hay tres puntos principales que surgen de esta sección. En primer término, el desarrollo y el manejo del riego desde los años 20 a los 70 se caracterizó por la creciente intervención del gobierno federal. Esta centralización del manejo del agua, sumada a la gran prioridad otorgada por el gobierno al desarrollo del riego en gran escala, llevó a la formación, expansión y especialización de una burocracia hidráulica. En segundo lugar, es evidente que el manejo de los distritos de riego por los usuarios no es nuevo, si bien resta mucho trabajo que hacer para documentar estas experiencias históricas. Por último, las condiciones a menudo usadas para explicar la TMR en los años 90, es decir, la recuperación deficiente de los costos y la infraestructura deteriorada, a menudo ya existían en la historia del desarrollo del riego moderno en México, sin que esto condujera a programas serios de transferencia.

3.2 La transferencia del manejo del riego

En 1992, se promulgó una nueva ley de aguas en México que representó cambios importantes para el sector del riego. Antes de la promulgación de esta ley, se estableció la CNA en enero de 1989 como única autoridad en materia de aguas en el país. Antes de esa fecha, las responsabilidades del manejo del agua estaban dispersas en varias secretarías y la SARH estaba a cargo de los distritos de riego. Mediante la unificación de todas las responsabilidades gubernamentales concernientes al agua en un solo organismo, se otorgó al sector un alto grado de autonomía (véase Rap *et al.*, 1999, para una descripción de este proceso).

Se estableció la CNA con **la misión** explícita de **definir una** nueva política para el manejo de las aguas en México. Como **parte** de esta nueva política, se **inició en todo el país** un programa de transferencia de los distritos de riego manejados por el gobierno a las recién formadas AUA. Si bien la idea del manejo de los distritos de riego por los usuarios no era nueva en México, no se materializó antes de los años 90, **en** gran medida a causa de la centralización del manejo del agua por el estado entre 1926 y 1988 (véanse Aboites, 1998, y Rap *et al.*, 1999). Esto **cambió en los años 90** con la TMR en el **sentido** de que aumento bruscamente **la participación** de los usuarios en el manejo del riego, **al mismo tiempo** que se **reafirmó** el control del agua por el estado mediante la TMR. Esto es evidente en la nueva ley de **aguas**, que establece que el estado retiene la propiedad de las aguas del **país así** como de la infraestructura de riego y sigue siendo en **última** instancia el responsable del manejo de los distritos de riego.

La transferencia fue solo **uno** de los componentes de una reforma importante del sector agrícola iniciada en el nivel más alto de gobierno. La reforma fue impulsada por **imperativos económicos y políticos** orientados al mercado y dio como resultado:

- ◆ La **eliminación/reducción** de los subsidios directos e indirectos a la producción agrícola;
- ◆ la **privatización/eliminación** del **suministro** de insumos por el sector **público** y de los organismos de **comercialización** de los cultivos;
- ◆ la **internacionalización** del comercio agrícola al **eliminar las tarifas** y barreras mediante **la integración** en el Acuerdo General sobre Comercio y Tarifas (GATT, siglas en Inglés) y el Tratado de Libre Comercio (TLC); y
- ◆ la reforma de la **Constitución mexicana** para permitir **la** venta y el arrendamiento de **las tierras ejidales**.

El propósito de estas reformas en el sector agrícola era estimular el crecimiento económico mediante la inversión privada en la agricultura y la **capitalización** de esta, incluyendo al subsector del riego (Gorriz *et al.*, 1995), lo cual supuestamente llevaría a un empleo **mas eficaz y eficiente** en **relación** con el costo de la infraestructura de riego. El principal objetivo del programa mexicano de TMR era reducir, el **gasto público** en irrigación mediante **la creación** de AUA financieramente autosuficientes, que recuperarían los costos totales de O&M de los sistemas de riego (Espinosa-de León y Trava, 1992; Trava, 1994; Gorriz *et al.*, 1995; Johnson, 1997).

El programa de TMR en México consta de dos **etapas**: la transferencia del manejo de las unidades de canales secundarios a las AUA en la primera y **la** transferencia del sistema principal a una **federación** de AUA en la **segunda**. Durante la primera **etapa** del programa

de transferencia, que se inició en 1989, la **CNA** dividió los distritos de riego en unidades cuyo tamaño variaba entre 1,500 y 50,000 ha, llamados módulos, sobre la base de los límites hidráulicos (por lo general el área de comando de un canal secundario), y estableció una **AUA** en cada módulo. Las **AUA** se formaron como asociaciones civiles sin fines de lucro jurídicamente reconocidas, a las cuales la CNA otorga concesiones renovables para el empleo del agua y la infraestructura de riego por períodos que varían de 5 a 50 años. La infraestructura concesionada incluye todos los canales secundarios y terciarios y los drenajes que están dentro de los límites del módulo, así como los caminos y las estructuras de riego. Un elemento importante de los títulos de concesión son las instrucciones para la operación, la administración y el mantenimiento del módulo, redactadas por la CNA de manera conjunta con las AUA. Estas instrucciones establecían, entre otras cosas, como se deben determinar las tarifas del agua y cómo debe la AUA mantener su módulo. Después de la primera etapa de la transferencia, la CNA continúa manejando las presas, las obras de cabecera y los canales principales de los distritos de riego y realiza la entrega volumétrica del agua a las AUA a cambio del pago.

La segunda etapa del programa de transferencia, que se inició en 1992, consistió en la formación de federaciones de AUA a nivel del sistema principal, llamadas Sociedades de Responsabilidad Limitada (SRL). para que se hicieran cargo de la operación, la administración y el mantenimiento del sistema principal, funciones que les delegaría la CNA. Después de la segunda etapa, la CNA sigue siendo responsable del manejo de las obras de cabecera y las presas. Una de las ideas originales que sustentaron la creación de las SKL fue que explotarían en común el equipo de mantenimiento de las AUA, con lo cual se lograrían economías de escala. En contraste con la primera etapa de la TMR, que progresó más rápidamente de lo previsto,⁴ la segunda etapa nunca se puso realmente en marcha. Hasta el momento, solo se han formado 10 SRL en nueve de los 81 distritos de riego, con una extensión de 1.18 millones de ha. a pesar de que originalmente se había planeado formar 21 SRL para 1994 (Banco Mundial, 1991). Las razones de la renuencia de la CNA a establecer SRL no han sido analizadas en la literatura y, hasta donde sabemos, no han sido tampoco tema de estudio.

⁴ La CNA originalmente había planeado transferir 21 de sus 81 distritos de riego a las AUA entre 1990 y 1994, con una extensión de alrededor de 2 millones de ha. No obstante, para fines de 1996, ya se habían transferido 3 millones de ha, con lo cual se había completado sustancialmente la primera etapa (véase CNA, 1999a, para más detalles).

3.3 Los arreglos institucionales para el mantenimiento del riego después de la transferencia

En el contexto de este estudio, no es pertinente analizar cómo se formuló o ejecutó el programa de TMR. Tampoco se dedica atención a los impactos de la TMR en el manejo de los distritos de riego en todo Mexico, ya que esto exigiría un estudio mucho mas amplio. Sin embargo, para conocer los procedimientos de mantenimiento del riego antes y después de la TMR es importante revisar los nuevos arreglos institucionales para el mantenimiento del riego establecidos mediante la TMR. La ley de aguas de 1992 describe el contenido de estos nuevos acuerdos e identifica cuatro actores principales en el suministro de servicios de mantenimiento a nivel secundario: la CNA, las AUA, el Comité Hidraulico y los usuarios del agua. Los mismos actores participan en el suministro de los servicios de mantenimiento a nivel del sistema principal, si bien sus funciones y responsabilidades son diferentes, y un quinto actor, la SRL, es importante en los distritos donde se han establecido esas instituciones. A continuación se describen brevemente la composición, las responsabilidades oficiales y las facultades de esos actores.

La CNA: Antes de la transferencia del manejo, la SARH manejaba los distritos de riego. Empleaba a jefes de las unidades de riego (de tamaño similar a los módulos actuales) y canaleros responsables de la operacion diaria del distrito. En la actualidad, la CNA mantiene el control del manejo de las obras de cabecera y las presas y ha concesionado la infraestructura de riego y los derechos de agua del distrito a las recientemente creadas AUA y SRL, que han asumido las responsabilidades de la operacion, la administración y el mantenimiento de la infraestructura de riego. No obstante, la responsabilidad general del manejo y mantenimiento de los distritos de riego todavia corresponde a la CNA, que retiene importantes funciones de vigilancia, regulación y asesoramiento. Para este propósito, la CNA tiene personal en sus oficinas de los distritos de riego, incluyendo un jefe de ingenieros, jefes de operacion y mantenimiento y personal administrativo. En el Recuadro I se sintetizan las responsabilidades, funciones y facultades de la CNA concernientes al mantenimiento.

El Comité Hidráulico: Con el fin de asegurar un manejo adecuado del agua y la infraestructura de riego, cada distrito esta obligado a crear un Comité Hidraulico (CH), constituido por los presidentes de las AUA, mas representantes de la CNA y del estado en el cual está situado el distrito de riego. Conforme al Artículo 66 de la ley de aguas de 1992, este comite es un “*órgano colegiado de concertación*”, es decir, un organismos consultivo cuya estructura y modo de operacion seran definidos en las disposiciones de los respectivos distritos de riego. La obligacion mas importante de este comite establecida por la ley es formular y proponer los reglamentos del distrito y vigilar su aplicacion (CNA,

1999b). Otras tareas importantes del Comité Hidráulico establecidas en el Artículo 99 de las disposiciones de la ley de aguas incluyen:

- ◆ la solución de disputas entre los usuarios del agua y entre las AUA;
- ◆ conocer y vigilar los programas de mantenimiento del distrito de riego;
- ◆ estar al tanto de los planes anuales de riego y su ejecución; y
- ◆ conocer y comentar cómo son determinadas y cobradas por las AUA las tarifas del agua

Recuadro 1. Responsabilidades, funciones y facultades de la CNA a nivel de los distritos de riego

Según la ley de aguas de 1992 y los títulos de concesiones otorgados a las AUA, la CNA sigue siendo la más alta autoridad en los distritos de riego, con las siguientes responsabilidades y facultades:

- ◆ Determinar y notificar a las AUA el 1° de noviembre de cada año el volumen de agua que se les asignará para el siguiente año;
- ◆ operar y mantener las presas y obras de cabecera del distrito de riego y también el sistema principal si no se han establecido SRL;
- ◆ aprobar las tarifas del agua determinadas por las AUA según los procedimientos descritos por la CNA en el Anexo 5 del título de concesión;
- ◆ establecer, revisar y modificar las instrucciones para la operación, la administración y el mantenimiento del módulo, en consulta con la AUA;
- ◆ aprobar el plan anual de mantenimiento de las AUA y las SRL y supervisar su ejecución;
- ◆ indicar a las AUA y SRL la información que deben enviar a la CNA concerniente al mantenimiento de la infraestructura;
- ◆ participar en la Asamblea General de las AUA y las SRL con voz pero sin voto; y
- ◆ cancelar el título de concesión o rechazar su renovación si considera no satisfactorio el desempeño de las AUA o las SRL.

Fuentes: CNA, 1992 y 1999b.

Las AUA y los usuarios del agua: Sobre la base de la concesión otorgada por la CNA, las AUA legalmente asumen la responsabilidad de operar, mantener y administrar sus módulos. Según la ley, están obligadas a realizar las obras de mantenimiento necesarias para asegurar un servicio continuo de riego a los usuarios del agua. Además, las AUA están encargadas de elaborar y poner en vigor reglamentos que detallan los procedimientos para la distribución del agua, el mantenimiento del sistema y la inversión en infraestructura, la recuperación de los costos y la solución de los conflictos. La ley de aguas también estipula que las AUA son responsables de cobrar las tarifas y que éstas

deben cubrir totalmente los costos de O&M y administración del módulo. Las AUA deben pagar a la CNA cierto porcentaje de los ingresos generados por las tarifas a cambio de los servicios de la CNA relacionados con la O&M de las presas, las obras de cabecera y el sistema del canal principal (si éste no ha sido transferido a una SRL). Las AUA son financieramente autónomas, si bien la cantidad de la tarifa tiene que ser aprobada por la CNA. Por último, las AUA deben preparar planes y presupuestos anuales de operación y mantenimiento, los cuales tienen que ser enviados a la CNA para que los apruebe y haga recomendaciones sobre mejoras.

Una AUA está constituida por una asamblea general, un comité de vigilancia y una mesa directiva (véase la Figura 3). En la mayoría de los distritos, los dos grupos que integran una AUA, los ejidatarios y los pequeños propietarios, eligen delegados para formar la asamblea general de la AUA. Por consiguiente, la asamblea general no está constituida por todos los usuarios del agua sino sólo por sus representantes. Todos los usuarios que tienen tierras dentro del área de comando del distrito de riego y están registrados en el padrón de usuarios de las AUA y la CNA, son miembros de la AUA. No obstante, los usuarios no participan directamente en la operación y mantenimiento de su módulo sino que pagan a la AUA por este servicio y de manera formal controlan la mesa directiva mediante sus representantes a la asamblea general. La asamblea funciona como órgano supremo de gobierno de la AUA. Elige una mesa directiva y un comité de vigilancia por un período de tres años. Además, la asamblea general debe aprobar los planes anuales de operación y mantenimiento, el presupuesto anual de la AUA y las tarifas del agua propuestas.

La mesa directiva está constituida por el presidente, el secretario, el tesorero y sus respectivos suplentes. En la mayoría de los distritos, la mesa tiene que ser reemplazada cada tres años y se permite la reelección de sus miembros en el mismo u otro cargo solo una vez. Además, cada tres años el cargo de presidente de la mesa tiene que alternarse entre los ejidatarios y los pequeños propietarios. Las responsabilidades de la mesa directiva son numerosas y variadas, pero básicamente se reducen a manejar los asuntos y recursos de la AUA. La mesa contrata a un gerente, quien es responsable de implementar y supervisar la operación, el mantenimiento y la administración del módulo. Con la aprobación de la junta, el gerente contrata al personal necesario para el manejo adecuado del módulo. Los canaleros distribuyen el agua a las parcelas según un plan de riego por ciclo, basado en el pedido de los agricultores de turnos de riego. Los cargos de la asamblea general, el comité de vigilancia y la mesa directiva son honoríficos y no remunerados, mientras que al personal de las AUA se les paga con las tarifas que las asociaciones cobran a sus miembros.

Por último, los comités de vigilancia desempeñan una función importante dentro de las AUA. Están constituidos por un comisario elegido por la Asamblea General de entre sus miembros, más un representante de la oficina de la CNA en el distrito de riego. Si bien las obligaciones y facultades del comité de vigilancia no están claramente especificadas en la ley de aguas ni en los títulos de concesión, están descritas con más detalle en el proyecto de reglamentos para las AUA actualmente considerado en todo México (Palacios, 1998), e incluyen:

- ◆ asegurar que se observen los estatutos de la AUA;
- ◆ inspeccionar los registros contables, los bienes, el inventario y la conciliación de cuentas bancarias de la AUA por lo menos una vez al mes;
- ◆ asegurar que los registros contables y administrativos de la AUA sean sometidos a una auditoría externa una vez al año o cuando lo indique la Asamblea General;
- ◆ asistir a las reuniones de la mesa directiva con voz pero sin voto; y
- ◆ tomar parte en las discusiones y la aprobación de todos los presupuestos de la AUA.

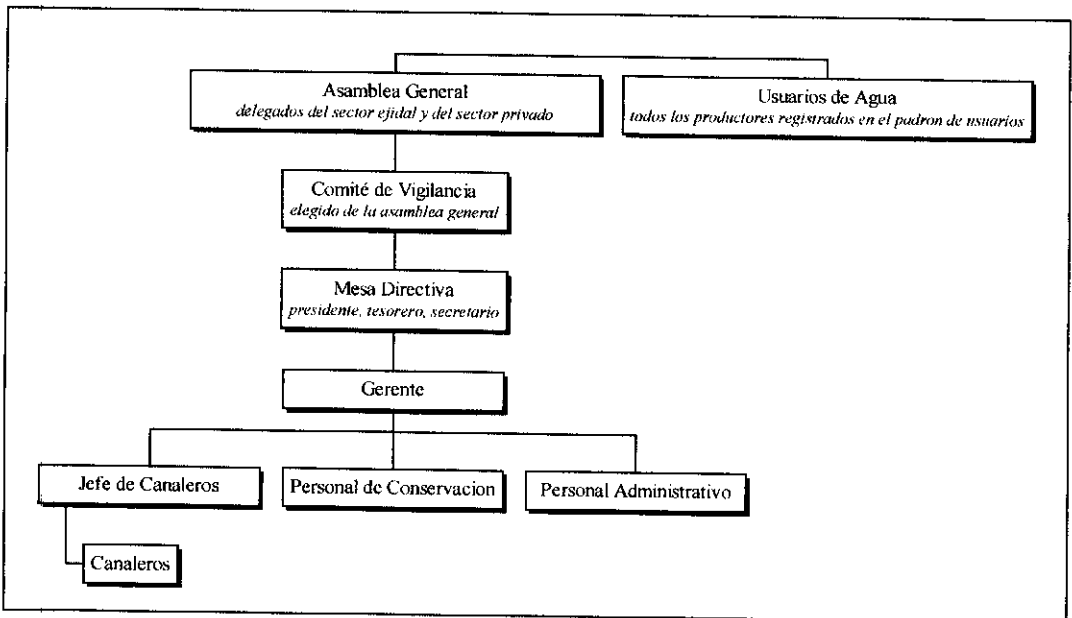


Figura 3. Organigrama de una Asociación de Usuarios del Agua (AUA).

La SRL: El quinto actor en el suministro de servicios de mantenimiento **en** los distritos de riego mexicanos es la SRL en los distritos donde se han establecido esas asociaciones. Las principales responsabilidades de la SRL son distribuir el agua desde las obras de cabecera a las AUA y mantener la infraestructura del sistema principal. Para este propósito, la CNA concede la infraestructura del sistema principal a la SRL. La estructura institucional de la SRL es muy similar a la de las AUA, **con** la diferencia de que su asamblea general está constituida por los presidentes de las AUA incluidas en el distrito de riego en cuestión. Los gastos de la SRL son cubiertos por las AUA, las **cuales** pagan a la SRL un porcentaje de sus ingresos provenientes de las tarifas del agua. Este porcentaje tiene que ser aprobado por la oficina de la CNA **en** el distrito. El título de concesión a la SRL describe sus responsabilidades y las de la CNA. Es interesante **que** las responsabilidades de ambas instituciones están expresadas en los mismos términos que en los títulos de concesión a las AUA, excepto porque esos términos se refieren al sistema principal en lugar de a los canales secundarios. En los títulos de concesión a la SRL y las AUA no está claramente especificada la función del Comité Hidráulico ni tampoco la del comité de vigilancia (CNA, 1992; 1997).

4 LA APLICACIÓN DEL MARLIN EN EL DISTRITO DE RIEGO ALTO RÍO LERMA

4.1 Procedimientos de mantenimiento en el distrito de riego Alto Río Lerma

Se llevó a cabo la aplicación del MARLIN en el Distrito de Riego Alto Río Lerma (conocido como el DR 011), un sistema de riego de 112,772 ha situado en las fértiles llanuras de la región del Bajío, en el estado de Guanajuato, México (véase Figura 4). Hay aproximadamente 23,500 usuarios del agua en el distrito, 72% de ellos clasificados como ejidatarios y 28%, como pequeños propietarios. El tamaño medio de las parcelas en el distrito de riego es de 4.8 ha, si bien la concentración más reciente de la tierra ha aumentado y varios agricultores comerciales del distrito controlan hasta 1,000 ha cada uno.

Cuatro presas con una capacidad total combinada de almacenamiento de 2,140 millones de metros cúbicos (MMC) y una capacidad útil de 1,383 MMC, proporcionan agua para el riego por gravedad al distrito, en 77,697 ha. Sin embargo, el volumen que históricamente ha estado disponible en el distrito es inferior a esa capacidad a causa del azolvamiento de las presas y las sequías recurrentes: durante el período de 1982-1996 se entregó al distrito un promedio anual de 880 MMC. Además del riego con agua de superficie, existe un total de 1,714 pozos de agua subterránea que riegan 35,075 ha. Los principales cultivos durante el ciclo de invierno (que es el principal ciclo de riego, con generalmente 4 ó 5 riegos) son el trigo y la cebada. Durante el ciclo de verano, más húmedo (con uno o dos riegos), los principales cultivos son el sorgo, el maíz y los frijoles.⁵

En el DR 011, la transferencia del manejo del riego de la CNA a los usuarios se inició en 1991. En ese momento, se dividió el distrito en 11 módulos cuyo tamaño varía entre 1,513 ha (Módulo Corralejo) y 18,694 ha (Módulo Cortázar). Para noviembre de 1992, se habían establecido AUA en cada uno de los 11 módulos, las cuales se hicieron responsables de la O&M de las instalaciones de riego y drenaje en el nivel de los canales secundarios y terciarios, mientras que la CNA continuó siendo responsable de la O&M de los canales principales y del manejo de las cuatro presas. También se formó un comité hidráulico a nivel del distrito en 1992.

⁵ Véase en Kloezen y Garcés-Restrepo (1998) una descripción detallada del DR 011.

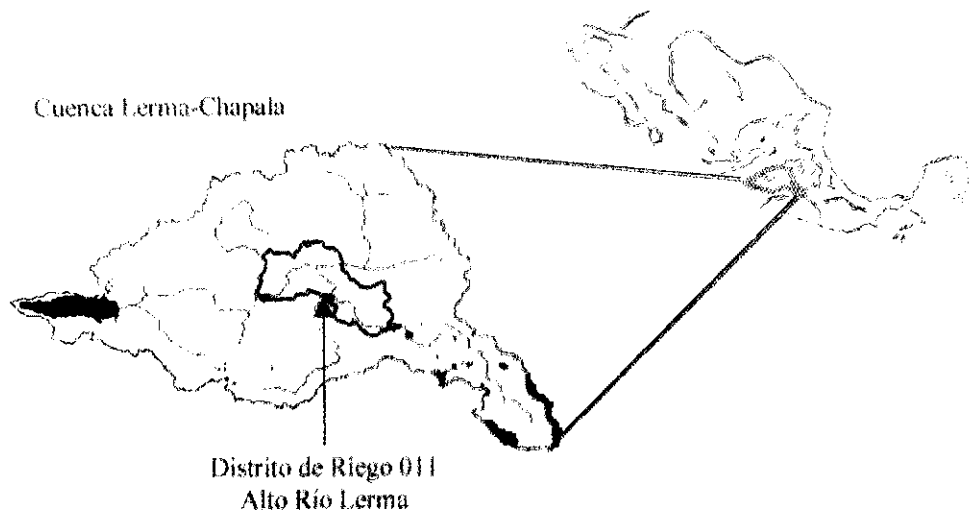


Figura 4. Localización del Distrito de Riego Alto Río Lerma.

Un actor más reciente que se ha involucrado en el manejo del DR 011 es la SRL, que fue creada en febrero de 1997. Su tarea principal es la O&M del sistema de canales principales. La SRL ha contratado a personal técnico, como un gerente general, jefes de operación y mantenimiento, canaeros para la O&M de los canales principales y personal administrativo. En el DR 011, en la creación de la SRL influyeron mucho los mismos usuarios del agua y los presidentes de la mayoría de las AUA desempeñaron una función activa (véase Kloezen, 2000, para información sobre la creación de la SRL).

En la Sección 3.3 se presentaron los nuevos actores en la planificación del mantenimiento después de la TMR. No analizaremos aquí el funcionamiento de esos nuevos arreglos institucionales (véase Urban *et al.*, 2000, para un análisis institucional del suministro de servicios de mantenimiento en el DR 011). No obstante, antes de describir la aplicación del MARLIN en el DR 011 es útil revisar brevemente los procedimientos de planificación del mantenimiento antes de la TMR, y los que actualmente se cumplen en el distrito.

Antes de la transferencia, la responsabilidad del mantenimiento recaía por completo en la CNA y, antes de ella, en la SARH. La mayor parte del mantenimiento se efectuaba a nivel del sistema principal, las presas y otras obras de cabecera, lo que daba como resultado el descuido de los canales secundarios y, en particular, los drenes (Kloezen *et al.*, 1997). Las actividades de mantenimiento eran realizadas por el departamento de mantenimiento de la

oficina de la CNA en Celaya y estaban organizadas alrededor de grupos de unidades de riego (similares a los módulos actuales). Los agricultores solo eran responsables de limpiar sus regadores, tarea que tenían que terminar antes de que se hiciera la primera entrega de riego, y debían pagar tarifas por el agua directamente a la Secretaría de Hacienda. Los servicios de mantenimiento proporcionados por la SARH eran financiados mediante presupuestos anuales cuyos fondos eran transferidos desde la Secretaría de Hacienda primero a la sede de la SARH y, posteriormente, desde esta sede a la oficina del distrito. A cambio, la oficina del distrito tenía que enviar informes del progreso a la sede.

La CNA aplicaba un criterio autoritario al desarrollar su programa de mantenimiento y las prioridades de mantenimiento eran en gran medida determinadas por el jefe del departamento de mantenimiento. Antes de la TMR, la CNA trató de mejorar la planificación del mantenimiento introduciendo un sistema de clasificación para los canales y drenes, que facilitaría asignar las prioridades a los trabajos de mantenimiento (Barocio y Giner, 1996). La metodología consistía en una inspección de campo a la red de canales y drenes durante la cual se asignaba un color a cada tramo según su condición, de la siguiente manera:

- ◆ Verde: **el** tramo de un canal o drenaje que se desempeña sin restricciones, es decir, que es **funcional**.
- ◆ Amarillo: el tramo de un canal o drenaje **que** se desempeña de manera deficiente, es decir, que es **semifuncional**.
- ◆ Rojo: **el** tramo de un canal o drenaje con restricciones importantes del caudal o sin ningún flujo, es decir, que es **no funcional**.

Esta clasificación se podía usar para establecer un plan de intervenciones con las siguientes prioridades:

- ◆ Primero, los canales (o secciones) en amarillo que representaban las intervenciones más eficientes en relación con su costo, y los de color rojo que afectan seriamente a uno amarillo.
- ◆ Segundo, los canales (o secciones) en rojo que afectan seriamente el desempeño de la red, si es que no se requiere rehabilitación.
- ◆ Tercero, los canales (o secciones) en verde, como parte del programa de mantenimiento preventivo periódico.

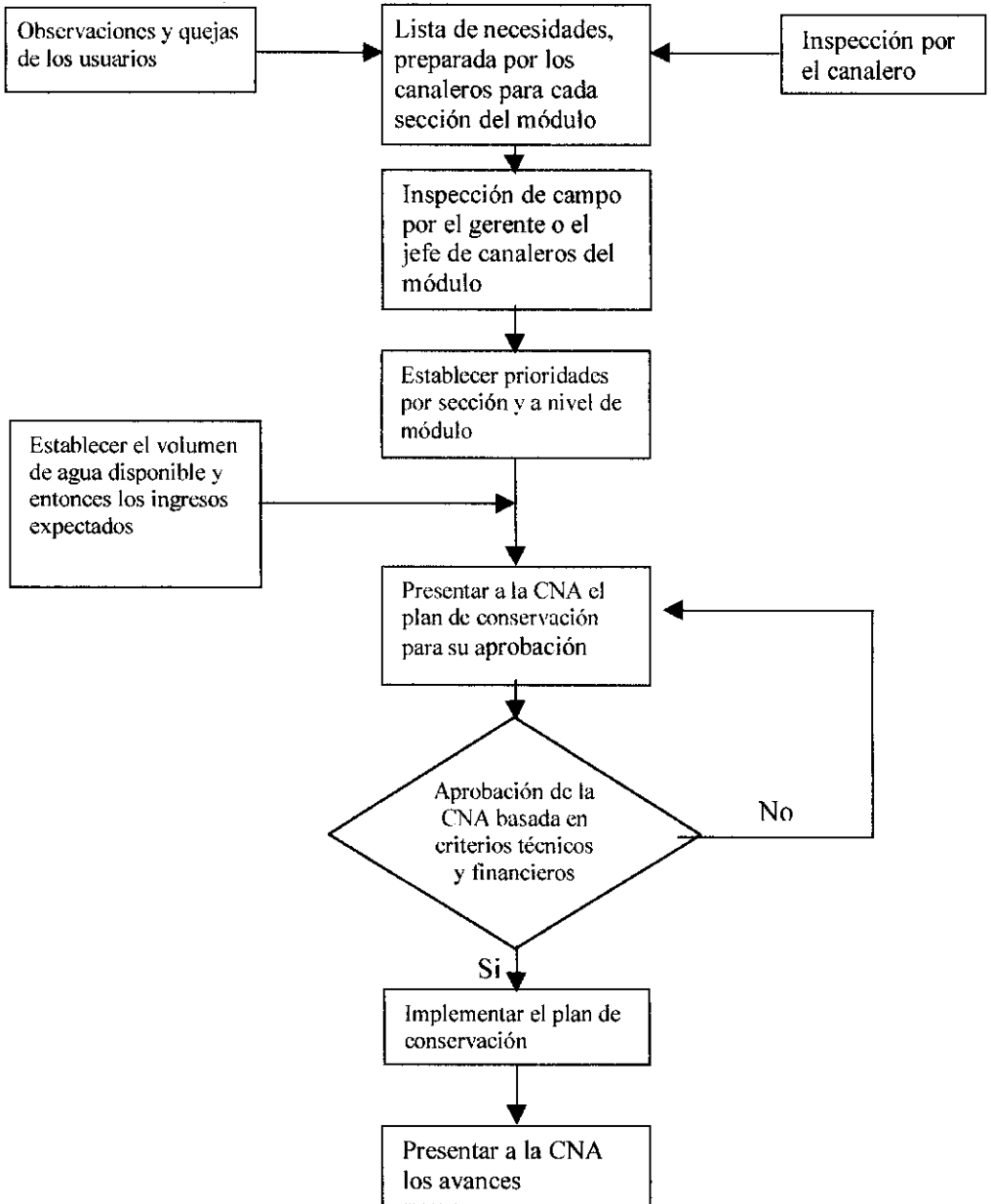


Figura 5. Ciclo de planeación del mantenimiento post-transferencia.

Después de la transferencia del sistema secundario a las AUA en 1992 y del sistema principal a la SRL en 1997, la CNA sólo sigue siendo responsable del mantenimiento de las presas y las obras de cabecera. A continuación se describe el actual procedimiento de mantenimiento para el sistema secundario y el principal, que se presenta en la Figura 5.

El mantenimiento del sistema de canales principales es planeado y ejecutado por la SRL. El personal técnico de la SRL elabora el plan anual de mantenimiento desde agosto a octubre, consultando a las AUA cuando es necesario. Aun cuando el personal técnico de la SRL elabora el plan por sí solo, discute sus decisiones con la CNA y se basa también en parte en la metodología de los tramos en colores para establecer las prioridades de las actividades de mantenimiento, metodología elaborada y proporcionada por la CNA. Una vez que el plan de mantenimiento ha sido aprobado por la asamblea general de la SRL, es presentado a la CNA y al Comité Hidráulico para su aprobación a fines de octubre. El Comité Hidráulico es un actor importante en la planificación del mantenimiento ya que toma decisiones acerca de la asignación del agua y de las tarifas, con lo cual influye indirectamente en los recursos disponibles para el mantenimiento.

El mantenimiento del sistema secundario es planeado y ejecutado por las AUA. Normalmente el gerente general de la AUA elabora el programa de mantenimiento para todo el año, incluyendo el presupuesto, desde agosto a octubre. Oficialmente, se supone que el gerente realizara las siguientes actividades al preparar el plan de mantenimiento (según Lomeli Villanueva *et al.*, 1999):

- ◆ actualizar el inventario de la infraestructura;
- ◆ diagnosticar las necesidades de mantenimiento de la infraestructura;
- determinar el volumen de trabajo;
- ◆ identificar y planear los recursos humanos y la maquinaria necesarios; y
- calcular los costos de los trabajos de mantenimiento.

En octubre el plan debe ser aprobado por la asamblea general de la asociación y luego presentado a la oficina de la CNA en Celaya para comentarios y su aprobación. El ingeniero en jefe del distrito de la CNA y su jefe de mantenimiento determinan si las actividades propuestas son pertinentes y si pueden ser ejecutadas con el presupuesto propuesto. En relación con la aprobación del presupuesto de mantenimiento, la CNA también verifica si se propone gastar en mantenimiento el 60% de los ingresos previstos provenientes de las tarifas del agua.

Si bien las AUA en el DR 011 básicamente continúan aplicando el mismo método de planificación del mantenimiento que heredaron de la CNA, en comparación con lo que

sucedía antes de la TMR son mucho más cortas las líneas de comunicación entre quienes realizan las observaciones de las necesidades de mantenimiento sobre el terreno y los responsables de la planificación del mantenimiento. Cada canalero ahora prepara su propia lista con necesidades de mantenimiento basadas en sus propias observaciones y en las quejas de los agricultores y presenta esa lista al gerente general de la AUA. Por consiguiente, el gerente general prepara ahora un programa que se basa más en las necesidades y prioridades. Sin embargo, después de varios años de experiencia con los programas de mantenimiento, las AUA del DR 011 se han dado cuenta de que necesitan un sistema mejor para establecer las prioridades del mantenimiento.

4.2 La aplicación del MARLIN en la red secundaria del DR 011

4.2.1 El mantenimiento en el Módulo Irapuato

El Módulo Irapuato recibe su agua de riego del canal Ing. Antonio Coria, el canal principal del DR 011 con una longitud de 120 km., en el kilómetro 80; esta entonces situado en el tercio inferior del distrito. La superficie irrigable del módulo es de 8,237 ha, de las cuales 4,144 pertenecen a 289 pequeños propietarios y 4,093 a 1,066 ejidatarios. De su área total irrigable, 4,810 ha dependen del agua superficial para el riego, mientras que las restantes 3,427 ha se riegan con agua subterránea. El clima de la zona es moderadamente subhúmedo, con una precipitación anual media de 730 mm y una temperatura media de 19 °C. La evapotranspiración anual es de alrededor de 1,900 mm y la humedad relativa, de aproximadamente 60%. El ciclo de invierno, que es seco, recibe aproximadamente 80 mm de precipitación y comienza en noviembre y termina en abril. El ciclo de verano se extiende desde mayo a noviembre y tiene una precipitación media de 670 mm.

En cuanto a infraestructura se refiere, el módulo cuenta con 94.03 km. de canales secundarios, de los cuales 8.26 km. tienen revestimiento de piedra y 85.77 km. están sin revestir. La red de drenaje es de 80.11 km., de los cuales 4.00 km. son principales y el resto son drenes secundarios. La red de caminos está conformada por 145.35 km. de caminos, de los cuales 9.0 km. están pavimentadas y 136.35 km. son de terracería. El número total de estructuras registradas oficialmente es de 301, de las cuales 299 son estructuras metálicas ubicadas en canales y dos son estructuras de concreto ubicadas en drenes (ver sección 4.4.2 acerca del número correcto de estructuras).

Uno de los objetivos de la aplicación del procedimiento MARLIN en el Módulo Irapuato era determinar si la eficiencia en relación con el costo del programa de mantenimiento de

las AUA podía ser aumentada mediante una mejor definición de las prioridades de los trabajos de mantenimiento. Por consiguiente, es conveniente revisar los gastos de mantenimiento de la AUA desde que comenzó su operación en 1993. El Cuadro 3 muestra esos gastos. Es interesante observar en este cuadro que los gastos de contingencia son entre altos y muy altos, y llegaron al 57% en 1995/1996 y al 52% en 1996/1997. En general, los gastos de contingencia superiores al 10% indican una planificación deficiente o un manejo deplorable. En el caso de la AUA Irapuato, los niveles muy altos de los gastos de contingencia desde 1995 a 1997 se vinculaban con un mal manejo.

Cuadro 3. Gastos de mantenimiento por la AUA Irapuato, 1992-2000.

Año	1992/ 1993	1993/ 1994	1994/ 1995	1995/ 1996	1996/ 1997	1997/ 1998	1998/ 1999	1999/ 2000*
Area regada (ha)	5,123	6,341	5,900	5,626	5,714	2,174	5,397	n.a.
Canales	95,545	58,438	46,953	84,801	55,976	24,426	148,471	251,309
Drenajes	26,702	8,978	39,375	40,385	35,306	2,900	21,878	106,313
Caminos	6,467	16,640	51,115	96,380	9,904	22,476	83,722	107,344
Estructuras	131,498	155,256	28,376	1,069	3,060	15,120	22,794	25,000
Bombas	73,374	-	-	-	-	-	-	-
Máquinas	-	-	34,163	-	17,965	44,636	81,244	150,000
Contingencias	47,832	73,666	102,713	290,266	133,939	35,518	36,156	50,000
Gastos Totales de Mantenimiento (pesos nominales)	381,418	312,978	302,695	512,901	256,150	145,076	394,265	689,965
Gastos Totales de Mantenimiento (pesos constantes de Julio 1994)	406,975	312,978	216,055	279,511	116,617	57,229	132,883	387,431
Gastos Totales de Mantenimiento (dólares constantes de Julio 1994)	116,279	89,422	61,730	79,860	33,319	16,351	37,967	62,968

* Gastos planeados en 1999/2000; todos los otros números son gastos reales.

Otro hecho importante que revela este cuadro es la tendencia descendente de los gastos de mantenimiento (véase también la Figura 6) desde 1992-1993 a 1997-1998, con una fuerte recuperación en términos de pesos nominales en 1998 y 1999. No obstante, en términos de pesos y dólares constantes, los gastos en 1998-1999 y los gastos planeados en 1999-2000 todavía están por debajo de los gastos entre 1992 y 1996. Esto plantea varios interrogantes:

- ◆ ¿Ha disminuido deliberadamente la AUA sus gastos de mantenimiento en los últimos años, después de haber completado el mantenimiento de recuperación entre 1992 y 1995?
- ◆ ¿Es esta tendencia resultado de las dificultades financieras por las que están pasando los distritos de riego en México como consecuencia de las sequías y la situación económica general?
- ◆ ¿Cuál es la influencia en esta tendencia que tiene el mal manejo por la AUA?

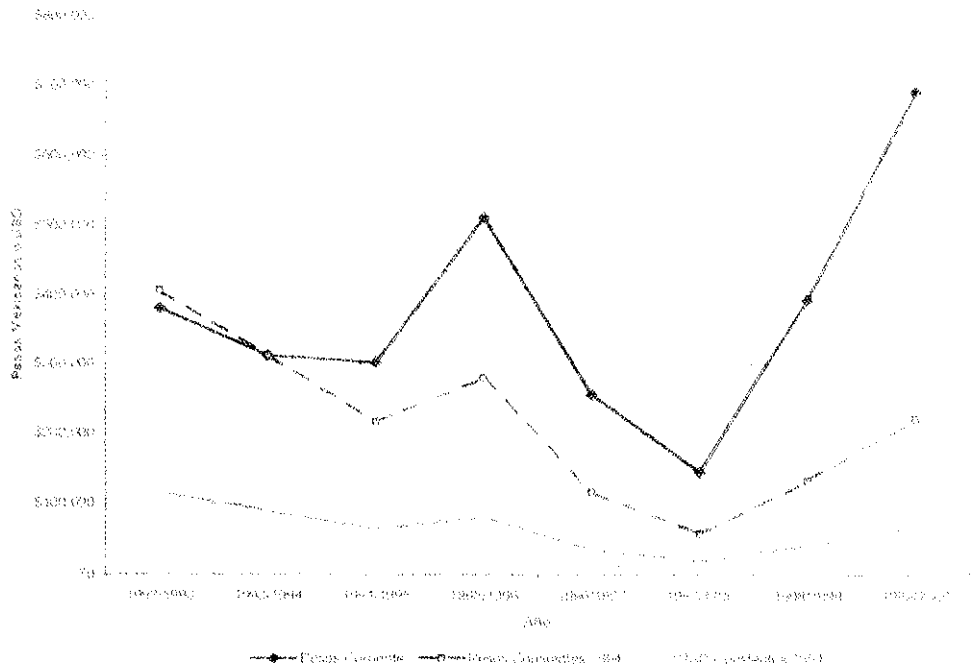


Figura 6. Gastos de mantenimiento de la AUA Irapuato.

Hay que tener en cuenta al analizar esta tendencia descendente que el presupuesto para mantenimiento de las AUA se relaciona directamente con los ingresos previstos provenientes de las tarifas del agua, que a su vez dependen totalmente de la disponibilidad de agua. En consecuencia, el presupuesto mínimo de mantenimiento en 1997-1998 fue resultado de una severa escasez de agua y no de que la AUA mostrara negligencia de invertir en mantenimiento.

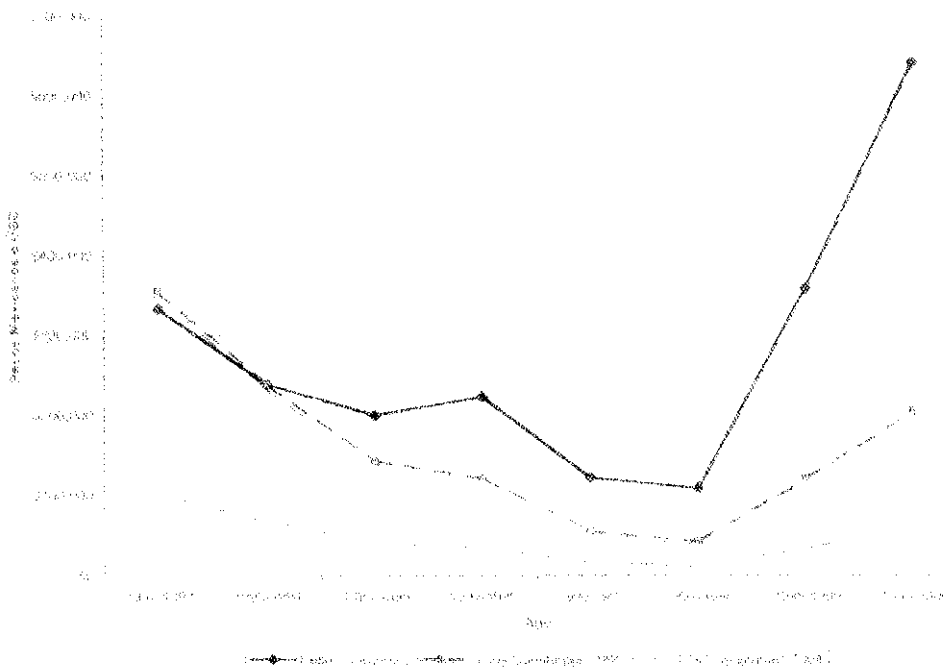


Figura 7. Gastos de mantenimiento de la AUA Irapuato, excluyendo contingencias.

Las entrevistas con el personal y los miembros de la mesa directiva actuales de la AUA revelaron que la crisis financiera por la que pasó México después de 1994 evidentemente afectó los fondos disponibles en 1995 y 1996. Esto es comprensible si se tiene en cuenta que hubo una inflación del 100% entre junio de 1994 y diciembre de 1996. Sin embargo, también señalaron que el mal manejo de la AUA en 1996 y 1997 por la mesa directiva anterior influyó mucho en los gastos de mantenimiento, aun más que las dificultades financieras. Durante este período, las contingencias incluidas en los gastos de mantenimiento tenían poco que ver con el mantenimiento. Si se excluyen las contingencias del presupuesto de mantenimiento (véase la Figura 7), se vuelve evidente que los gastos “exclusivamente” de mantenimiento cayeron en forma continua desde 1992 a 1997, y sólo aumentaron nuevamente en 1998 y 1999. El incremento de los presupuestos para mantenimiento en 1998 y 1999 refleja la opinión del personal y los miembros de la mesa directiva de la AUA de que todavía hay una cantidad considerable de mantenimiento que es preciso realizar en el módulo. Ese incremento fue posible gracias al aumento de la

disponibilidad del agua y, por lo tanto, de más ingresos por tarifas y de un mejor manejo de las finanzas de la AUA. En las secciones siguientes se examina si este aumento es eficiente en relación con el costo y si refleja las necesidades de mantenimiento.

4.2.2 La aplicación del MARLIN en el Módulo Irapuato

La aplicación del MARLIN en el DR 011 se inició a comienzos de 1998 con la traducción al español de los cuestionarios y el programa de computadora MARLIN y la capacitación del personal del IWMI y de la AUA en el empleo del procedimiento. La metodología de investigación también se estructuró alrededor de la aplicación del procedimiento MARLIN, que consta de cuatro pasos:

1. Actualización del inventario de las obras y evaluación del área de influencia de cada obra.
2. Evaluación de la condición de las obras e inspección técnica cuando sea necesaria.
3. Preparación de la lista de prioridades de mantenimiento.
4. Finalización del plan anual de mantenimiento.

Sobre la base de estos cuatro pasos, se formuló el programa de trabajo para el Módulo Irapuato. La capacitación del personal técnico del módulo y del IWMI en la aplicación del procedimiento fue realizada en marzo de 1998. De abril a octubre de 1998, el IWMI colaboró con la AUA en la revisión del inventario de la infraestructura del módulo, en la evaluación de la condición de las obras, en la identificación de los trabajos con prioridad y en la preparación del plan anual de mantenimiento. Se proporcionó capacitación adicional en el trabajo cuando fue necesario.

El primer paso de la aplicación del MARLIN en el módulo consistió en actualizar el inventario de la infraestructura. Sobre la base de la división del módulo en ocho secciones hecha por la AUA, se identificaron sobre el terreno todas las obras de infraestructura de riego y se las cotejó con el inventario oficial de los módulos. Esto dio como resultado la identificación de **423** estructuras y **65** tramos de canales, como se muestra en el Cuadro 4. Para identificar con facilidad los tramos de los canales, se elaboró una nomenclatura para los laterales y sublaterales que constituían la red de canales del módulo, como se muestra en la Figura 8. Se entraron en el MARLIN las estructuras y tramos identificados durante el examen sobre el terreno, incluyendo sus datos básicos y sus respectivas áreas de control. Para esto, fue necesario crear cuatro bases de datos en el MARLIN, cada una con dos secciones. En la Figura 9 se muestra una de estas bases de datos como aparece en el MARLIN, detallando las estructuras y los tramos de los canales.

Cuadro 4. Inventario de infraestructura en el módulo Irapuato.

Sección	Represa		Toma		Tubo	Alcantarilla	Caída	Sifón	Desfogue
	Radial	Deslizante	Miller	Deslizante					
17	0	10	21	0	3	0	3	2	4
18	0	11	22	0	4	1	0	2	0
19	3	3	22	0	7	0	5	6	1
20	0	10	24	0	10	0	8	0	0
21	0	9	24	0	9	1	0	0	1
22	1	13	37	3	11	1	4	3	2
23	7	0	34	0	2	0	2	3	0
24	3	6	35	0	9	5	3	3	0
Total	14	62	219	13	55	8	25	19	8

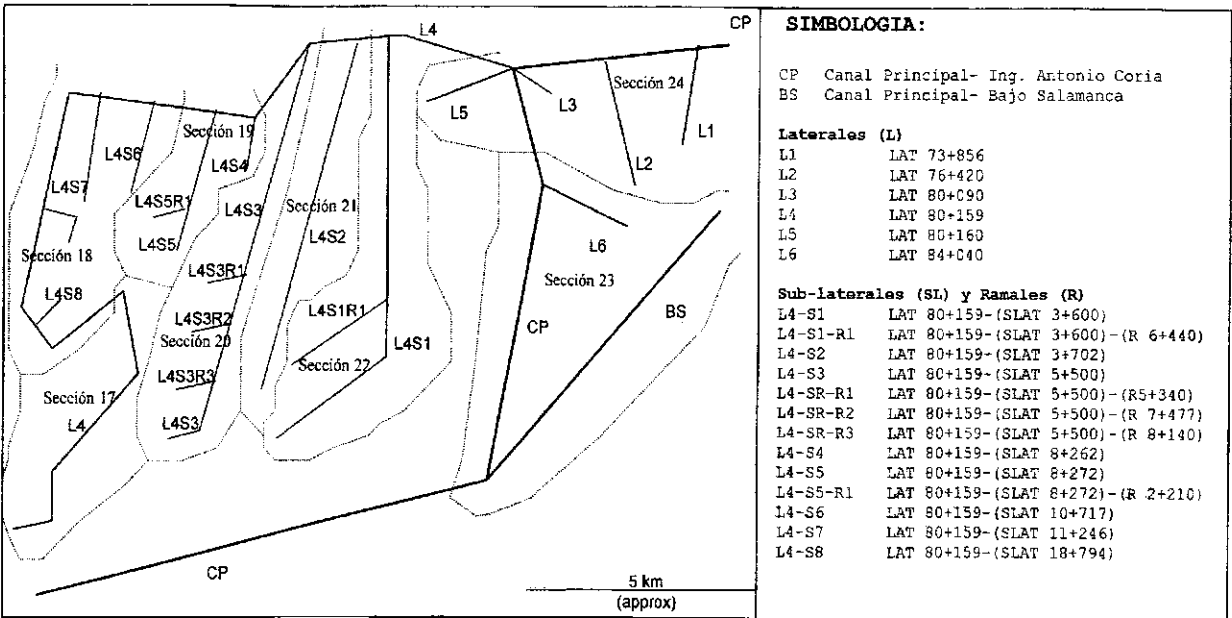


Figura 8. Croquis de localización de canales y secciones del Módulo Trapuato.

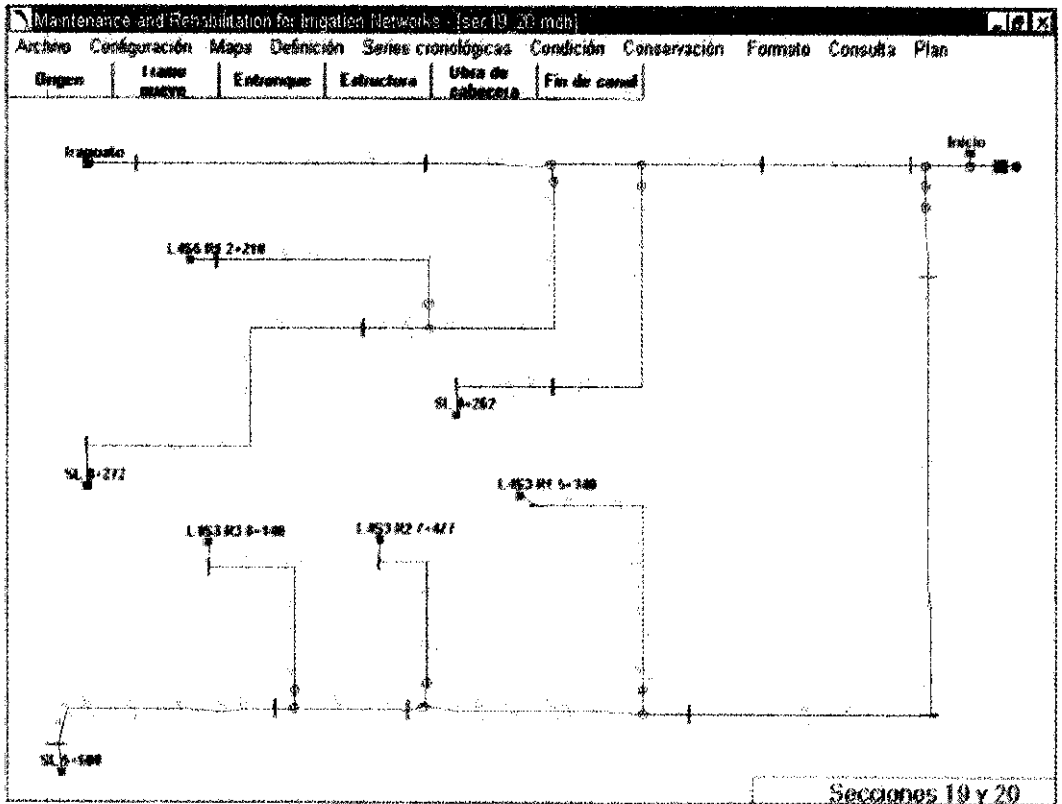


Figura 9. Pantalla de MARLIN para las secciones 19 y 20 del Módulo Irupatú.

Sobre la base del inventario actualizado de las obras, personal del IWMI y de la AUA efectuó la evaluación de la condición de las obras durante un período de dos meses. Los formularios usados para los diversos tipos de estructuras y tramos de canales constaban de sencillas preguntas con respuestas de sí/no (véanse ejemplos en el Anexo 1). Se realizó la evaluación de cada una de las ocho secciones del módulo y examinando sistemáticamente cada estructura y tramo de canal existentes en la sección. El tamaño de las secciones variaba entre 727 ha y 1,305 ha; las secciones contienen entre 50 y 132 estructuras cada una. En promedio, según la accesibilidad de la sección tomó de tres a cuatro días completar el examen de una sección efectuado por un equipo de dos personas. Los formularios para la inspección sobre el terreno elaborados como parte del procedimiento MARLIN no

plantearon ningún problema en el campo y fueron bien comprendidos por el personal técnico de la AUA. El conocimiento de los canaleros acerca de sus secciones, específico para cada sitio, contribuyó mucho a que se encontraran y evaluaran las estructuras con rapidez. Es interesante observar que el personal técnico de la AUA en general evaluó las estructuras y los tramos de los canales de manera más positiva que el personal del IWMI. Sin embargo, después de las discusiones en el campo, fue evidente que el conocimiento íntimo del canalero de “sus” estructuras le permitía definir con mejor precisión si una estructura requería mantenimiento y qué tipo de mantenimiento era necesario, o si se podía operar la estructura con un mantenimiento menor efectuado en el momento.

Una vez entradas en el programa MARLIN las evaluaciones de la condición, se generó la lista de las prioridades de mantenimiento. El Cuadro 5 muestra las primeras 41 obras clasificadas por el MARLIN como prioridades para el mantenimiento. La columna 1 muestra la prioridad asignada por el MARLIN al tramo de canal o estructura mencionado en la columna 2, sobre la base del índice de prioridad que se muestra en la columna 7. Como se indica en la fórmula presentada en la sección 2.3.1, este índice es una función del área controlada por el tramo o estructura (columna 5) y la puntuación asignada a su condición (columna 6).

De las 391 obras incluidas en el inventario (326 estructuras y 65 tramos de canales), solo 91 tenían una puntuación de su condición inferior a 100 (véase la Figura 10). En consecuencia, se juzgó que 300 obras (77% del inventario) eran totalmente funcionales y no mostraban signos importantes de deterioro. Otro análisis de la lista de prioridades revela que las obras en la parte superior de la lista son predominantemente tramos de canales: sólo dos de las primeras 30 obras son estructuras. La lista de prioridades de mantenimiento mostró que, de las 326 estructuras, solo 44 requerían mantenimiento y de estas, solo ocho lo necesitaban seriamente. Este resultado sorprendió al personal de la AUA y del IWMI ya que la mayoría de las estructuras tienen más de 40 años de antigüedad. Esto parecería indicar que el mantenimiento de las estructuras antes de la transferencia era bueno, al igual que su construcción inicial. Los tramos de los canales ofrecían un cuadro diferente. De los 65 tramos, 32 necesitaban mantenimiento serio y, en varios casos, se requería la rehabilitación. Este resultado no sorprendió al personal de la AUA y se ha negociado con la CNA para que se efectúe la rehabilitación de parte de la red de canales.

Cuadro 5. Lista de prioridades de mantenimiento del módulo Irapuato generada por MARLIN, octubre 1998.

Prioridad	Obra	Secciones	Tramo / Estructura	Área de control	Índice de Prioridad
1	Irapuato 12.45 - 13.289	17 y 18	Tramo	766.6	36.47
2	L4 Rep 5+510	19 y 20	Estructura	764.2	36.41
3	Irapuato 13.289 - 14.552	17 y 18	Tramo	743	35.90
4	Irapuato 14.552 - 15.8	17 y 18	Tramo	705.1	34.98
5	SL 3+600 0 - 1.8	21 y 22	Tramo	699.3	34.83
6	Irapuato 15.8 - 16.85	17 y 18	Tramo	665.9	33.99
7	L4S1 TP 3+600	21 y 22	Estructura	699.3	31.93
8	SL 3+600 4 - 6.44	21 y 22	Tramo	584.3	31.84
9	Irapuato 18.222 - 19.839	17 y 18	Tramo	581.4	31.76
10	Irapuato 16.85 - 18.222	17 y 18	Tramo	581.4	31.76
11	SL 5+500 0 - 2.05	19 y 20	Tramo	764.2	27.31
12	SL 5+500 2.05 - 4.1	19 y 20	Tramo	755.3	27.15
13	SL 3+702 0 - 2	21 y 22	Tramo	402.7	26.43
14	SL 5+500 4.1 - 5.25	19 y 20	Tramo	669.9	25.57
15	SL 3+600 1.8 - 4	21 y 22	Tramo	656.25	25.31
16	R1 6+440 0 - 1.97	21 y 22	Tramo	285.1	22.24
17	SL 3+702 4.47 - 6.215	21 y 22	Tramo	280.1	22.04
18	SL 8+272 2.3 - 4.8	19 y 20	Tramo	235.15	20.20
19	Irapuato 19.839 - 22.1	17 y 18	Tramo	372.6	19.07
20	SL 3+702 6.215 - 7.915	21 y 22	Tramo	203.85	18.81
21	SL 5+500 5.25 - 7.48	19 y 20	Tramo	350.5	18.49
22	Irapuato 22.1 - 23.95	17 y 18	Tramo	348.4	18.44
23	Irapuato 23.95 - 25.25	17 y 18	Tramo	326.8	17.86
24	SL 8+272 0 - 2.3	19 y 20	Tramo	325.75	17.83
25	SL 3+702 2 - 4.47	21 y 22	Tramo	312.7	17.47
26	SL 5+500 7.48 - 8.14	19 y 20	Tramo	289.3	16.80
27	Irapuato 25.25 - 27.452	17 y 18	Tramo	148	16.02
28	SL 3+702 7.915 - 10.35	21 y 22	Tramo	142	15.70
29	SL 5+500 8.14 - 10.33	19 y 20	Tramo	212.5	14.40
30	SL 3+600 6.44 - 8.5	21 y 22	Tramo	113.2	14.01
31	SL 3+600 8.5 - 10.1	21 y 22	Tramo	110.5	13.85
32	SL 3+600 10.1 - 12.1	21 y 22	Tramo	98.6	13.08
33	SL 18+794 0 - 1.2	17 y 18	Tramo	171.4	12.93
34	R1 6+440 1.97 - 3.5	21 y 22	Tramo	94.45	12.80
35	L4S3 TM 10+330	19 y 20	Estructura	90.35	12.52
36	Irapuato 27.452 - 28.138	17 y 18	Tramo	86.5	12.25
37	L4S1 Rep. 5+400	21 y 22	Estructura	72.45	12.15
38	L4S5 TP 8+272	19 y 20	Estructura	323.75	11.85
39	L4S5 Rep 1+620	19 y 20	Estructura	64.45	11.46
40	L4S3 Rep 7+492	19 y 20	Estructura	56.6	10.74
41	L4S3 TM md 4+940	19 y 20	Estructura	69.2	10.04

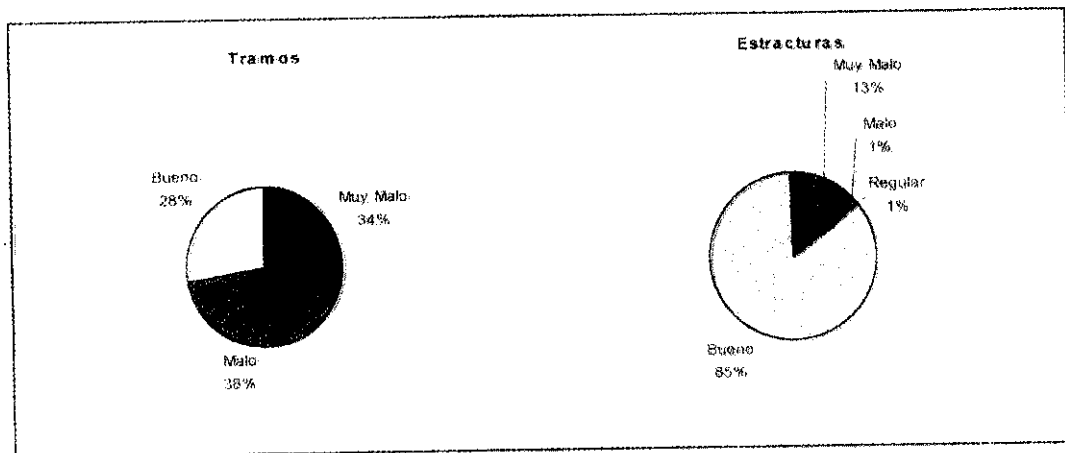


Figura 10. Distribución de puntajes de las condiciones de tramos de canales y estructuras, bajo MARLIN.

4.2.3 Comparación entre las prioridades de mantenimiento

Para verificar la eficiencia en relación con el costo del plan de trabajo de mantenimiento elaborado por la AUA para 1998-1999, el cual había sido preparado siguiendo el procedimiento habitual, se lo comparó con la lista de prioridades establecidas por el MARLIN. El cuadro 6 muestra el plan de trabajos de mantenimiento de la AUA y el orden de prioridad asignado a esas tareas por el MARLIN. El cuadro está organizado según los rubros de mantenimiento que usa la AUA, ya que la asociación no tiene una lista de prioridades de mantenimiento. Para realizar una comparación entre el plan de trabajos de mantenimiento de la AUA y la lista de prioridades generada por el MARLIN, se discutieron con la AUA los trabajos por rubro de mantenimiento y se les asignó la prioridad correspondiente, como se muestra en el cuadro. Además, como la AUA agrupa los tramos de un mismo canal como una sola obra, fue necesario enumerar las prioridades asignadas por el MARLIN a los tramos individuales (columna 5 en el cuadro) para llegar a la prioridad relativa que asignaría el MARLIN al grupo de tramos del canal (columna 4 en el cuadro).

A primera vista, parecería que no hay mucha concordancia entre las dos listas. Un examen más cuidadoso revela que las dos listas coinciden en gran medida en sus prioridades, en especial si se agrupan, como había hecho la AUA, los tramos de un canal que el MARLIN identificó por separado que necesitaban mantenimiento. Por consiguiente, de las 41 prioridades identificadas por el MARLIN, todas excepto 16 están incluidas en el plan de

trabajo de la AUA. De las 16 no incluidas, seis se refieren al canal Irapuato desde 18+249 a 28+128, las cuales la AUA ha determinado que necesitan rehabilitación.

Cuadro 6. Prioridad de mantenimiento por MARLIN vs lo planeado por el módulo.

Obra y localización	Localización de la obra	Prioridad módulo	Prioridad MARLIN	Prioridad por MARLIN
Deshierbe				
Canal Irapuato	3+600 al 12+212	1		Sin prioridad
SL 3+600	0+000 al 10+330	2	1	5/8/15/30/31
Sub lat 3+702	0+400 al 10+400	3	3	13/17/20/25/28
Sub lat 5+500	0+000 al 9+500	4	2	11/12/14/21/26/29
Sub lat 8+272	0+000 al 4+550	5	4	24
Lat 76+456	0+000 al 3+550	6	5	42
Lat 80+230	0+000 al 2+200	7	7	49
Lat 73+902	0+000 al 1+170	8	8	53
Sub Lat 5+500 R 7+200	0+000 al 1+800	9		No identificada
Sub Lat 8+272 R 2+200	0+000 al 2+450	10	10	69
Lat 84+183	0+000 al 1+500	11		Sin prioridad
Sub Lat 5+500 R 7+477	0+000 al 1+300	12	9	67
Sub Lat 8+262	0+000 al 0+800	13	6	45
Desazolve				
Sub lat 3+600	6+440 al 13+500	1	4	30/32
Canal Irapuato	12+212 al 18+249	2	1	1/3/4/6/10
Sub lat 3+702	4+825 al 10+350	3	3	17
Sub lat 3+600 R 6+440	0+000 al 3+240	4	2	16
Lat 80+230	0+000 al 2+200	5		49
Lat 84+183	0+000 al 1+800	6		Sin prioridad
Sub Lat 5+500 R 5+300	0+000 al 0+800	7		Sin prioridad
Lat 73+902	0+300 al 0+500	8	5	53
Reforzamiento de bordos				
Sub lat 8+272	2+900 al 3+950	1	1	18
Lat 80+178	0+300 al 0+650	2	4	74
Irapuato	26+800 al 27+000	3	2	27
Lat 76+456	2+200 al 2+400	4	3	61
Estructuras y Obra Civil				
Sub lat 8+272 Rep 2+910		1	1	43
Sub lat 8+272 Rep 3+950		2	2	47
R 6+400 SL 3+600 Rep 4+800		3	3	60

De las otras 10 prioridades identificadas por el MARLIN pero no incluidas en el plan de trabajo de la AUA, ocho se refieren a estructuras. La selección de estructuras para mantenimiento hecha por la AUA parece no concordar con las estructuras con prioridad identificadas por el MARLIN. Las estructuras L4 Rep 5+510, un regulador transversal que controla el nivel del agua en la cahecera del sublateral 5+500, y el regulador de carga L4SI TP 3+600 (prioridades 2 y 7 respectivamente en el MARLIN) están ambas en muy mala condición e influyen en áreas relativamente grandes del módulo. Están excluidas del plan de trabajo de la AUA porque la asociación considera que estas estructuras requieren una rehabilitación grande, más que mantenimiento, lo cual encontramos que era correcto.

Un trabajo de mantenimiento muy importante para la AUA no identificado por el MARLIN se relaciona con el deshierbe del canal Irapuato desde 3+600 en adelante. Esto no fue identificado en la inspección del MARLIN ya que el trabajo que se pretende es la eliminación de basura urbana del canal y sus orillas para impedir que la basura bloquee los sifones aguas abajo.

Un resultado interesante de la aplicación del MARLIN se relaciona con los costos de mantenimiento. Sobre la base de los costos unitarios usados por la AUA, se calculó que se necesitaban 455,000 pesos mexicanos para el mantenimiento de todos los tramos de canales y estructuras que el MARLIN identificó que requerían mantenimiento en 1998-1999 (véase el Anexo 2). Esa suma está al alcance de la AUA ya que su presupuesto para mantenimiento en los últimos ocho años ha variado entre 145,076 y 689,965 pesos. Estos resultados indican que el mantenimiento aplazado en el Módulo Irapuato se puede recuperar en un solo año sin gastos adicionales. No obstante, varios de los tramos de los canales estaban en tan mal estado que el mantenimiento solo no bastaría y se requería la rehabilitación. La distinción e identificación de las obras que pueden recibir mantenimiento y las que necesitan rehabilitación es un beneficio más resultante de la aplicación del MARLIN.

Si bien la comparación de la lista de prioridades del MARLIN con el plan de trabajo de la AUA proporciona varios datos interesantes y muestra que el MARLIN está bien calibrado, la verdadera prueba de la utilidad del MARLIN es la respuesta del personal de la AUA de Irapuato. Al comparar el MARLIN con los métodos subjetivos de planificación existentes, ellos identificaron los beneficios siguientes aportados por el MARLIN:

- ◆ indica la prioridad relativa de la necesidad de mantenimiento, lo cual es importante cuando los ingresos son inferiores a lo previsto;
- ◆ proporciona una justificación objetiva del gasto planeado;
- ◆ ahorra el tiempo requerido para preparar un plan de mantenimiento;

5 CONCLUSIONES

Es evidente que un mejor procedimiento de planificación del mantenimiento como el MARLIN es apropiado en las condiciones de la transferencia del sistema en México, donde el personal de las AUA está familiarizado con las aplicaciones de programas de computadora y tiene la tarea de preparar y justificar amplios programas anuales de mantenimiento. El procedimiento MARLIN ofrece una serie de ventajas con respecto a los métodos existentes para determinar las prioridades de mantenimiento, ya que proporciona un procedimiento estandarizado para evaluar la condición de las obras en el campo y para elaborar programas de mantenimiento basados en criterios verificables, que orientan la asignación de las prioridades de mantenimiento y los gastos. Su aplicación en la AUA de Irapuato demuestra que satisface una necesidad, es fácil de aplicar y permite preparar planes de mantenimiento más eficientes en relación con su costo.

La utilidad del procedimiento MARLIN para la elaboración de planes de mantenimiento eficientes en relación con su costo es corroborada por el interés que ha generado entre las AUA. Personal técnico de otras cuatro AUA del DR 011 se ha acercado al IWMI y solicitado apoyo para implementar el procedimiento MARLIN. La SRL también muestra gran interés en el procedimiento y lo aplicó con la ayuda del IWMI en los cinco canales principales del DR 011 en 1999. Si bien los conceptos que sustentan el MARLIN son útiles como instrumento para identificar y clasificar por orden de prioridad las necesidades de mantenimiento en México, antes de que se pueda adoptar ampliamente el procedimiento será necesario incorporar instrumentos de evaluación para los drenes y los caminos de inspección y mejorar la capacidad de mapeo del programa de computadora.

La comparación entre la lista de prioridades del MARLIN y el plan de trabajo de la AUA plantea varias cuestiones importantes, en especial en relación con la cantidad apropiada de fondos para el mantenimiento. Si bien se habla mucho del mantenimiento aplazado en los distritos de riego mexicanos y de la necesidad drástica de aumentar los gastos para mantenimiento, nuestro análisis muestra que el Módulo Irapuato está muy bien mantenido. Las principales restricciones que afronta la AUA se vinculan con la necesidad de rehabilitación y modernización. Este resultado origina el interrogante, primeramente formulado por Levine (1986), de si es necesario el mantenimiento. En la actualidad, la situación socioeconómica que rodea la producción de riego en el DR 011 y en gran parte de México es tal que los distritos de riego necesitan drásticos cambios tanto físicos como institucionales que permitan entregas más flexibles del agua. La infraestructura actual está diseñada para el riego de los granos básicos, lo cual ya no es una estrategia económica viable, y las prácticas actuales de distribución del agua no son lo suficientemente flexibles para permitir el riego de cultivos de más alto valor. En consecuencia, un problema político

importante que requiere seria *consideración* es si tiene sentido invertir grandes sumas de dinero en un alto estandar de mantenimiento de sistemas obsoletos, como sucede actualmente en Mexico.

Otro interrogante que plantea este estudio es si la cantidad de mantenimiento supuestamente aplazado heredado por los módulos en la transferencia esta limitando el desempeño del sistema (el area que recibe riego por gravedad, la intensidad anual de riego, los rendimientos de los *cultivos*, etc.). Kloezen *et al.* (1997) muestran que el marcado aumento en el mantenimiento realizado en el DR 011 no se refleja en niveles de producción considerablemente mas altos, a pesar de que ha mejorado la capacidad de conducir agua de la infraestructura de riego. Para comprender esta aparente paradoja es necesario tener en cuenta:

- ◆ la diferencia entre el mantenimiento y la rehabilitación;
- ◆ la capacidad de los sistemas de riego por gravedad de continuar funcionando aun cuando estén deteriorados; y
- ◆ el impacto de la disponibilidad del agua y los precios de los insumos sobre la productividad agricola.

Se requiere un análisis mas detallado de estos factores en el caso del DR 011 para determinar por qué no ha mejorado la productividad agricola y cual sería el nivel de mantenimiento apropiado. No obstantc, sobre la base de la experiencia de los autores en el DR 011, es evidente que muchos de los problemas actuales relacionados con la capacidad de la infraestructura de riego de conducir agua no obedecen a **un** mantenimiento eficiente sino al hecho de que los canales principales y muchos de los secundarios necesitan rehabilitación. Además, los efectos negativos sobre la productividad agricola causados **por** los marcados aumentos de los precios de los insumos y las sequías recurrentes en los años 90 probablemente han sido mas fuertes que los efectos positivos de **un** mejor mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Aboites, 1998. *El uguu de la nación. Una historia política de México (1888-1946)*. Mexico City: CIESAS.
- Alanís Patiño, Emilio. 1950. Las tierras de riego, El destino de los 2206 millones de pesos invertidos por el gobierno de Mexico en obras para riego. *Problemas ugricolus e industriales de México*. Vol. 2, No. 2.: 47-167.
- Banocio-Fregoso, C y Miguel Giner. 1996. Diagnostico de la funcionalidad y necesidades de conservacion de la infraestructura en distritos de riego (metodologia) in Ingenieria de Drenaje y Salinidad. Montecillo, Mexico: CNA-IMTA-CP.
- Canruthers, I. and Morrison J. 1994. *Maintenance in irrigation: A review of strategic issues*. MAINTAIN project, GTZ, Frankfurt. Unpublished report.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 1992. *Productores ugricolus del módulo Irapuato. Título de concesión de agua y permiso para la utilización de obrus de infraestructura hidráulica en el Distrito de Riego Numero 011, Alto Río Lermu, Estado de Guanajuato*. Mexico D.F.: CNA.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 1994. *Informe de Labores 1989-1994*. Mexico D.F.: Comisión Nacional del Agua.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 1997. *Productores agricolas de los módulos del distrito de regio 011, Alto Río Lermu, SRL. Título de Concesión para la Utilización de Obras de Infraestructura Hidráulica Moyer en el Distrito de Riego 011 Alto Río Lermu, Gto*. México D.F.: CNA.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 1999a. *Programa de transferencia de distritos de riego: Avance al 31 de Mayo de 1999*. Mexico D.F.: CNA.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 1999b. *Ley de aguas nacionales y su reglumenfo*. Mexico D.F.: CNA.
- Cornish, G. y J. Skutsch. 1998. *Procedimiento para la planificación de la rehabilitación de sistemas de riego*. Report PD/TN 84. Wallingford, UK: HR Wallingford.
- CUR. 1995. *Manual on the use of rock in hydraulic engineering*. Centre for Civil Engineering Research and Codes, Gouda, Netherlands. CUR/RWS report 169. Dordrecht, the Netherlands: AA Balkema Publishers.
- Diario Oficial. 1946. *Ley de Riegos*. Mexico City: Diario Oficial.
- Diario Oficial. 1972. *Ley Federal de Aguas*. Mexico City: Diario Oficial.
- Dutan, J. M. 1988. *Hacia una agricultura industrial? México 1940-1980*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Espinosa de Leon, E. y J.L. Trava. 1992. *Transferencia de los distritos de riego a los usuarios*. Tercera Conferencia Regional Panamericana, Noviembre de 1992. Mazatlán, Sinaloa: ICID.
- Fox, J. 1992. *The politics of food in Mexico*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.

- Gorriz, C. M., A. Subramanian, and J. Simas. 1995. *Irrigation management transfer in Mexico: Process and progress*. World Bank Technical Paper no. 292. Washington, D. C.: The World Bank.
- Greenberg, M. H. 1970. *Bureaucracy and development: A Mexican case study*. Lexington, Massachusetts: Heath Lexington Books.
- Grindle, M. S. 1977. *Bureaucrats, politicians, and peasants in Mexico. A case study in public policy*. Berkeley and Los Angeles: University of California Press.
- Gulati and M. Svendsen. 1994. *Operation and costs of canal irrigation and their recovery in India*. National Council of Applied Economic Research, New Delhi.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1998. *Estadísticas del medio ambiente, Mexico, 1997*. Aguascalientes: INEGI.
- Johnson III, S.H. 1997. *Irrigation management transfer in Mexico: a strategy to achieve irrigation district sustainability*. IIMI Research Report 16. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.
- Kloezen, W.H. 2000. *Viabilidad de los arreglos institucionales para el riego después de la transferencia del manejo en el distrito de riego Alto Río Lerma, Mexico*. IWMI Serie Latinoamericana, no 13. México DF.: Instituto Internacional del Manejo del Agua.
- Kloezen, W. H. and C. Garcés-Restrepo. 1998. *Assessing irrigation performance with comparative indicators: the case of the Alto Rio Lerma irrigation district, Mexico*. IWMI Research Report 22. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- Kloezen, W. H., Carlos Garcés-Restrepo, and S. H. Johnson III. 1997. *Impact assessment of irrigation management transfer in the Alto Rio Lerma Irrigation District, Mexico*. IIMI Research Report 15. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.
- Levine, G. 1986. *The challenge of rehabilitation and betterment*. Paper presented at Intl. Conference on Irrigation System Rehabilitation and Betterment, October 1986. Leesburg, Virginia, USA.
- Lomelí Villanueva, J.R., S. Jaimes Garcia, J.M. Gonzalez Camacho, A. Estrada Corona y R. Patrón Castro. 1999. *Conservación de distritos y módulos de riego*. Jiutepec, Mexico: IMTA.
- Orive Alba, Adolfo. 1970. *La irrigación en México*. Mexico City: Editorial Grijalbo.
- Palacios, E. 1993. *Diagnostico sobre la administracion de los módulos operados por las asociaciones de usuarios*. Montecillo, Mexico: Colegio de Postgraduados.
- Palacios, E. 1994. *La agricultura de riego en Mexico*. Mexico City: FAO/CNA.
- Palacios, E. 1997. *Benefits and second generation problems. The case of Mexico*. Paper presented at the International Workshop on Participatory Irrigation Management, Cali, Columbia, February 1997.

- Palacios, E. 1998. *Problemas de segunda generacion que tienen las Asociaciones de Usuarios del Agua*. Montecillo: Colegio de Postgraduados, Instituto de Recursos Naturales, Hidrociencias.
- Rap, E., P. Wester and L. Nereida-Perez-Prado. 1999. The articulation of irrigation reforms and the reconstitution of the hydraulic bureaucracy in Mexico. Paper presented at the International Researchers Conference on Irrigation Reforms. 11-14 December 1999, Hyderabad, India.
- Ramírez-Calderón, José Jesus y Philippus Wester. 1999. La planeacion de la conservación de canales de riego con el software de MARLIN. In: *Memorias del IX Congreso Nacional de Irrigación*.
- Skutsch, J.C. 1998. *Maintaining the value of irrigation and drainage projects*. Report OD/TN 90. HR Wallingford, Wallingford, UK.
- Thoreson, B. Slack, D., Satyal, R. and Neupane, S. 1997. Performance-based Maintenance for Irrigation Systems. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. Vol. 123 (2)100 – 105.
- Trava, J.L. 1994. Transfer of management of irrigation districts to WUAs in Mexico. In: *Indicative action plan and proceedings of the national seminar on farmers participation in irrigation management*. Aurangabad, Maharashtra: Water and Land Management Institute.
- Urban, K., P. Wester and W.H. Kloezen. 2000. *Institutional analysis of maintenance service provision in the Alto Río Lerma Irrigation District, Mexico*. Case study prepared for GTZ's MAINTAIN project.
- Vargas, S. 1996. Las grandes tendencias historicas de la agricultura de riego. pp.31-50 in Melville and Peiia (eds.) *Apropiacion y Usos del Agua. Nuevas Líneas de Investigación*. Chapingo: Universidad de Chapingo.
- Verdier, J. and Millo, J. 1992. *Maintenance of irrigation systems. A practical guide for system managers*. ICID Paper No. 40. ICID New Delhi, India.
- Vermillion, D. L. 1997. *Impacts of irrigation management transfer: A review of the evidence*. IIMI Research Report 11. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.
- Wionczek, M. S. 1982. La aportacion de la política hidraulica entre 1925 y 1970 a la actual crisis agricola Mexicana. *Comercio Exterior*. 32(4):394-409.
- World Bank. 1991. *Mexico irrigation and drainage sector project. Staff appraisal report*. Report No. 9779-ME. Washington, D.C.: World Bank.
- Zaag, P. van der. 1992. *Chicanery at the canal: Changing practices in irrigation management in Western Mexico*. CEDLA Latin America Studies, no. 65. Amsterdam: Centrum voor Studie en Documentatie van Latijns America (CEDLA).

ANEXOS

Anexo 1: Formatos para la evaluación de la condición de la infraestructura (Cornish y Skutsch, 1998)

1a: TOMA (o REGULADOR DE CARGA)

	SÍ	NO	NO EVALUADO
1. ¿Falta alguna compuerta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Es difícil cerrar/abrir del todo las compuertas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Hay alguna compuerta seriamente corroida o podrida?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Hay fisuras/grietas graves o desplazamiento alguno de la estructura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ¿Está alguna parte de la estructura bloqueada por azolve?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ¿Hay filtraciones alrededor de la estructura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. ¿Está la base estructural aguas abajo seriamente dañada o socavada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. ¿Es difícil leer las escalas aguas arriba o aguas abajo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. ¿Le preocupa la condición general?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES:

- Falta compuerta:** Únicamente responda **SÍ** cuando se ha quitado una compuerta de la estructura. Cuando hay una compuerta rota pero todavía presente, responda **NO** a esta pregunta y **SÍ** a la pregunta 2.
- Funciouamieuto de las compuerta:** Responda **SÍ** cuando la condición del mecanismo izador, la falta de componentes u otros factores hacen imposible operar efectivamente una compuerta. Si falta una compuerta, responda **SÍ** a la pregunta 1 y **NO** a esta pregunta.
- Condicio de la compuerta:** Responda **SÍ** cuando la corrosion o la pudrición han reducido la solidez o el cierre hermético de alguna compuerta. No tenga en cuenta las manchas pequeñas de corrosion superficial ni un deterioromenor de la compuerta.
- Fisuras/grietas/daño y desplazamiento:** Responda **SÍ** cuando parezca que las grietas han sido causadas por el desplazamiento diferencial de la estructura o la sobrecarga de esta. Puede *ser* visible un desplazamiento vertical, horizontal o de rotación. No tenga en cuenta **las** grietas superficiales poco profundas ni un daiio menor que no afecte la funcion.
- Bloqueo:** Responda **SÍ** cuando la acumulación de azolve este reduciendo seriamente el espacio libre para que pase el agua. No tenga en cuenta el bloqueo por vegetación flolante u otras basuras que puedan ser retiradas con rapidez.

6. **Filtraciones:** Responda **SÍ** cuando haya deslave de partículas finas del suelo, zonas Muy húmedas **en** el relleno u otras señales de que se filtra el agua alrededor de la estructura.
7. Base estructural aguas abajo: Responda **SI** cuando la base u otra protección del piso se esté rompiendo o **sea** inestable a causa del socavado grave. No tenga en cuenta la abrasion superficial o un rozamiento menor del piso/talud si éstos parecen estables y no esta amenazada la estabilidad de la estructura. Responda **NO EVALUADO** si no puede ver la base ni obtener información confiable del operador.
8. **Escalas:** Responda **NO** cuando no se han instalado escalas.
9. **Condición** general: Responda **SÍ** cuando:
Hay un defecto o deterioro graves o una falla de la funcion que no están cubiertos por ninguna otra pregunta. **O**
Ha comenzado el deterioro y puede progresar con rapidez y provocar una pérdida importante de la funcion o el riesgo de una falla estructural antes de la próxima inspeccion.

1b: REGULADOR TRANSVERSAL CON COMPUERTAS

	SI	NO	NO EVALUADO
1. ¿ Falta alguna compuerta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Es difícil cerrar/abrir del todo las compuertas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Hay alguna compuerta seriamente corroida o podrida?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Hay fisuras/grietas graves o desplazamiento alguno de la estructura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ¿Hay fugas alrededor de la estructura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ¿Está la base estructural aguas abajo seriamente dañada o socavada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. ¿Es difícil leer las escalas aguas arriba o aguas abajo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. ¿Le preocupa la condición general?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES:

- Falta** compuerta: Únicamente responda **SÍ** cuando se ha quitado una compuerta de la estructura. Cuando una compuerta esta rota **pero** todavia está presente, responda **NO** a esta pregunta y **SÍ** a la pregunta 2.
- Funcionamiento** de **las** compuertas: Responda **SÍ** cuando la condición del mecanismo izador, la falta de componentes u otros factores hacen imposible operar efectivamente una compuerta. Si falta una compuerta, responda **SÍ** a la pregunta 1 y **NO** a esta pregunta.
- Condición** de **las** compuertas: Responda **SÍ** cuando la corrosion o pudricion han reducido la **solidez** o el cierre hermetico de alguna compuerta. No tenga en cuenta las manchas pequeñas de corrosión superficial o un deterioro menor de la compuerta.
- Grietas/fisuras/daño** y desplazamiento: Responda **SÍ** cuando parezca que las grietas han sido causadas por el desplazamiento diferencial de la estructura o la sobrecarga de ésta. Puede ser visible un desplazamiento vertical, horizontal o de rotacion. No tenga en cuenta las grietas superficiales poco profundas o un daño menor que no afecte la funcion.
- Fugas**: Responda **SÍ** cuando haya deslave de partículas finas del suelo, zonas Muy húmedas u otras Maleas de que se filtra el agua alrededor de la estructura.
- Base** estructural **aguas** abajo: Responda **SÍ** cuando la base u otra protección del piso se este rompiendo o sea inestable a causa del socavado grave. No tenga **en** cuenta la abrasion superficial o un rozamiento menor en el piso/salud si éstos parecen estables y no esta amenazada la estabilidad de la estructura. Responda **NO EVALUADO** si no puede ver la base ni obtener información confiable del operador.
- Escalas**: Responda **NO** si no se han instalado escalas.
- Condición** general: Responda **SÍ** cuando:
 - ◆ Hay un defecto o deterioro graves o una falla de la funcion que no estan cubiertos por ninguna otra pregunta. ○

- ◆ **Ha comenzado el deterioro y puede progresar con rapidez y provocar una pérdida importante de la función o el riesgo de una falla estructural antes de la próxima inspección.**

1c: TOMA CON COMPUERTAS

	SI	NO	NO EVALUADO
1. ¿Falta alguna compuerta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Es difícil cerrariabrir del todo las compuertas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Hay alguna compuerta seriamente corroida o podrida?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Hay fisuras/grietas graves o desplazamiento alguno de la estructura'?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ¿Está alguna parte de la estructura bloqueada por azolve?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ¿Hay filtraciones alrededor de la estructura?	<input type="checkbox"/>	<i>O</i>	<input type="checkbox"/>
7. ¿Está la base estructural aguas abajo seriamente dañada o socavada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8. ¿Es difícil leer las escalas aguas arriba o aguas abajo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. ¿Le preocupa la condicion general?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES:

- Falta compuerta:** Responda **SÍ** únicamente cuando se ha quitado una compuerta de la estructura. Cuando una compuerta esta rota pero sigue presente, responda **NO** a esta pregunta y **SÍ** a la pregunta 2.
- Funcionamiento de las compuertas:** Responda **SÍ** cuando la condicion del mecanismo izador, la falta de componentes u otros factores hacen imposible oprcar efectivamente una compuerta. Si falta una compuerta, responda **SÍ** a la pregunta y **NO** a esta pregunta.
- Condición de las compuertas:** Responda **SÍ** cuando la corrosion o pudrición han reducido **la** solidez o el cierre hermético de alguna compuerta. No tenga **en** cuenta las manchas menores de corrosion superficial o **el** deterioro poco importante de alguna compuerta.
- Grietas/fisuras/daño y desplazamiento:** Responda **SÍ** cuando parezca que las grietas/fisuras han sido causadas por el desplazamiento diferencial de la estructura o la sobrecarga de esta. Puede ser visible un desplazamiento vertical, horizontal o de rotación. No tenga en cuenta las grietas superficiales poco profundas ni un daño menor que no afecte la función.
- Bloqueo:** Responda **SÍ** cuando la acumulación de sedimento estd reduciendo seriamente el espacio libre para que pase el agua. No tenga **en** cuenta el bloqueo por vegetacion flotante u otras basuras que puedan ser retiradas con rapidez.
- Filtraciones:** Responda **SÍ** cuando haya deslave de particulas finas del suelo, zonas Muy húmedas en el relleno u otras señales de que se filtra el agua alrededor de la estructura.
- Base estructural aguas abajo:** Responda **SÍ** cuando la base u otra protección del piso se esté rompiendo o sea inestable a causa del socavado grave. No tenga en cuenta la abrasión superficial o un rozamiento menor del pisoitalud si éstos parecen estables y no **esta** amenazada la estabilidad de la estructura. Responda **NO EVALUADO** si no puede ver **la** base ni obtener información confiable del operador.
- Escalas:** Responda **NO** cuando no se han instalado escalas.

9. Condición general: Responda SÍ cuando:

- Hay un **defecto** o deterioro graves o una falla **de** la función que no están cubiertos por ninguna otra pregunta. **O**
- Ha comenzado el **deterioro** y puede progress con rapidez **y** provocar una pérdida importante **de** la función o el riesgo de una falla estructural antes de la próxima inspección.

1d: TRAMO DE CANAL

	SI	NO	NO EVALUADO
1. ¿Está el canal parcialmente bloqueado en algún punto por basuras u obstrucciones no autorizadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Hay sedimentación grave en algún lugar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Hay graves problemas de maleza en algún lugar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Hay informes de usuarios/técnicos de que la capacidad del canal limita el suministro?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Cuando el canal va en relleno, ¿ha llegado el nivel de agua peligrosamente cerca de la corona?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ¿Hay problemas de deslizamientos o erosión graves en el talud?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Si está revestido, ¿hay daño importante del revestimiento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. ¿Hay tomas nuevas no autorizadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. ¿Hay algún problema de filtración en el tramo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. ¿Le preocupa la condición general?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES:

1. Basura u obstrucciones no autorizadas: Responda Sí cuando los agricultores han colocado material en el tramo para elevar el nivel del agua o cuando un deslizamiento de tierra o la acumulación de basura parecen reducir la capacidad de transporte del tramo.
2. Sedimento: No tenga en cuenta la acumulación menor y localizada de sedimento que no reduzca la capacidad de transporte del canal o cause una reducción del espacio libre. Si no está seguro, responda Sí.
3. Maleza: No tenga en cuenta zonas pequeñas con maleza que no parecen restringir la capacidad de transporte del canal o causar una reducción del espacio libre. Si no está seguro, responda Sí.
4. Capacidad de transporte: Pregunte a los agricultores o los técnicos si piensan que el suministro de agua es limitado a causa de un problema en ESTE tramo. Si es así, responda Sí.
5. Espacio libre: Responda Sí cuando a veces hay riesgo de desbordamiento que podría provocar deslaves en terraplén y daño estructural grave. No tenga en cuenta los puntos bajos menores donde el canal está atajado. O Cuando la condición todavía no es peligrosa pero continúa el deterioro del espacio libre del canal y se puede volver peligrosa antes de la próxima inspección.
6. Deslizamiento o erosión del talud: Responda Sí cuando el deslizamiento o la erosión amenacen bloquear el canal o debilitarlo cuando este va en relleno. No tenga en cuenta una erosión menor de la sección del canal a menos que amenace la integridad del tramo.

7. **Daño en el revestimiento:** No tenga en cuenta paneles aislados o mampostería dañados. Responda **SÍ** cuando más de 1 de 10 de los paneles de revestimiento o el 10% de la superficie en el tramo están seriamente dañados.
8. **Tomas no autorizadas:** Busque cortes deliberados o tuberías sumergidas, etc., en el talud del canal.
9. **Filtraciones:** Vea si hay agua estancada, deslave de partículas finas del terraplén, agua que fluye desde el anclaje del terraplén, malezas o depósitos de sal **en** el suelo cerca del terraplén del canal. Si encuentra con frecuencia alguno de esos elementos, responda **SÍ**.
10. **Condición general:** Responda **SÍ** cuando:
 - Hay un defecto o deterioro grave o una falla de la función que no están cubiertos por ninguna otra pregunta. **O**
 - Ha comenzado el deterioro **y** puede progresar con rapidez y provocar una pérdida importante de la función o el riesgo de una falla estructural antes de la próxima inspección.

1e: ESTRUCTURA DE MEDICIÓN DEL GASTO

	SÍ	NO	NO EVALUADO
1. ¿Hay azolve, malezas o basura a 5 m aguas arriba o aguas abajo de la estructura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="radio"/>
2. ¿Está la estructura de medición ahogada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Hay algún daño grave en alguna parte de la estructura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Hay fugas alrededor de la estructura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="radio"/>
5. ¿Está la base estructural aguas abajo seriamente dañada o socavada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ¿Es difícil leer las escalas aguas arriba o aguas abajo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. ¿Le preocupa la condición general?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES:

- Obstrucción del conducto:** Responda SÍ cuando el azolve o la basura afectan el paso del agua a través de la estructura de medición y causan una alteración seria del gasto. No tenga en cuenta la maleza que simplemente pueda ser eliminada.
- Estructura ahogada:** Una estructura de medición "ahogada" es aquella en la cual el nivel del agua aguas abajo de la estructura afecta el nivel aguas arriba. Las estructuras requieren un diferencial de carga mínimo para que la medición sea exacta:
Para vertederos y saetines con corona ancha: $C_{(a/abajo)}/C_{(a/arriba)}$ debe ser 0.6
Para vertederos con corona puntiaguda: $C_{(a/abajo)}$ debe estar por debajo de la corona
- Daño estructural:** Busque algún daño que pueda influir en la medición del gasto o la estabilidad de la estructura. Son ejemplos frecuentes el daño en la corona de un vertedero u otra sección de control, las grietas serias o el desplazamiento estructural.
- Fugas:** Responda SÍ cuando haya deslave de partículas finas del suelo, zonas muy húmedas en el relleno u otras señales de que se filtra el agua alrededor de la estructura.
- Base estructural aguas abajo:** Responda SÍ cuando la base estructural u otra protección del piso se este rompiendo o sea inestable a causa del socavado grave. No tenga en cuenta la abrasión superficial o un rozamiento menor del piso/talud si éstos parecen estables y no está amenazada la estabilidad de la estructura. Responda NO EVALUADO si no puede ver la base ni obtener información confiable del operador.
- Escalas:** Responda SÍ cuando falten algunas escalas o estas no puedan ser leídas.
- Condición general:** Responda SÍ cuando:
 - Hay un defecto o deterioro graves o una falla de la función que no están cubiertos por ninguna otra pregunta. O
 - Ha comenzado el deterioro y puede progresar con rapidez y provocar una pérdida importante de la función o el riesgo de una falla estructural antes de la próxima inspección.

1f: VERTEDERO LATERAL/ESCAPE

	SÍ	NO	NO EVALUADO
1. Esta bloqueada alguna parte de la estructura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Hay fisuras/grietas graves o desplazamiento alguno de la estructura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Hay filtraciones alrededor de la estructura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Hay separación grave entre el relleno y la estructura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Esta la protección aguas abajo seriamente dañada o socavada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Le preocupa la condición general?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES:

1. **Bloqueo:** Responda Sí cuando el bloqueo impida que el agua pase sobre el vertedero en el nivel nominal de la corona o impediría la descarga sin riesgos del agua aguas abajo del vertedero.
2. **Grietas/fisuras/daño** y desplazamiento: Responda Sí cuando parezca que las grietas/fisuras han sido causadas por un desplazamiento diferencial de la estructura o la sobrecarga de esta. Puede ser visible un desplazamiento vertical, horizontal o de rotación. No tenga en cuenta las grietas/fisuras superficiales poco profundas ni un daño menor que no afecte la función.
3. **Filtraciones:** Responda Sí cuando haya deslave de partículas finas del suelo, zonas Muy húmedas en el relleno u otras señales de que se filtra el agua alrededor de la estructura.
4. **Separación del relleno:** Responda Sí cuando los resquicios puedan permitir la filtración.
5. **Protección aguas abajo:** Responda Sí cuando la protección aguas abajo se esté rompiendo o sea inestable a causa del socavado grave. No tenga en cuenta la erosión menor si ésta se ve estable y no amenaza la estabilidad de la estructura.
6. **Condición general:** Responda Sí cuando:
 - Hay un defecto o deterioro graves o una falla de la función que no están cubiertos por ninguna otra pregunta. O
 - Ha comenzado el deterioro y puede progresar con rapidez y provocar una pérdida importante de la función o el riesgo de una falla estructural antes de la próxima inspección.

Ig: DRENAJE

	SI	NO	NO EVALUADO
1. ¿Esta el drenaje seriamente limitado en algún punto por azolve, malezas o basuras?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Hay señales de que el agua ha desbordado el drenaje?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Hay señales de encharcamiento (sales, lodo, malezas) en esta area?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Hay señales de deslizamientos en el talud en algún sitio?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ¿Hay en este tramo estructuras seriamente deterioradas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ¿Le preocupa la condición general?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES:

1. **Obstrucción** del conducto: Responda **SÍ** cuando el azolve, malezas o basuras limitan el flujo en el drenaje de tal modo que se producen con frecuencia inundaciones localizadas o encharcamiento.
2. **Desbordamiento**: Busque la marca de crecientes en el drenaje o hasura atrapada en los taludes o en la vegetación adyacente.
3. **Encharcamiento**: Si es necesario, pregunte a los usuarios si son comunes los problemas de encharcamiento provocados por el drenaje inadecuado.
4. **Deslizamientos** en el talud: Responda **SÍ** cuando el deslizamiento amenace restringir la capacidad de flujo del drenaje. No tenga en cuenta deslizamientos menores si ahora están estables.
5. **Estructuras de drenaje**: Responda **SÍ** únicamente cuando el daño en una estructura amenace el funcionamiento correcto del drenaje.
6. **Condición general**: Responda **SI** cuando:
 - Hay un defecto o deterioro graves o una falla de la función que no están cubiertos por ninguna otra pregunta. **O**
 - Ha comenzado el deterioro y puede progresar con rapidez y provocar una pérdida importante de la función o el riesgo de una falla estructural antes de la próxima inspección.

1h: CAÍDA/TOBOGÁN

	SÍ	NO	NO EVALUADO
1. ¿Hay fisuras/grietas graves o desplazamiento alguno de la estructura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Hay fugas alrededor de la estructura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Está la estructura aguas abajo -poceta estabilizadora/ base- seriamente dañada o socavada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Están el piso o la sección del canal aguas abajo seriamente erosionados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES:

- Grietas/fisuras/daño y desplazamiento:** Responda SÍ cuando las grietas/fisuras parezcan ser causadas por un desplazamiento diferencial de la estructura o la sobrecarga de ésta. Puede ser visible un desplazamiento vertical, horizontal o de rotación. No tenga en cuenta las grietas superficiales poco profundas o un daio menor que no afecte la funcion.
- Fugas:** Responda SÍ cuando haya deslaves de particulas finas del suelo, zonas Muy húmedas en el relleno u otras señales de que se filtra el agua alrededor de la estmctura.
- Protección aguas abajo:** Responda SÍ cuando la base estructural u otra protección del piso se este rompiendo o sea inestable a causa del socavado grave. No tenga en cuenta la abrasion superficial o un rozamiento menor del piso/talud si éstos parecen estables y no está amenazada la estabilidad de la estructura. Responda NO EVALUADO si no puede ver la base estructural ni ohtener informacion contiable del operador.
- Piso y canal aguas abajo:** Responda SÍ cuando la erosion del piso o el talud amenace la estabilidad de la estructura de caida o el tramo del canal. No tenga en cuenta un rozamiento menor o la erosión del talud si este parece estable. Responda NO EVALUADO si no puede ver el piso o la sección del canal ni obtener información contiable del operador.
- Condición general:** Responda SÍ cuando:
 - Hay un defecto o deterioro graves o una falla de la función que no estan cubiertos por ninguna otra pregunta. O
 - Ha comenzado el dcterioro y puede progresar con rapidez y provocar una perdida importante de la funcion o el riesgo de una falla estructural antes de la próxima inspección.

II: TUBERÍA DE DRENAJE TRANSVERSAL (ALCANTARILLAS)

	SÍ	NO	NO EVALUADO
1. ¿Hay fisuras/grietas graves o desplazamiento alguno de la estructura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Hay fugas visibles del canal hacia la tubería?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Los usuarios/técnicos dicen que la tubería no puede llevar efectivamente la carga pico?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Parece estar bloqueada la tubería?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ¿Hay erosión grave alrededor de la entrada o salida de la tubería?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ¿Le preocupa la condición general?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES:

- Grietas/fisuras/daño** y desplazamiento: Responda **SÍ** cuando parezca que las grietas han sido causadas por un desplazamiento diferencial de la estructura o la sobrecarga de ésta. Puede ser visible un desplazamiento vertical, horizontal o de rotación. No tenga en cuenta las grietas/fisuras superficiales poco profundas ni un daño menor que no afecte la función.
- Fugas hacia la tubería:** Responda **SÍ** cuando haya una importante y evidente pérdida de agua del canal hacia la tubería. No tenga en cuenta las filtraciones menores.
- Capacidad de la tubería:** Responda **SÍ** cuando los usuarios informen que el drenaje con frecuencia produce inundaciones **en** el extremo aguas arriba de la tubería.
- Bloqueo:** Responda **SÍ** cuando se vea bloqueada más de una cuarta parte del área libre. No tenga **en** cuenta las pequeñas cantidades de azolve o maleras en el fondo de la tubería.
- Erosión:** Responda **SÍ** cuando haya erosión que pudiera llevar al socavado de la estructura.
- Condición general:** Responda **SÍ** cuando:
 - Hay un defecto o deterioro graves o una falla de la función que no están cubiertos por ninguna otra pregunta. **O**
 - Ha comenzado el deterioro y puede progresar con rapidez y provocar una pérdida importante de la función o el riesgo de una falla estructural antes de la próxima inspección.

1j: ACUEDUCTO/CAÑADA

	SÍ	NO	NO EVALUADO
1. ¿Hay fisuras/grietas graves o desplazamiento alguno de la estructura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Hay separación grave entre el relleno y la estructura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Tiene el acueducto fugas en la union con el tramo aguas arriba o aguas abajo'?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Hay fugas en el acueducto mismo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ¿Hay señales de desbordamiento en el acueducto o inmediatamente aguas arriba?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ¿Hay alguna evidencia de daño grave en los pilares de apoyo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. ¿Le preocupa la condición general?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSEHVACIONES

- Grietas/fisuras:** No tenga **en** cuenta grietas/fisuras superficiales poco profundas. Responda Sí cuando las grietas/fisuras parezcan ser causadas por un desplazamiento diferencial de la estructura o la sobrecarga de esta.
- Separación del relleno:** Responda Sí cuando los resquicios puedan permitir la filtración.
- Acueducto/canal:** Responda Sí cuando haya alguna fuga que provoque una pérdida seria de agua o erosión de la losa de los cimientos.
- Fugas:** No tenga **en** cuenta fugas menores en las juntas de la construcción pero rrsponda Sí cuando hayd fugas importantes desde el relleno de las juntas de expansión/contracción.
- Desburdamieoto:** Observe la línea de crecientes o consulte a los usuarios locales.
- Daioo en las columnas/superestructura:** Vea si hay exposición/corrosión de las harras reforzadores, mampostería resquebrajada o asentamiento de alguna columna que puedan agrietar el acueducto.
- Condición general:** Responda Sí cuando:
 - **Hay** un defecto o deterioro graves o una falla de la funcion que no estan cubiertos por ninguna otra pregunta.
 - Ha comenzado el deterioro y puede progresar **con** rapidez y provocar una perdida importante de la función o el riesgo de una falla estructural antes de la próxima inspeccion.

1k: SIFÓN

	SÍ	NO	NO EVALUADO
1. Hay fisuras/grietas graves o desplazamiento alguno de la estructura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Hay separación grave entre el relleno y la estructura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Hay señales de fuga en el sifón?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Hay o ha habido derrames inmediatamente aguas arriba del sifón?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Está el sifón parcial o totalmente bloqueado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Hay erosión grave en la sección de transición aguas abajo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Hay erosión grave o asentamiento en la sección que cruza el sifón?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Le preocupa la condición general?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES:

1. **Grietas/fisuras:** No tenga en cuenta las grietas/fisuras superficiales poco profundas. Responda **SÍ** cuando parezca que las grietas han sido causadas por un desplazamiento diferencial de la estructura o la sobrecarga de ésta.
2. **Separación del relleno:** Responda **SÍ** cuando los resquicios puedan permitir la filtración.
3. **Fugas del sifón:** Busque manchas húmedas en el suelo o filtraciones en la superficie del suelo en los puntos bajos.
4. **Desbordamiento aguas arriba del sifón:** Vea el nivel de la línea de crecientes.
5. **Bloqueo:** No es posible inspeccionar el sifón mismo. El bloqueo será indicado por los niveles altos del agua aguas arriba.
6. **Erosión en la transición aguas abajo:** Responda **SÍ** cuando la erosión del piso o el talud amenace la estabilidad de la estructura o el tramo del canal. No tenga en cuenta un rozamiento menor o la erosión del talud si parece estable.
7. **Erosión del canal/drenaje:** Responda **SÍ** cuando el tubo del sifón este expuesto donde cruzan el canal o el camino. Cuando el sifón cruza una línea de drenaje responda **SÍ** si la erosión del piso del drenaje amenaza la estabilidad de alguna parte del sifón.
8. **Condición general:** Responda **SÍ** cuando:
 - Hay un defecto o deterioro graves o una falla de la función que no están cubiertos por ninguna otra pregunta. **O**
 - Ha comenzado el deterioro y puede progresar con rapidez y provocar una pérdida importante de la función o el riesgo de una falla estructural antes de la próxima inspección.

11: CAMINO DE INSPECCIÓN

	SI	NO	NO EVALUADO
1. ¿El ancho limitado del camino impide el acceso de vehículos en algún punto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿La irregularidad de la superficie y los baches hacen difícil conducir?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Están las tuberías de drenaje transversal (alcantarillas) seriamente dañadas o expuestas en algún punto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Están los taludes laterales seriamente erosionados o muestran señales de deslizamiento grave?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ¿Es difícil el acceso en alguna época del año?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ¿Le preocupa la condición general?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES:

1. Ancho del camino: Responda SÍ cuando el ancho impida que los vehículos/equipo de conservación necesarios usen el camino.
2. **Condición** de la superficie: Responda SÍ cuando la condición de la superficie limite la velocidad de los vehículos a menos de 15 km./h en por lo menos 1 km. No se deben tener en cuenta baches aislados o un deterioro menor de la superficie.
3. **Drenajes** transversales: Responda SÍ cuando una tubería este expuesta y sea vulnerable al daño provocado por el tránsito en el camino. O este sustancialmente dañada y/o hundiéndose o este considerablemente bloqueada n cause inundaciones serias.
4. Taludes laterales: Responda SÍ cuando es probable que la erosión o el deslizamiento debiliten un terraplén o provoquen un deslizamiento que bloquee el camino. No tenga en cuenta problemas aislados menores a menos que puedan convertirse en un problema grave antes de la próxima inspección.
5. Acceso **todo** el año: Responda SÍ cuando el camino a menudo no pueda ser usado por vehículos durante la estación de lluvias.
6. **Condición** general: Responda SÍ cuando:
 - Hay un defecto o deterioro graves o una falla de la función que no están cubiertos por ninguna otra pregunta. O
 - Ha comenzado el deterioro y puede progresar con rapidez y provocar una pérdida importante de la función o el riesgo de una falla estructural antes de la próxima inspección.

Anexo 2: Cotos de Mantenimiento Prioritarios

Obra o Tramo	Descripción	km.	m³	Ha	Precio Unitario	Costo
Irapuato 12.45 - 13.289	Desazolve	0.84	671		3.05	2,047
L4 Rep 5+510	Corroida					4,000
Irapuato 13.289 - 14.552	Desazolve	1.26	1010		3.05	3,082
Irapuato 14.552 - 15.8	Desazolve	1.25	998		3.05	3,045
SL 3+600 0 - 1.8	Deshierbe	1.80		1.33	930.48	1,240
SL 3+600 0 - 1.8	Desazolve	1.80	1440		3.05	4,392
Irapuato 15.8 - 16.85	Desazolve	1.05	840		3.05	2,562
L4S1 TP 3+600	Muy dura					1,000
SL 3+600 4 - 6.44	Deshierbe	2.44		1.81	930.48	1,681
SL 3+600 4 - 6.44	Desazolve	1.54	1155		3.05	3,523
Irapuato 18.222 - 19.839	Desazolve	1.62	2425		3.05	7,396
Irapuato 16.85 - 18.222	Desazolve	1.37	1096		3.05	3,343
SL 5+500 0 - 2.05	Deshierbe	2.05		0.82	930.48	763
SL 5+500 0 - 2.05	Desazolve	2.05	1948		3.05	5,940
SL 5+500 2.05 - 4.1	Deshierbe	2.05		0.82	930.48	763
SL 3+702 0 - 2	Deshierbe	2.00		0.80	930.48	744
SL 3+702 0 - 2	Desazolve	2.00	1536		3.05	4,685
SL 5+500 4.1 - 5.25	Deshierbe	1.15		0.46	930.48	428
SL 3+600 1.8 - 4	Deshierbe	2.20		1.63	930.48	1,516
R1 6+440 0 - 1.97	Deshierbe	0.99		0.29	930.48	270
R1 6+440 0 - 1.97	Desazolve	1.97	1488		3.05	4,537
SL 3+702 4.47 - 6.215	Deshierbe	2.47		0.99	930.48	919
SL 3+702 4.47 - 6.215	Desazolve	1.75	1340		3.05	4,087
SL 8+272 2.3 - 4.8	Ref. Bordos	1.05	2520		18.03	45,436
Irapuato 19.839 - 22.1	Deshierbe	2.26		2.03	930.48	1,889
SL 3+702 6.215 - 7.915	Deshierbe	1.75		0.70	930.48	649
SL 3+702 6.215 - 7.915	Desazolve	1.70	1306		3.05	3,982
SL 5+500 5.25 -	Deshierbe	2.23		0.89	930.48	830

Prioridades de Mantenimiento, Alto Río Lerma, México

Obra o Tramo	Descripción	km.	m ³	Ha	Precio Unitario	Costo
7.48						
Irapuato 22.1 - 23.95	Deshierbe	1.85		1.48	930.48	1,377
Irapuato 23.95 - 25.25	Deshierbe	1.30		1.04	930.48	968
SL 8+272 0 - 2.3	Deshierbe	2.30		1.84	930.48	1,712
SL 3+702 2 - 4.47	Deshierbe	1.70		0.68	930.48	633
SL 3+702 2 - 4.47	Desazolve	2.47	1897		3.05	5,786
SL 5+500 7.48 - 8.14	Deshierbe	0.66		0.26	930.48	246
Irapuato 25.25 - 27.452	Deshierbe	2.20		1.76	930.48	1,638
Irapuato 25.25 - 27.452	Desazolve	2.02	3033		3.05	9,251
SL 3+702 7.915 - 10.35	Deshierbe	2.09		0.83	930.48	776
SL 3+702 7.915 - 10.35	Desazolve	2.44	1870		3.05	5,704
SL 5+500 8.14 - 10.33	Deshierbe	1.36		0.54	930.48	506
SL 3+600 6.44 - 8.5	Deshierbe	2.06		1.53	930.48	1,419
SL 3+600 6.44 - 8.5	Desazolve	2.06	1648		3.05	5,026
SL 3+600 8.5 - 10.1	Deshierbe	1.60		1.18	930.48	1,103
SL 3+600 8.5 - 10.1	Desazolve	1.60	1280		3.05	3,904
SL 3+600 10.1 - 12.1	Deshierbe	0.23		0.17	930.48	158
SL 3+600 10.1 - 12.1	Desazolve	2.00	1600		3.05	4,880
SL 18+794 0 - 1.2	Deshierbe	1.20		0.96	933.48	896
SL 18+794 0 - 1.2	Desazolve	1.20	1800		3.05	5,490
R1 6+440 1.97 - 3.5	Deshierbe	1.53		0.92	931.48	857
R1 6+440 1.97 - 3.5	Desazolve	1.53	1175		3.05	3,584
L4S3 TM 10+330	Obra civil					4,000
L4S3 TM 10+330	Falta mecanismo					8,000
Irapuato 27.452 - 28.138	Deshierbe	0.69		0.34	931.48	319
Irapuato 27.452 - 28.138	Desazolve	0.69	1029		3.05	3,138
L4S1 Rep. 5+400	Obra civil					2,500
L4S5 TP 8+272	Fugas					4,000
L4S5 Rep 1+620	Mecanismo					8,000

Obra o Tramo	Descripción	km.	m ³	Ha	Precio Unitario	Costo
L4S3 Rep 7+492	Represa de agujas					8,000
L4S3 TM md 4+940	Rep. de Comp. y Mekan.					5,000
Lat 76+456 0 - 1.45	Deshierbe	1.45		1.15	930.48	1,072
L4S5 Rep 2+910	Obra Civil					2,678
L4 TM 7+550	Obra civil					1,500
SL 8+262 0 - 0.975	Deshierbe	0.80		0.16	930.48	149
L4 TM 9+172	Falta disco					5,000
L4S5 TM 3+950 mi	Obra Civil					2,678
SL 11+246 0 - 2.34	Deshierbe	2.34		1.40	932.48	1,305
Lat 80+230 0 - 2.2	Ref. Bordos	0.20	240		18.03	4,327
Lat 80+230 0 - 2.2	Desazolve	1.5	1038		3.1	3,165
SL 3+600 12.1 - 14	Desazolve	1.90	1995		3.05	6,085
SL 3+600 12.1 - 14	Deshierbe	2.20		2.7	930.48	2,512
L4S3 Rep 2+650	Represa de agujas					8,000
L4 TM 27+452	Levantar muros					2,000
L4 TM 27+452	Falta disco y volante					5,000
Lat 73+902 0 - 1.75	Deshierbe	1.75		2.40	930.48	2,233
Lat 73+902 0 - 1.75	Desazolve	0.20	120		3.05	366
L4S5 Rep 4+500	No tiene mecanismo					8,000
L4S3 Rep 3+220	Represa de agujas					8,000
L4S3 Rep 8+810	Represa de agujas					8,000
L4S4 Rep 0+025	No tiene mecanismo					8,000
L6 TM 1+000	Falta disco y volante					5,001
L4S1R1 Tubo 3+240	No tiene mecanismo					5,000
L4S1R1 Rep.3+240	Obra Civil					4,375
Lat 76+456 1.45 - 3.5	Deshierbe	2.05		1.63	930.48	1,515
Lat 76+456 1.45 - 3.5	Desazolve	0.20	240		18.03	4,327
L4S4 Rep 0+625	No tiene mecanismo					8,000
L4S3 R1 Rep 0+050	Represa de agujas					8,000
L4S3 R3 8+140 0 - 0.95	Deshierbe	0.95		0.67	930.48	619
L4S1 Rep 12+500	Obra Civil					3,500
L4S5 R1 TM 1+720 mi	Falta disco y volante					5,000
L4S3 R2 7+477 0 - 1.97	Deshierbe	1.00		0.80	930.48	744
L4S4 Rep 2+825	No tiene mecanismo					8,000

Esta publicación consta de 500 ejemplares,
se imprimió el mes de Mayo del 2000
en los Talleres de

Publicaciones Diamante

Av.Hidalgo N° 46 Esq. Galeana San Vicente,
Chicoloapan Edo. de Méx.

Tel.01 (592) 1-56-02, 1-65-08

IWMI, Serie Latinoamericana

9. Francisco J. Flores-Lopez y Christopher A. Scott 1999. Simulación de Alternativas del Manejo del Agua en la Cuenca del Río San Juan, Mexico.
10. Manuel Fortis-Hernandez y Rhodante Ahlers. 1999. Naturaleza y Extension del Mercado de Aguas en el Distrito de Riego 017 de la Comarca Lagunera, Mexico.
11. Gilbert Levine y Carlos Garces-Restrepo. 1999. El Desempeño de los Sistemas de Riego y sus Implicaciones para la Agricultura Mexicana
12. Charlotte du Fraiture, Jorge Rubiano y Claudia Álvarez 1999. Uso Real y Potencial del Agua en la Cuenca del Rio Cabuyal, Colombia
13. Wim H. Kloezen. 2000. Viabilidad de los Arreglos Institucionales para el Riego despues de la Transferencia del Manejo en el Distrito de Riego Alto Río Lerma, Mexico.
14. Stephanie Buechler y Emma Zapata Martelo (Editoras). 2000. Genero y Manejo del Agua y Tierra en Comunidades Rurales de Mexico.
15. Francisco J. Flores-Lopez y Christopher A. Scott 2000. Superficie Agricola Estimada Mediante Análisis de Imágenes de Satélite en Guanajuato, Mexico.
16. Philippus Wester, Gez Cornish y Jose J. Ramirez-Calderon, 2000. Determinación de las Prioridades de Mantenimiento en los Sistemas de Riego Transferidos: La Aplicacion del Procedimiento MARLIN en el Distrito de Riego Alto Río Lerma, Mexico.

INSTITUTO INTERNACIONAL DEL MANEJO DEL AGUA

Programa de México

c/o CIMMYT, Lisboa 27 Col. Juarez

A Postal 6-641. CP 06600. México D.F., México

Telf: (52) 5804-2004 Fax: (52) 5804-2004

E-mail : riolerma@intercom.net.mx



INFORME DE MÉXICO



INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE

PO Box 2075, Colombo, Sri Lanka

Tel (94-1) 867404. FAX (94-1)866854.

E-mail IWMI@cgiar.org

Internet Home Page <http://www.cgiar.org/iimi>