IWMI, Serie Latinoamericana

1. Ellen Rymshaw. 1998. Análisis del Desempeiio de la Irrigacion en los Distritos de Riego Bajo Río Bravo y Bajo Rio San Juan, Tamaulipas, Mexico.
2. Charlotte du Fraiture y Carlos Garces-Restrepo. 1998. Evaluación de las Tendencias y los Cambios en el Desempeño de la Irrigacion: El Caso del Distrito de Riego de Samaca, Colombia.
3. Alejandro Cruz y Gilbert Levine. 1998. El Uso de Aguas Subterráneas en el Distrito de Riego 017, Region Lagunera, Mexico.
4. Jorge Sotomayor, Wim H. Kloezen, Carlos Garces-Restrepo y Elena Bastidas. 1999. Manejo del Agua en las Acequias Privadas Garrapatal y el Tambo en la Provincia del Carchi, Ecuador.
5. Marinus G. Bos y Jorge L. Chambouleyron (Editores). 1999. Parametros de Desempeiio de la Agricultura de Riego de Mendoza, Argentina.
6. Gilbert Levine. 1999. Entendiendo el Comportamiento del Riego: La Disponibilidad Relativa del Agua como Variable Explicativa.
7. Carlos Garces-Restrepo y Julio Guerra-T. 1999. Consideraciones de Impacto Ambiental por Efecto de las Obras de Regadio en el Distrito de Riego Chancay-Lambayeque, Perú.
8. Gabriela Monsalvo-Velazquez. 1999. Sostenibilidad Institucional de las Asociaciones de Riego en Mexico.

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

IWMI

INSTITUTO INTERNACIONAL DEL MANEJO DEL AGUA

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, MEXICO

Philippus Wester, Gez Cornish y Jose Jesus Ramirez-Calderon

INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE

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 lnvestigador 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 lrapuato y la SRL del Distrito de Riego Alto Rio 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 tambien los aportes y el apoyo a este trabajo por parte del Dr. Carlos Garcés-Restrepo, el Dr. Wim H. Kloezen y el Dr. Christopher A. Scott. **El** IWMI reconoce y agradece el apoyo financiero a este estudio otorgado por el Consejo Britanico (oficina en México), la Embajada Británica en Mixico y el Gobierno de los Paises Bajos. Ademas, el IWMI desea agradecer el apoyo financiero para su trabajo en general quc recibe de los siguientes Gobiernos, Bancos de Desarrollo, Agencias y Fundaciones: Australia, Brasil, Canada, China. Dinamarca. Unión Europea, Francia, Alemania, India, Irán, Japón, los Paises Bajos, Noruega, Paquistan, Sur Africa, Suecia, Suiza, Taiwan, Turquía, Reino Unido y Estados Unidos de America: el Banco Asiático de Desarrollo. Banco Africano de Desarrollo, la **FAO,** Fundacion Ford, Fondo Internacional para el Desarrollo Agricola **y** Baneo 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 lnstituto lnternacional del Manejo de la Irrigación, uno de los dieciséis centros apoyados por el Grupo Consultivo para la Investigación Agricola lnternacional (CGIAR), fue creado por un Acta del Parlamento de Sri Lanka. **El** Acta esta actualmente siendo revisada para que se lea lnstituto lnternacional 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) fuc establecido en el año de 1984 con sede en Colombo, Sri Lanka. El IWMI empezó actividades en Latinoamérica cuando en mayo de 1990 co-patrocino con la Comisión Internacional de Riego y Drenaje una sesion especial sobre el Manejo del **Agua** en Latinoamdrica. en **el** marco del Decimocuarto Congreso Internacional de la Coinision. 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 antcriores abrieron campo al IWMI para buscar establecer un programa regular en Latinoamérica. Fue asi como en el año 94 abrio su Programa de Mexico, seguido en el 95 por **el** Programa Regional Andino con sede **en** Cali, Colombia. Este ultimo culminó en septiembre del 97.

El programa del IWMI en Mexico continua ininterrumpido hasta la fecha y es asi como éste da origen a la idea de esta "IWMI, Serie Latinoamericana" que aqui se presenta. El Instituto aspira, por medio de esta publicación, dar a conocer **mas** ampliamente en la region, 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 directamentc 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 problematica 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 regibn 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 Nota sobre las definiciones del mantenimiento 6
2.2.2 Las obras de los sistemas de riego y los tipos de fallas 9
2.2.3 La vinculación del muntenimiento del riego con los estándares de servicio 13
2.3 El MARLIN como procedimiento para una mejor planificación del mantenimiento 15
2.3.1 El procedimiento MARLIN 15
2.3.2 La aplicación del procedimiento MARLIN 18

3 EL MANTENIMIETO 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 El muntenimiento en el Módulo Irapuato 40
4.2.2 La aplicación del MARLIN en el Módulo Irapuato 44
4.2.3 Comparación entre las yrioridudes de mantenimiento 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 agricola (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 lrapuato generada por MARLIN, octubre 1998. 49
Cuadro *6*. Prioridad de mantenimiento por MARLIN vs lo planeado por el modulo. .. *5* l

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 lrapuato, 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 I**rapuato**. 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 ***for*** 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 and 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 vigcntc (aunque no siemprc se aplica) una norma que sugiere a los modulos dc riego invertir el 60 porciento de sus ingresos en las tareas de mantenimiento. Awnque, en principio, este porcentaje podria verse como algo sano, con el fin de proteger la infraestructura dc riego. a veces puede ser un impedimento para la estabilidad misma del modulo. En algunos casos, podria ser que N O fuera necesario ejecutar tan alto gasto en este renglón, e iría en dctrimento de otras actividades o en el mayor valor requerido de las tarifas de riego.

Esta publicacihn trata sobre este tema por medio de una investigacion que ha realizado el programa del IWMI-México, y sus colaboradorcs, 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 area central de la república mexicana. Cada tarea va asociada a su correspondiente costo y asi dcpendiendo del prcsupuesto disponible puede tomarsc una mejor decision en cuanto a las tareas quc deben ejecutarse, asi 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 (I'MR) en Mexico, el cual ha dado origen a un buen numero de transformaciones en la forma como se venian 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 podrian traer sobre la sostenibilidad de la infraestructura. Debemos recordar que una de las premisas del T M R es que los usuarios, al tomar control del manejo, podrian llevar a cabo una mejor labor de operacihn y mantenimiento que la que existía hasta entonces. Reconociendo que este no es el tema central de esta publicacion, le tocara juzgar al lector si los resultados dc 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 comparacihn entre los resultados obtenidos con el MARLIN y los del modulo por mcdio de su procedimiento normal. Los resultados indican que el modelo definitivamente es una herramienta útil y podria ser de gran beneficio una vez se adapte mejor a las condiciones de trabajo existentcs. El paquete prcsenta algunas limitaciones que son discutidas por los autores. También es bueno saber que la aplicacion del MARLIN

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

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 dc Usuarios del Agua rcpresenta entre el 50 y 60 % de su presupuesto total: por lo tanto se debe realizar una planeacion adecuada para optimizar los recursos economicos. De esta manera HR Wallingford desarrolló un sistema computacional para la planeación de mantenimiento y rehabilitación de redes de riego y drenajc (MARLIN por sus siglas en inglés). Se trata de un procedimiento que apoya la planeacion de mantenimiento basandose en información objetiva, siendo simple su aplicación y de fácil entendimiento. Los pasos para la aplicación del programa son: actualizar o crear el invcntario de infraestructura, determinar la condición de las ohras, generar la lista de prioridadcs y preparar el plan de mantenimiento. Con la utilización del programa se evalúa la funcionalidad hidraulica 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. Estc expediente sirve para el control y scguimiento de las obras y además. para proporcionar informcs 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 colaboracion con la AUA, para evaluar su funcionamiento y utilidad. Los resultados indican que el procedimiento de MARLIN es una buena herramienta dc apoyo en la elaboración y planeacion de los programas de mantenimiento. Ofrcce una scrie de ventajas con respecto a los metodos existentes para determinar las prioridades dc mantenimiento, al proporcionar un procedimiento estándar en la evaluación de la condicibn de las obras en campo y para clahorar programas hasados en criterios verificables con el fin dc establecer las necesidades y prioridades mas apremiantes: para hacer mas eficiente la aplicación de los recursos economicos, asi como de tener la actualización del inventario dc infraestructura hidroagricola quc es el punto de partida en su programación. De las prioridades generadas por MARLIN, las que mayor problema presentan son los tramos, registrandose 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 estan en buen estado , un 1 % es regular, un 1 % como malo y un 13 % su condición es muy mala.

---

[1] Vale anotar que en Mexico es común usar la palabra "conservacion" en reemplazo de "mantenimiento", vocablo muy común en el resto de Latino America. En esta publicación se utiliza la palabra mantenimiento en lugar de conservacion, 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 proccdurc 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 tnonitor 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, lo 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 clahorating 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 hy MARLIN for the módulo shoued 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 bc 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 Mexico ha sufrido reformas radicales. La creacion de la Comisión Nacional del Agua (CNA) en 1989, la transferencia del manejo de los distritos dc 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 considcrado un éxito y ha atraido gran atencion por la rapidez con que fue implementado (Gorriz 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 politico con el programa de TMR y la creacion 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 convencio al gobierno de la necesidad de rcformar radicalmente el sector de la irrigación (Gorriz *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 politicos 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 Mexico, 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 inversidn 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 inversidn 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 adccuadamente los sistemas de riego se percibe como un problema importante en muchos otros países además de México. Se podría argumentar que las politicas 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 planificacion de un mantenimiento del riego eficiente en relación con su costo. Las decisiones accrca 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 dc la TMR si los procedimientos para una mejor planificación del mantenimicnto no son partc integral del programa de TMR.

En este entorno, HR Wallingford creo el procedimiento MARLIN (Maintenance and Rehabilitation of Irrigation Networks. Mantenimiento y Rehabilitación de Redes de Riego). Este procedimiento pretende asegurar que la planificación del mantenhiento se base en información concerniente a la condición real de la infraestructura de riego y los impactos de esa condieion sobre el desempeño. Al combinar una evaluación de la condicihn dc 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 condieion de esa obra en el desempeiio. 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 metodos existentes para determinar las prioridades de mantenimiento, al proporcionar un procedimiento estandarizado para evaluar la condición de las obras cn el campo y para formular programas de mantenimiento hasados en criterios verificables con el fin de establecer las prioridades de las necesidades de mantenirniento y orientar los gastos.

El IWMI y HR Wallingford aplicaron en 1998 y 1999 el procedimiento MARLIN en una AUA de un distrito de riego transferido en Mexico, con el propósito de comprobar su utilidad para la planificacion del mantenimiento del riego en el país. Las AUA en México emplean a su propio personal administrativo y técnico y pretenden ser autosuficientes cohrando a sus miemhros 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 satisfacia 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 MANTENIMENTO DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

2.1 Introducción

En los diez años transcurridos hasta 1993, el prestamo 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 ricgo. Aproximadamente dos terceras partes de los préstamos internacionales recientes para riego fueron a los sistemas dc rehabilitación que habian 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, todavia 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 epocas 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 planificacion del mantenimiento del riego

2.2.I Nota sobre las definiciones del mantenimiento

Para establecer un proccdimiento eficaz de planificacion del mantenimiento, es esencial tener un conocimiento claro de los tipos de mantenimiento y sus propositos. En Mexico, 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 diferentc por distintas personas u organismos. Para una mayor claridad, consideramos necesario examinar varias definiciones del mantenimiento. tanto en la fortna en que se usan en Mexico como en la que empleamos en todo este informe. Sobre la base de este examen, se presenta una matriz del mantenimiento que sirvc como base para el marco de planificación del mantenimiento del riego descrito en este capitulo.

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 terminus usados a menudo y sus definiciones comunmente sobrentendidas.

Termino	Definición
Mantenimiento normal o de rutina	Tareas efectuadas ordinariamente cada aiio
Mantenimiento especial o de emergencia	Mantenimiento necesario a causa del daño causado por acontecimientos irnprevisibles como las inundaciones, o trabajo imprevisto y urgente requerido para prevenir fallas estructurales serias y la consiguiente perdida de funcion.
Mantenimiento deferida	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 comunmente usan los términos siguientes para diferenciar las distintas tareas de mantenimiento. De ellos, el término conservación es el usado con mas 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 desempciio. 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 estahlecer 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 mantcnimiento correctivo efectuado en respuesta a qucjas, niveles inaceptables de descmpeiio 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 minimo 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 electromecanicos de las compucstas y los componentes de las presas grandes u otras estructuras importante (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 condicion de la obra (estrategia 5 en la Figura 1). La inspección periódica planeada debe constituir la base para realizar trabajos dc 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 estandar 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 dcl agua

Las funciones *adicionales* pueden *incluir*:

- Protección ambicntal. incluyendo la salud y la scguridad de los seres humanos
- Suministro de transporte a travds de los caminos de acceso a los canales

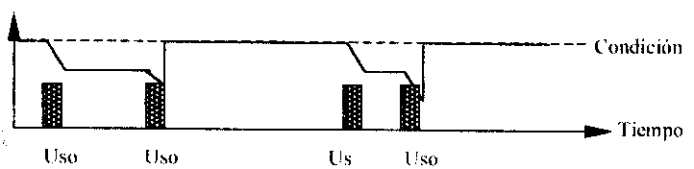
Al planificar la asignación de los recursos para el mantcnimicnto, es util identificar:

- los posibles tipos de fallas de las obras:
- el efecto de las fallas cn la función de las obras; y
- el impacto de la pérdida de funcion de una ohra sobre el "desempeiio del sistema de riego".

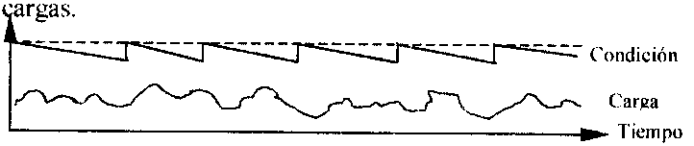
1. **Mantenimiento en base a fallas (Periódico o Emergencia, Correctivo)** = El mantenimiento ocurre solo cuando la obra ha fallado funcional o estructuralmente.

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 predeterminada 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.

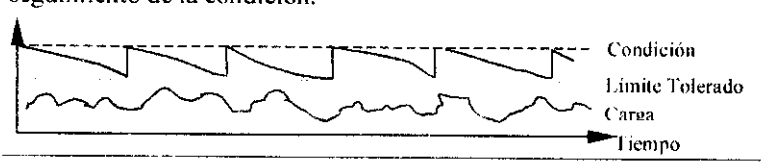


Figura 1. Estrategias para planear mantenimientos periódicos (de CUR, 1995).

El tercer punto es el mas importante ya que es obvio que el mantenimiento deficiente puede tener un efecto marcadamente negativo sohre el desempefio del sistema de riego. Sin embargo, el grado de ese impacto es tema de debates (véase Levinc, 1986) y es dificil de determinar para las obras individuales ya que en la velocidad del deterioro y el impacto de este sohre el desempefio 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 importantc que se asignen los presupuestos sohre 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 sintctizan los tipos de fallas que pucden afcctar los canales, estructuras y caminos y sus posibles efectos sobre la funcion de las ohras. En la importancia de cualquiera de esos tipos de fallas y, por consiguiente, en la prioridad asignada a su reparación, influyen el riesgo fisico y financiero asociado con la falla y la localización de la ohra dentro del sistema. El mantenimiento de ohras que influyen en un area grande tendra mayor importancia que el de ohras similares que controlan un area mas pequefia. Los problemas de caracter gradual, acumulativo. pueden ser considerados menos importantes que los que amenazan con producir una subita falla estructural sustancial, con la consiguiente pérdida de suministro y un alto costo de reparacion. No obstante son los problemas graduales, como la acumulación de sedimento o malezas, los que inciden directamente en la capacidad de conduccion y, por lo tanto, en el desempefio hidraulico. El deterioro estructural o mecanico puede en definitiva amenazar con una falla costosa o peligrosa, pero, en las etapas tcmpranas, tiene un limitado o ningún efecto sobre el desempefio hidraulico.

La distincion entre problemas graduales, cronicos, y aquellos que amenazan con una suhita falla catastrófica, es una simplificacion. Problemas tales como la fricción y la erosión y el envejecimiento y deterioro de los materiales, que pueden conducir a una falla suhita y catastrotica, 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 conduccion y el control y, por consiguiente, en el desempeño hidráulico, y aquellas que influyen basicamente en la integridad estructural o mecanica. Las primeras requieren mantenimiento correctivo ya que inciden en cierta medida en el desempefio del sistema, mientras que las últimas exigen medidas prcvcntivas para evitar una falla catastrofica 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.
	Taludes inestables, retención de suelo	Posible falla estructural → pérdida de control o capacidad de carga.
Vías de Acceso, Inspección	Deterioro superficial	Aumento en tiempo de recorridos
	Erosión de la banca, falla.	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 parrafo anterior se sugiere que algunas formas de deterioro estructural no tienen ninghn impacto sobre el control o la capacidad de conduccihn, 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 desempeiio hidraulico y la amenaza a la integridad estructural deberian idealmente determinar esos grados de tolerancia. En ausencia de indicadores cuantitativos sencillos mediante los cuales se puedan identiticar los grados aceptables de tolerancia para cualquier canal o estructura, la inspección dc 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 frecuentc rcferencia al desempefio hidraulico del sistema de riego que hay que mantener. Los agricultorcs y el personal de operaciones pucdcn fácilmente mencionar evaluaciones subjetivas y cualitativas del desempeiio del sistema, aludiendo a la adecuacion y oportunidad del suministro. No obstantc, 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 dc servicios en relación con la planificación del mantenimiento, porquc:

- 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 desempefio 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 simplificadorcs hechos al calcular los beneticios podrian llevar a errores.

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

Los estándares cuantitativos dc servicio que se deben mantener en el manejo de un sistema de riego no estan bien establecidos. Las obligaciones del diseiio y las cantidades completas de suministro son bien conocidas y se usan para propósitos de diseiio. 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 desempetio del sistema. En ausencia de este instrumento ideal, los ingenieros dc mantenimiento tienen que basarse en el "pálpito intuitivo" o el "juicio tecnico mas acertado". El procedimiento MARLIN prctcnde orientar el juicio tecnico, pero evita las grandes demandas dc datos asociadas con la vigilancia ordinaria del desempeño hidraulico.

2.3 El MARLIN como procedimiento para una mejor planificación del mantenimiento

2.3.1 El procedimiento MARLIN

Cuando los sistemas son pequefios, 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 mas grandes, donde el personal no está familiarizado con toda la red o no es evidente de inmcdiato la causa de un subdesempefio observado, se requiere un procedimiento mas estructurado y cuantitativo para la planificación y la asignación de prioridades de mantenimiento. El procedimiento MARLIN fue creado precisamentc con este propósito[2]. Prctende asegurar que la planificación del mantenimiento se base en información cuantitativa y verificable conccrniente a la condicion de la infraestructura del sistema y el impacto de esa condición en el desernpefio del sistema. La evaluación sobre el terreno de la condicion de las ohras se usa para determinar la funcionalidad hidraulica y la condicion estructural. Al combinar la evaluación de la condicion con la función clave de la obra y la localización de ésta en el sistema de ricgo, se deriva una medida indirecta del impacto de la condición de la ohra en el desempefio hidraulico. 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 necesidndes y prioridades de mantenimiento, que se basa mucho en las habilidades tecnicas de los individuos, y proporciona proccdimientos mas verificablcs 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 Srí 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 tin de evaluar la condicion de las obras, junto con procedimimtos para establecer las prioridades de mantenimiento sobre la base de la condicion de las obras, el area cubierta y el tipo de obra. Se elaboro 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 condicion de las obras, que vinculan la condición con la funcion hidraulica y la estabilidad estructural.
- La evaluacion dc la necesidad de trabajos de mantenimientocorrectivo 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 condicion y su historia anterior de mantenimiento.

El desarrollo del procedimiento fue orientado por los siguientes criterios:

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

Puntuación de la **condición**	Estado
100 – 81	**Bueno** – Una respuesta "Sí" a una o mas preguntas vinculadas con **una falla menor**. No hay **deterioro** estructural **importante** ni **pérdida** de la **función** hidraulica.
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 S i o No. Las preguntas se formulan para evaluar la condieion de una obra en terminos de la funcion hidraulica 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:

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

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 dc 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 racionalizaeidn 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 dc 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 dc las entradas usadas por el

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

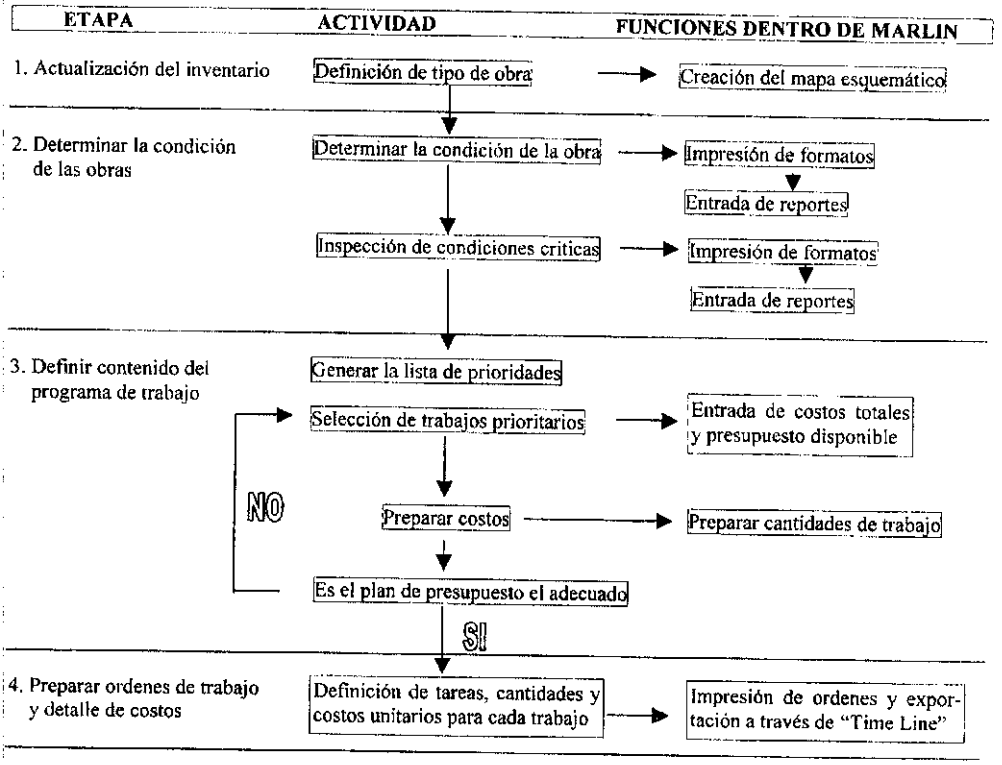


Figura 2. Diagrama de flujo del procedimiento de planeación del mantenimiento bajo MARLIN.

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 asignacion de prioridad a las necesidades se pucda basar en criterios mas objetivos.

La inspeccion 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 condicion durante un periodo prolongado. Otra posibilidad es efectuar una encuesta de recorrido con el propósito específico de evaluar la condicion. Sobre la base de la aplicacion del MARLIN en Sri Lanka y Mexico, se encontri, que el personal y el tiempo requeridos para una encucsta 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 dia — 6 h

En consecuencia, un equipo de dos personas podría examinar en 10 dias 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 mas realista efectuar una encuesta total cada dos o tres afios. En los otros afios, los datos nuevos se rehnen 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 mas detallada para confirmar los resultados de la inspeccion rápida y preparar estimaciones más detalladas del costo de efectuar el mantenimiento requerido es orientada por los formularios de inspeccion para los ingenieros.

c) Definición de un esquem general y un program detallado de trabajo

Una vez que se entra la información sobre la condicion de las obras, el programa **MARLIN** calcula un "Índice de Prioridad" para cada obra, basado en la condición de ésta, la fracción del area de comando que afecta y la importancia del tipo de obra. El indice 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 vimculo empirico cntre el mantenimiento y el beneficio. Todavia se necesita el juicio técnico para evaluar:

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

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 MANTENIMIETO 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 tecnologia de riego y. de ellas, 3.3 millones de ha estan incluidas en 81 distritos de riego establecidos y hasta hace poco manejados por el gobierno federal, mientras que 2.7 millones de ha estan 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 produccion agricola y rcpresenta aproximadamente el 70% de las cxportaciones 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 poblacion económicamente activa (INEGI, 1998).

La expansión del riego en México en el siglo XX esta estrechamente vinculada con los esfuerzos de los gobiernos posteriores a la revolución por rstabilizar politicamente el país y lograr el desarrollo económico. Combinado con la definición del agua como propiedad nacional en el Articulo 27 de la Constitución de Mexico, que tambien 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 atios 20, el Presidente Calles inició un programa para la (re)construcción de sistemas de riego en gran escala. El programa tuvo su expresión juridica en la Ley de Irrigación promulgada en 1926, que tambien creó la Comisión Nacional de Irrigación (CNI), la primera institución mexicana dedicada a planificar y estableccr distritos de riego y su subsiguiente operación (véase Orive Alba, 1970). Un resultado politico fundamental de las actividades de desarrollo del riego en los años 20 fue que los gobiernos posteriores continuaron apoyando grandes ohras de riego. que eran consideradas indispensables para la rnodernizacion agricola (Alanís Patiño, 1950). No obstante, la continuidad no debe interpretarse como una ausencia de cambios. Desde tines de los años 20 en adelante, el contcnido 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 politicas dirigidas al capital privado como forma de incrementar la producción agricola y las oricntadas al sector campesino para retener el apoyo politico en las zonas rurales (Fox, 1992). En los años 30, el Presidente Cárdenas abordó este rcto en forma muy diferente a la dc sus predecesores y procedió a cumplir la promesa revolucionaria de dar "la tierra a quien la trabaja", en especial en las regiones donde habia grandes terratenientes

entre sus opositores politicos. Durante su período presidencial, casi la mitad de la superficie irrigada fue incorporada en los ejidos[3] (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 dccenios 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 atencion de quejas y reinvidicaciones (Palacios, **1994;** Vargas, **1996).** Cada distrito tenia 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 tenia autoridad oficial para planificar y decidir el monto de las tarifas del agua. Aboites **(1998)** señala que el Comité Directivo servia 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 podian informar, proponer y sugerir. Greenberg **(1970)** concluye que los comitb 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 prohibe 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** contenian disposiciones para la creación de asociaciones de usuarios del agua ojuntas del agua para manejar los distritos de riego. La ley de aguas de **1929** menciona a las asociaciones de usuarios y les confiere personeria juridica. Las posteriores leyes de aguas también tenian 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 despues de la Revolución Mexicana de 1910-1917. Hasta la revision del Artículo 27 de la Constitución en **1992,** la tierra de los ejidos pertenecia 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 adiestrur a los usuarios puru 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 thmino transferencia sino que habla en cambio de entregar, su similitud con el programa de TMR de los aiios YO 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 dc Rio 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 fucron 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 hidraulica en este campo le aseguró un flujo de recursos económicos sustancial y continuo entre los aiios 30 y los 70. El prcsupuesto de la SRH fue uno dc los mas grandes entre los organismos federales, con un 61 a 100% dc las inversiones públicas en el sector agricola 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 tenia 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 (10^6 pesos constantes de 1960).

Período	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 explicá por que no se revisahan periodicamente las tarifas a medida que aumentaha el valor de la tierra regada. Por otra parte, como las tarifas representahan sólo alrededor del 1% de los costos do producción, la mayoría de los usuarios podrían haber pagado tarifas mas altas. Las politicas que favorecian las tarifas bajas y la prioridad del gobierno de invertir en grandes obras de construcción en lugar de en el uso optimo de la infraestructura disponihle. llevó a un empleo subóptimo y una infraestructura deteriorada. En 1960, la SRH estimó que mas de 200,000 ha de los distritos de riego, equivalentes al 10% de la superficie irrigahle en ese momento, nunca podrian ser utilizadas a causa de la infraestructura deteriorada o incompleta (Wioncrek. 1982). No ohstante. este deterioro tenia caracter 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 termino, el desarrollo y el manejo del riego desdc 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 gohierno al desarrollo del riego en gran escala, llevó a la formación, expansión y especialización de una burocracia hidraulica. En segundo lugar, es evidentr que el manejo de los distritos de riego por los usuarios no es nuevo, si bien resta mucho trahajo 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 recupcracion deficiente de los costos y la infraestructura deteriorada. a menudo ya existían en la historia del desarrollo dcl 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 represento camhios 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 responsahilidades del manejo del agua estahan dispersas en varias secretarias y la SARH estaba a cargo de los distritos de riego. Mediante la unificación de todas las responsabilidades guhernamentales concernientes al agua en un solo organismo, se otorgo al sector un alto grado de autonomia (véase Rap *et al.*, 1999. para una descripción de este proceso).

Se estableció la CNA con la misión explicita 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 Mexico, 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 asi como de la infraestructura de riego y sigue siendo en última instancia el responsablc del manejo de los distritos de riego.

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

- La eliminación/reducción de los subsidios directos e indirectos a la producción agricola;
- la privatización/eliminación del suministro de insumos por el sector público y de los organismos de comercialización de los cultivos;
- la internacionalización del comercio agricola 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 Comcrcio (TLC); y
- la reforma de la Constitución mexicana para permitir la venta y el arrendamiento de las tierras ejidales.

El proposito de estas reformas en el sector agricola era estimular el crecimicnto economico mediante la inversion privada en la agricultura y la capitalización de esta, incluyendo al subsector del riego (Gorriz *et al.*, 1995), lo cual supuestamente llevaria a un empleo mas eficaz y eficiente cn relación con el costo de la infraestructura de riego. El principal objetivo del prograrna mexicano de TMR era reducir, el gasto público en irrigación mediante la creación de AUA financieramente autosuficientcs, que recuperarian 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 Mexico 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 dividio los distritos de riego en unidades cuyo tamaño variaba entre 1,500 y 50,000 ha, llamados módulos, sobre la base de los limites hidraulicos (por lo general el area de comando de un canal secundario). y estableció una AUA en cada modulo. Las AUA se formaron como asociaciones civiles sin fines de lucro juridicamente reconocidas, a las cuales la CNA otorga concesiones renovables para el empleo del agua y la infraestructura de riego por pcriodos que varian de 5 a 50 años. La infraestructura concesionada incluye todos los canales secundarios y terciarios y los drenajes que están dentro de los limites del módulo, asi como los caminos y las estructuras de riego. Un elemento importante de los títulos de concesión son las instrucciones para la operación, la administracion y el mantenimiento del modulo, redactadas por la CNA de manera conjunta con las AUA. Estas instrucciones establecian, entre otras cosas, como se deben determinar las tarifas del agua y cómo debe la AUA mantener su modulo. Después de la primera etapa de la transferencia, la CNA continua manejando las presas. las obras de cabecera y los canales principales dc los distritos de riego y realiza la entrega volumetrica 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 federacioncs de AUA a nivel del sistema principal, llamadas Sociedadcs de Kesponsabilidad Limitada (SRL). para que se hicieran cargo de la operación, la administración y el mantenimiento del sistema principal, funciones que les delegaria 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 comun el equipo de mantenimiento de las AUA, con lo cual se lograrían economías de cscala. En contrastc con la primera etapa de la TMR, que progresó mas rapidamente 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 extension de 1.18 millones de ha. a pesar de que originalmente se hahia planeado formar 21 SRL para 1994 (Banco Mundial, 1991). Las razones de la renuencia de la CNA a estahlecer SRL no han sido analizadas en la literatura y, hasta donde sabernos, no hdn sido tampoco temd de estudio.

[4] La CNA originalmente habia 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 ohstante. para tines de 1996, ya se habían transferido 3 millones de ha, con lo cual se hahia 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 cstudio mucho mas amplio. Sin embargo, para conocer los procedimientos de mantenimiento del riego antes y despues 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 importantc cn 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 mancjo, 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 operacibn, 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 operacibn y mantenimiento y personal administrativo. En el Recuadro 1 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 cs un "*órgano colegiado de concertación*", es decir, un organismos consultivo cuya estructura y **modo** de operacibn seran definidos en las disposiciones de los respectivos distritos de riego. La obligación mas importante de este comite establecida por la ley es formular y proponer los reglamentos del distrito y vigilar su aplicación (CNA,

1999b). Otras tareas importantes del Comité Hidráulico establecidas en el Articulo 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 ejecucion; 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 aiio 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 sisterna 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 titulo de concesibn;
- establecer, revisar y modificar las instrucciones para la operacibn, 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 ejecucibn;
- 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 titulo de concesión o rechazar su renovacibn si considera no satisfactorio el desempeño de las AUA o las SRL.

Fyentes: CNA, 1992 y 1999b.

Las AUA y los usuarios del agua: Sobre la base de la concesion otorgada por la CNA, las AUA legalmente asumen la responsabilidad de operar, mantener y administrar sus módulos. Según la ley, estan obligadas a realizar las obras de mantenimiento necesarias para asegurar un servicio continuo de riego a los usuarios del agua. Además, las AUA estan encargadas de elaborar y poner en vigor reglamentos que detallan los procedimientos para la distribución del agua, el mantenimiento del sistema y la inversion 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 administracion del modulo. 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 cabeccra 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 esta constituida por una asamblea general, un comité de vigilancia y una mesa directiva (véase la Figura **3).** En la mayoria de los distritos, los dos grupos que integran una AUA, los ejidatarios y los pequeiios propietarios, eligen delegados para formar la asamblea general de la AUA. Por consiguiente, la asamblea general no esta constituida por todos los usuarios del agua sino sólo por sus representantes. Todos los usuarios que tienen tierras dentro del area de comando del distrito de riego y estan registrados **en** el padron de usuarios de las AUA y la CNA, **son** miembros de la AUA. No obstante, los usuarios no participan directamente en la operacion y mantenimiento de su modulo 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 organo supremo de gobierno de la AUA. Elige una mesa directiva y un comité de vigilancia por un período de tres aiios. 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 mayoria 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. Ademas, cada tres aiios el cargo de presidente de la mesa tiene que alternarse entre los ejidatarios y los pequeiios propietarios. Las responsabilidades de la mesa directiva son numerosas y variadas, pero basicamente 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 modulo. 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 comite 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.

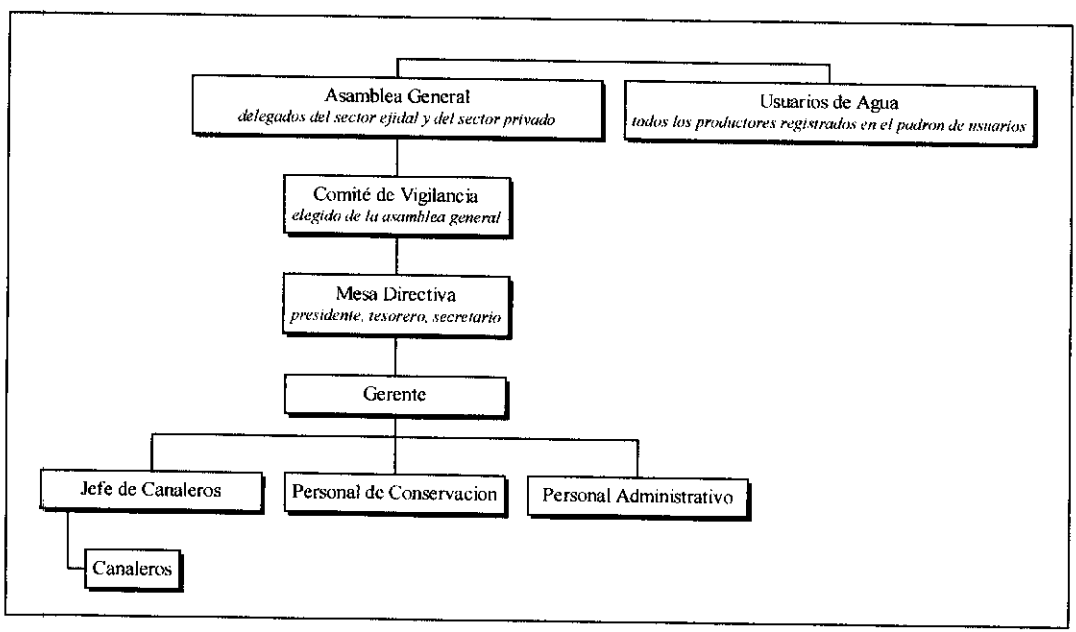


Figura 3. Organigrama de una Asociación de Usuarios del Agua (AUA).

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 responsabilidados de la SRI. son distribuir el agua desde las obras de cabecera a las **AUA** y mantener la infraestructura del sistema principal. Para este propósito, la **CNA** concesiona 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 esta 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 oticina de la **CNA en** el distrito. El titulo de concesion a la **SRL** describe sus responsabilidades y las de la **CNA.** Es interesante que las responsabilidades de ambas instituciones estan expresadas en los mismos términos que en los títulos de concesion a las **AUA,** excepto porque esos terminos se refieren al sistema principal en lugar de a los canales secundarios. En los títulos de concesion a la SRL **y** las **AUA** no esta claramente especiticada la función del Comite 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 riesgo 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.

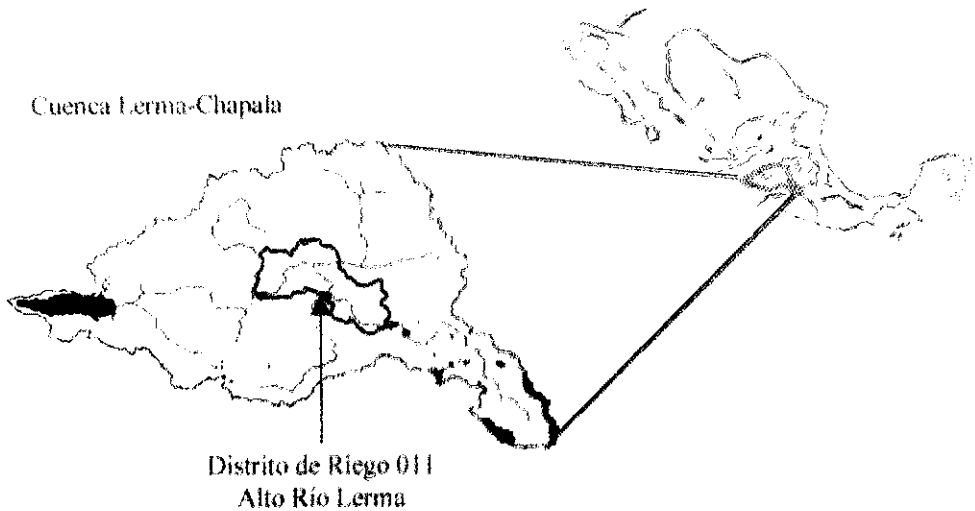


Figura 4. Localización del Distrito de Riego Alto Río Lerma.

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, canaleros 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 tenian que terminar antes de que se hiciera la primera entrega de riego, y debian pagar tarifas por el agua directamente a la Secretaria de Hacienda. Los servicios de mantenimiento proporcionados por la SARH eran financiados mediante presupuestos anuales cuyos fondos eran transferidos desde la Secretaria de Hacienda primero a la sede de la SARH y, posteriormentc, desde esta sede a la oficina del distrito. A cambio, la oficina del distrito tenia 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 clasificacion para los canales y drenes, que facilitaria asignar las prioridades a los trabajos de mantenimiento (Barocio y Giner, 1996). La metodologia consistía en una inspección de campo a la red de canales y drenes dnrante la cual se asignaba un color a cada tramo según su condición, de la siguiente manera:

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

Esta clasificacion se podia 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 desempeiio de la red, si *es* que nose requiere rehabilitación.
- Tercero, los canales (o secciones) en verde, como parte del programa de mantenimiento preventivo periódico.

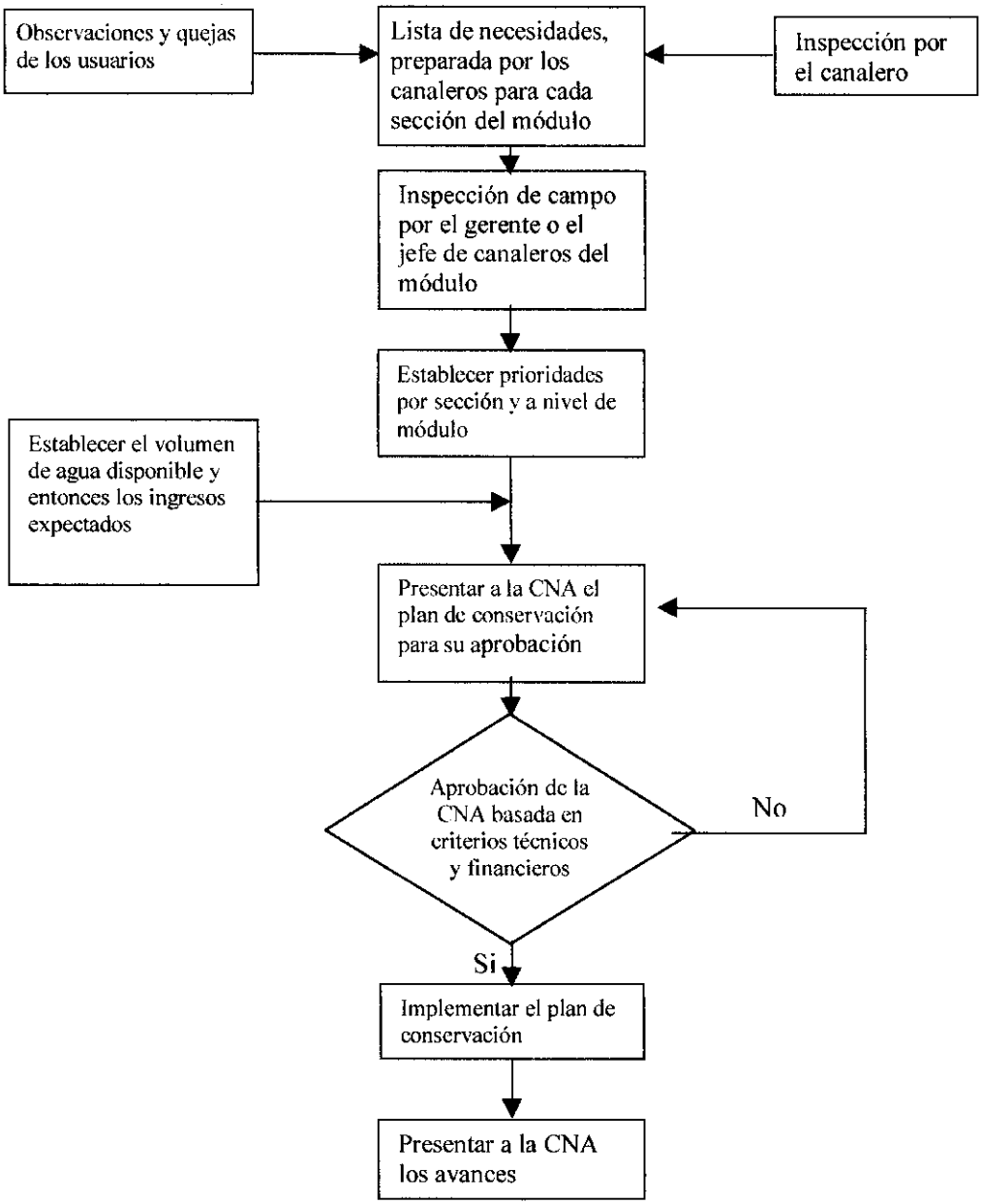


Figura 5. Ciclo de planeación del mantenimiento post-transferencia.

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 ootubre, 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 tambien en parte en la metodologia de los tramos en colores para establecer las prioridades de las actividades de mantenimiento, metodologia 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 Comite Hidraulico para su aprobacion a fines de octubre. El Comite Hidraulico es un actor importante en la planificación del mantenimiento ya que toma decisiones acerca de la asignación del agua y dc 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.

Em 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 aprobacion. 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 aprobacion del presupuesto de mantenimiento. la CNA tambidn verifica si se propone gastar en mantenhiento el 60% de los ingresos previstos provenientes de las tarifas del agua.

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

sucedia antes de la TMR son mucho mas cortas las líneas de comunicacion 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 mas en las necesidades y prioridades. Sin embargo, despues 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 secundario 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 modulo es de 8,237 ha, de las cuales 4,144 pertenecen a 289 pequeños propietarios y 4,093 a 1,066 ejidatarios. De su area 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 subhumedo, 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 precipitacion 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. estan 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 esta conformada por 145.35 km. de caminos, de los cuales 9.0 km. están pavimentadas y 136.35 km. son de terraceria. **El** numero 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 numero correcto de estructuras).

Uno de los objetivos de la aplicación del procedimiento MARLIN en el Modulo 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?

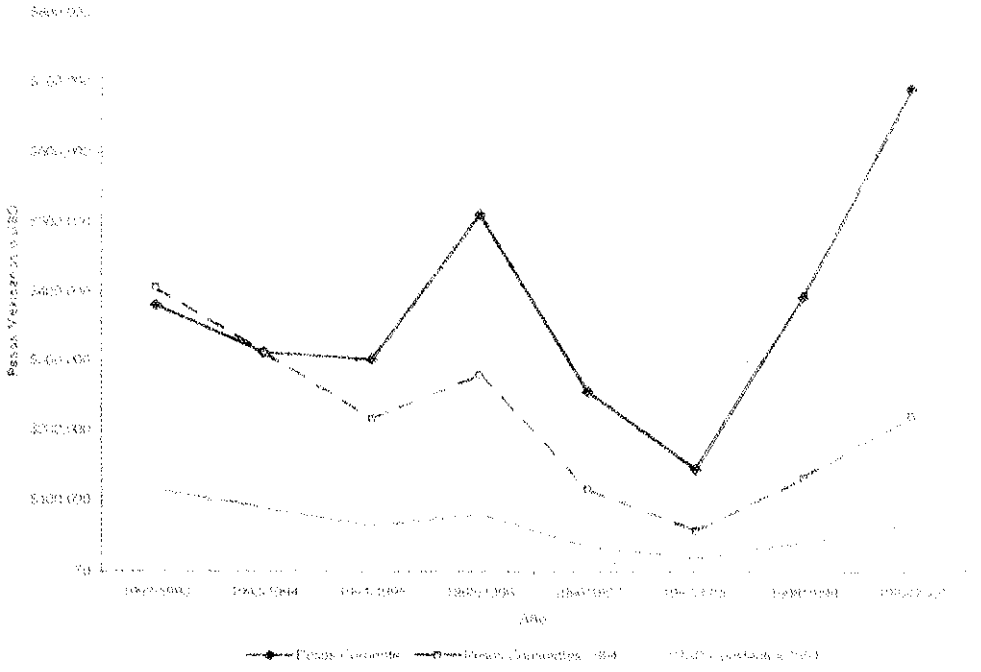


Figura 6. Gastos de mantenimiento de la AUA Irapuato.

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.

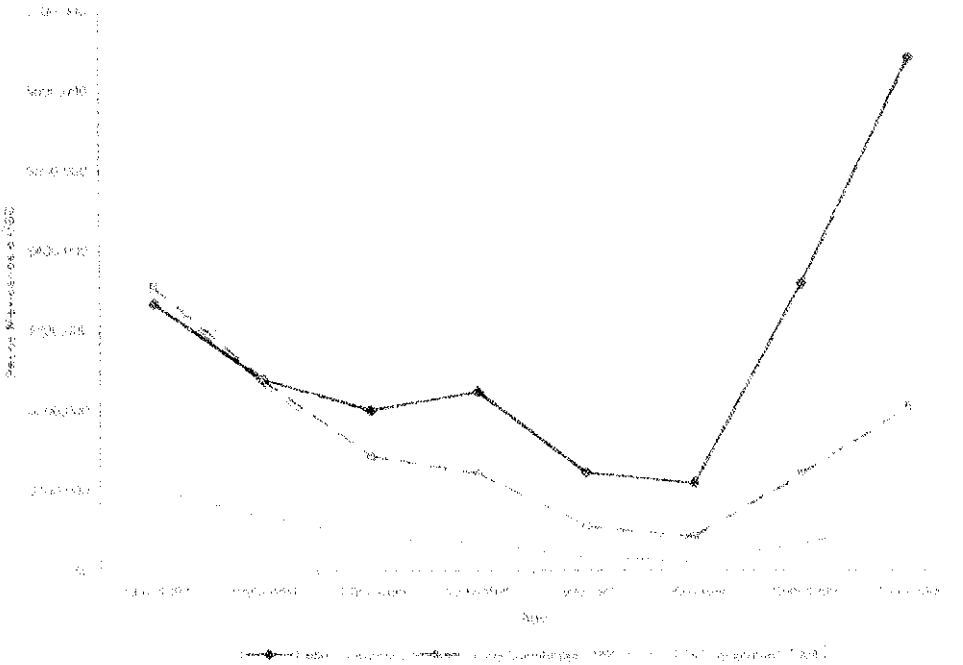


Figura 7. Gastos de mantenimiento de la AUA Irapuato, excluyendo contingencias.

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, dc mas 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 aplicacion 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 metodologia 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 Modulo Irapuato. La capacitación del personal técnico del modulo y del IWMI en la aplicación del procedimiento fue realizada en marzo de 1998. Dc abril a octubre de 1998, el IWMI colaboro con la AUA en la revision del inventario de la infraestructura del modulo, en la evaluación de la eondicion de las obras, en la identificación de los trahajos 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 aplicacion del MARLIN en el modulo consistió en actualizar el inventario de la infraestructura. Sobre la base de la division del modulo 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 identiticar con facilidad los tramos de los canales, se elaboro una nomenclatura para los laterales y sublaterales que constituian la red de canales del modulo, 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 basicos 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

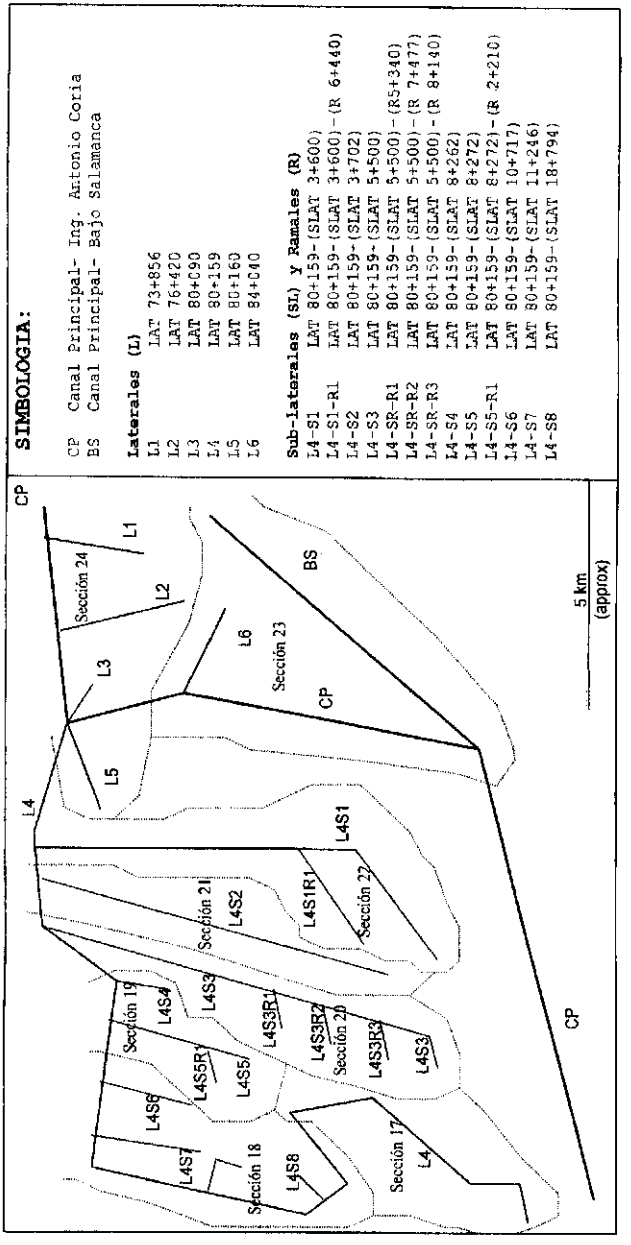


Figura 8. Croquis de localización de canales y secciones del Módulo Irapuato.

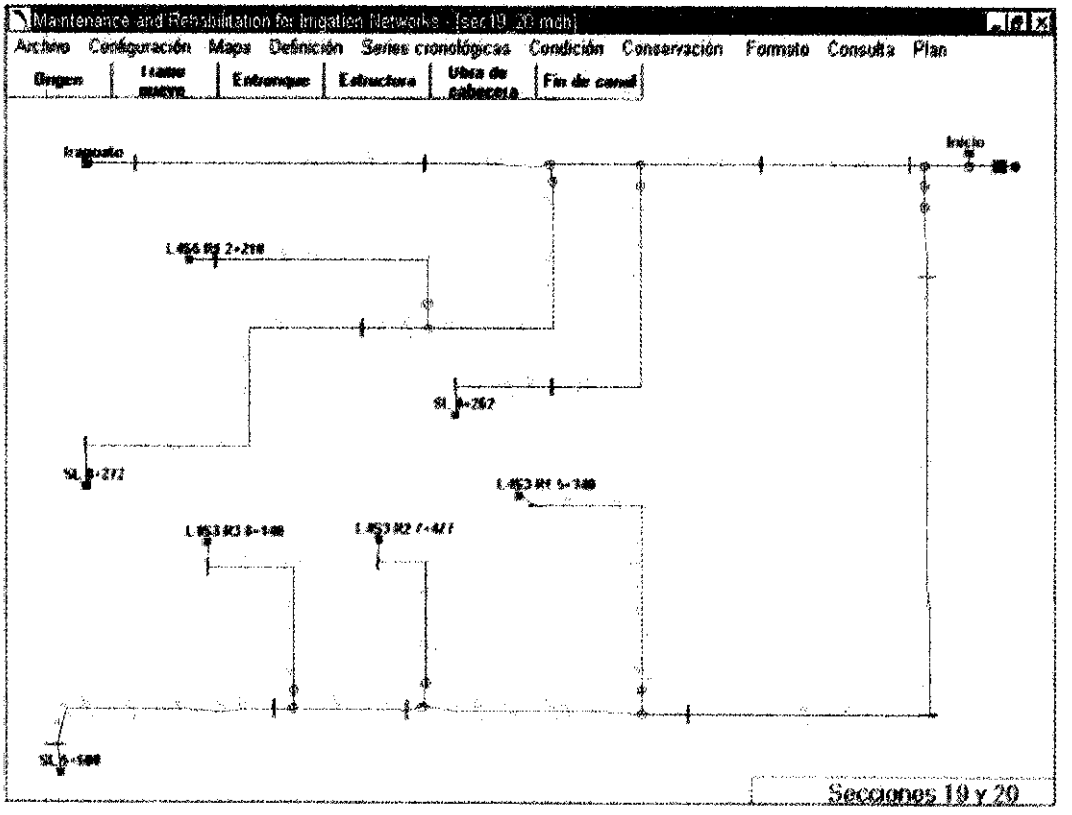


Figura 9. Pantalla de MARLIN para las secciones 19 y 20 del Módulo Irapuato.

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 varía 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 ningun problema en el campo y fueron bien comprendidos por el personal tecnico 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 mas positiva que el personal del IWMI. Sin embargo, después de las discusiones en el campo, fue evidente que el conocimiento intimo del canalero de "sus" estructuras le permitia definir con mejor precision si una estructura requeria mantenimiento y qué tipo de mantenimiento era necesario, o si se podia 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 dcl indice de prioridad que se muestra en la columna 7. Como se indica en la formula presentada en la sección 2.3.1, este indice es una funcion del area controlada por el tramo o estructura (columna 5) y la puntuacion asignada a su condición (columna *6)*.

De las 391 obras incluidas en el inventario *(326* estructuras y *65* tramos de canales), solo 91 tenian una puntuación de su condicion 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 requerian 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 aiios de antigüedad. Esto pareceria indicar que el mantenimiento de las estructuras antes de la transferencia era bueno, al igual que su construcción inicial. Los tramos de los canales ofrecian un cuadro diferente. De los *65* tramos, *32* necesitaban mantenimiento serio y, en varios casos, se requeria la rehabilitación. Este resultado no sorprendió al personal de la AUA y se ha negociado con la CNA para que se efectue 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

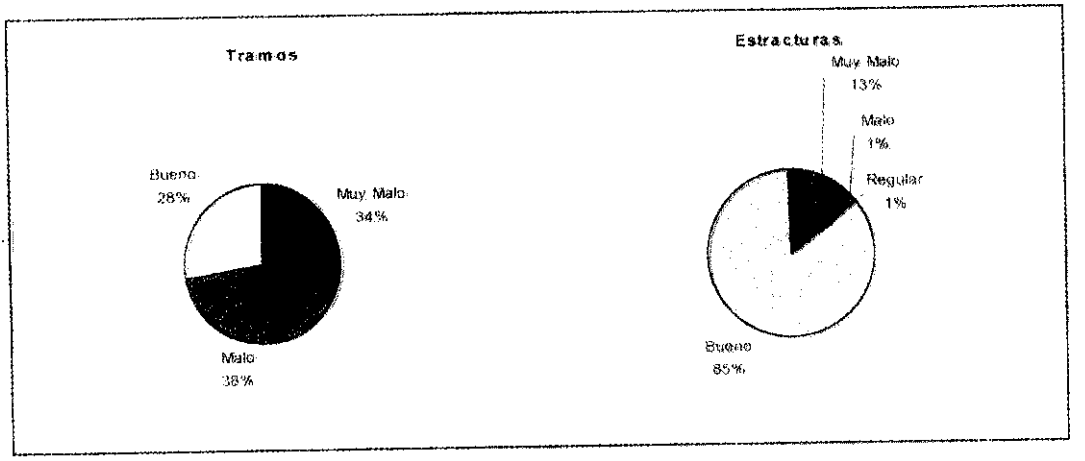


Figura 10. Distribución de puntajes de las condiciones de tramos de canales y estructuras, bajo MARLIN.

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 L4S1 TP 3+600 (prioridades 2 y 7 respcctivamente en el MARLIN) estan ambas en muy mala condicion e influyen en areas relativamente grandes del modulo. Estan excluidas del plan de trabajo de la AUA porque la asociación considera que estas estructuras requieren una rehabilitación grande, mas 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 desdc 3+600 en adelante. Esto no fue identificado en la inspección del MARLIN ya que el trabajo que se pretendc 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 identifico que requerían mantenimiento en 1998-1999 (véase el Anexo 2). Esa suma csta al alcance de la AUA ya que su presupuesto para mantenimiento en los últimos ocho afios 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 afio 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 requeria 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 comparacion de la lista de prioridades del MARLIN con el plan de trabajo de la AUA proporciona varios datos interesantes y muestra que el MARLIN esta 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 rnantenimiento, 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 planificacion del mantenimiento como el MARLIN es apropiado en la condiciones de la trasferencia del sistema en Mexico, donde el personal de las AUA esta familiarizado con las aplicaciones de programas de computadora y tiene la tarea de preparar y justificar amplios programas anuales de mantenimiento. El proccdimiento MARLIN ofrece una serie de ventajas con respecto a los metodos 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 lrapuato demostro que satisface una necesidad. es fácil de aplicar y permite preparar planes de mantenimiento mas eficientes en relación con su costo.

La utilidad del procedimiento MARLIN para la elaboración de planes de mantenimiento eficientes en relacion con su costo es corroborada por el interes 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 mostro gran interes en el procedimiento y lo aplico con la ayuda del IWMI en los cinco canales principales del DR 011 en 1999. Si bien los conceptos que sustcntan el MARLIN son útiles como instrumento para identiticar y clasificar por orden de prioridad las necesidades de mantenimiento en Mexico, 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 relacion 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 drastica de aumentar los gastos para mantenimiento, nuestro análisis muestra que el Módulo lrapuato esta muy bien mantenido. Las principales restriccioncs que afronta la AUA se vinculan con la necesidad de rehabilitación y modernizacion. 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 produccion de riego en el DR 011 y en gran parte de México es tal que los distritos de riego necesitan drasticos cambios tanto fisicos como institucionales que permitan entregas mas flexibles del agua. La infraestructura actual esta diseñada para el riego de los granos basicos, 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 mas alto valor. En consecuencia, un problema politico

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 csta limitando el desempeiio 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, cs 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 aiios 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 infraestrucutra en distritos de riego (metodologia) in Ingenieria de Drenaje y Salinidad. Montecillo, Mexico: CNA-IMTA-CP.

Canruthers, I. and Morrison J. 1994. *Maintenance in irrigution: A review of strategic issues.* MAINTAIN project, GTZ, Frankfurt. Unpublished report.

Comisión Nacional del Agua (CNA). 1992. *Productores ugricolus del módulo Irapuato. Titulo de* concesidn *de agua y permiso paru 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.: Cornision Nacional del Agua.

Cornision Nacional del Agua (CNA). 1997. *Productores agricolas de los módulos del distrito de regio 011, Alto Rio Lermu, SRL. Titulo de Concesión para la Utilización de Obras de Infraestructura Hidráulica Moyor en el Distrito de Riego 011 Alto Rio Lermu, Gto.* México D.F.: CNA.

Cornision 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.

Connish, G. y J. Skutsch. 1998. *Procedimiento para la planificación de la rehabitación 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 Estadistica, 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 riega 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 Intnl. 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 generacidn 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)

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

OBSERVACIONES:

1. **Falta compuerta:** Unicamente 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 SI a la pregunta 2.
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 SI a la pregunta 1 y NO a esta pregunta.
3. **Condiciou 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.
4. **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.
5. **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?	☐	☐	☐
2. ¿Es difícil cerrar/abrir del todo las compuertas?	☐	☐	☐
3. ¿Hay alguna compuerta seriamente corroida o podrida?	☐	☐	☐
4. ¿Hay fisuras/grietas graves o desplazamiento alguno de la estructura?	☐	☐	☐
5. ¿Hay fugas alrededor de la estructura?	☐	☐	☐
6. ¿Está la base estructural aguas abajo seriamente dañada o socavada?	☐	☐	☐
7. ¿Es difícil leer las escalas aguas arriba o aguas abajo?	☐	☐	☐
8. ¿Le preocupa la condición general?	☐	☐	☐

OBSERVACIONES:

1. **Falta** compuerta: Unicamente 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.
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.
3. **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.
4. **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 rutacion. No tenga en cuenta las grietas superficiales poco profundas o un daño menor que no afecte la funcion.
5. **Fugas:** Responda SÍ cuando haya deslave de partículas finas del suelo, zonas Muy humedas u otras Males de que se filtra el agua alrededor de la estructura.
6. **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/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.
7. **Escalas:** Responda NO si nose han instalado escalas.
8. **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. 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.

Ic: TOMA CON COMPUERTAS

		SÍ	NO	NO EVALUADO
1.	¿Falta alguna compuerta?	☐	☐	☐
2.	¿Es difícil cerrariabrir dcl todo las compuertas?	☐	☐	☐
3.	¿Hay alguna compuerta seriamente corroida o podrida?	☐	☐	☐
4.	¿Hay fisuras/grietas graves o desplazamiento alguno de la estructura'?	☐	☐	☐
5.	¿Está alguna parte de la estructura bloqueada por azolve?	☐	☐	☐
6.	¿Hay filtraciones alrededor de la estructura?	☐	*O*	☐
7.	¿Está la base estructural **aguas** abajo seriamente dañada o socavada?	☐	☐	☐
8.	¿Es difícil leer las escalas aguas arriba o aguas abajo?	☐	☐	☐
9.	¿Le preocupa la condicion general?	☐	☐	☐

OBSERVACIONES:

1. **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 prcgunta **2.**
2. **Funcionamiento de las compuertas:** Responda SÍ cuando la condicion del mecanismo izador, la falta de componentes u otros factorcs haccn imposible opcrar efectivamcnte una compuerta. Si falta una compuerta, responda SÍ a la pregunta y NO a esta pregunta.
3. **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 corrosión superficial o **el** deterioro poco importante de alguna compuerta.
4. **Grietas/fisuras/daño y desplazamiento:** Responda SÍ cuando parezca que las grietas/fisuras hah 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.
5. **Bloqueo:** Responda SÍ cuando la acumulación dc sedimento estd reduciendo seriamente el espacio libre para que pase el agua. No tenga ***en*** cuenta el bloqueo por vcgetacion flotante **u** otras basuras que puedan ser retiradas con rapidez.
6. **Filtraciones:** Responda SÍ cuando haya dcslave de particulas finas del suelo, zonas Muy húmedas en el relleno u otras señales de que se filtra el agua alrededor de la estructura.
7. **Base structural 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.
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 quc no están cubiertos por ninguna otra pregunta. **O**
- Ha comenzado el **deterioro y** puede progress con rapidez **y** provocar una perdida 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 algun punto por basuras u obstrucciones no autorizadas	☐	☐	☐
2. ¿Hay sedimentación grave en algun lugar?	☐	☐	☐
3. ¿Hay graves problemas de maleza en algún lugar?	☐	☐	☐
4. ¿Hay informes de usuarios/técnicos de que la capacidad del canal limita el suministro?	☐	☐	☐
5. Cuando el canal va en relleno, ¿ha llegado el nivel de agua peligrosamente cerca de la corona?	☐	☐	☐
6. ¿Hay problemas de deslizamientos o erosion graves en el talud?	☐	☐	☐
7. Si esta revestido, ¿ hay daño importante del revestimiento?	☐	☐	☐
8. ¿Hay tomas nuevas no autorizadas?	☐	☐	☐
9. ¿Hay algún problema de filtración en el tramo?	☐	☐	☐
10. ¿Le preocupa la condicion general?	☐	☐	☐

OBSERVACIONES:

1. Basura u obstrucciones **no** autorizadas: Responsa 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. Sedimeuto: No tenga en cuenta la acumulacion menor y localizada de sedimento que no reduzca la capacidad de transporte del canal o cause una reducción del espacio libre. Si no esta seguro, responda SÍ.
3. Maleza: No tenga en cuenta zonas pequeñas con maleza que no parecen restringir la capacidad de hansporte del canal o causar una reducción del espacio lihre. Si no esta seguro, responda SI.
4. Capacidad de transporte: Pregunte a los agricultores o los técnicos si piensan que el suministro de agua es limitado a causa de un prohlema *en* ESTE tramo. Si es así, responda SI.
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 esta atajado. O Cuando la condicion todavia no es peligrosa pero continua el deterioro del espacio libre del canal y se puede volver peligrosa antes de la próxima inspeccion.
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 erosion 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 mamposteria dañados. Responda SÍ cuando mas de 1 de 10 de los paneles de revestimiento o el 10% de la superficie en el tramo estan seriamente dañados.

8. **Tomas no autorizadas**: Busque cortes deliberados o tuberias 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 depositos de sal *en* el suelo cerca del terraplén del canal. Si encuentra con frecuencia alguno de esos clementos, responda SÍ.

10. **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. **O**
    - 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 inspección.

le: ESTRUCTURA DE MEDICIÓN DEL GASTO

	SÍ	NO	NO EVALUADO
I. ¿Hay azolve, malezas o basura a 5 m aguas arriba o aguas abajo de la estructura?	☐	☐	☐
2. ¿Está la estructura de medición ahogada?	☐	☐	☐
3. ¿Hay algun daño grave en alguna parte de la estructura?	☐	☐	☐
4. ¿Hay fugas alrededor de la estructura?	☐	☐	☐
5. ¿Está la base estructural aguas abajo seriamente dañada o socavada?	☐	☐	☐
6. ¿Es difícil leer las escalas aguas arriba o aguas abajo?	☐	☐	☐
7. ¿Le preocupa la condición general?	☐	☐	☐

OBSERVACIONES:

1. **Obstrucción del couducto:** Kesponda SÍ cuando el azolve o la basura afectan el paso del agua a través de la estructura de medicion y causan una alteración seria del gasto. No tenga en cuenta la maleza que simplemente pueda ser eliminada.
2. **Estructura ahogada:** Una estructura de medicion "ahogadd" 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
3. **Daño estructural:** Busque algun daño que pueda influir en la medición del gasto o la estabilidad de la eslructura. Son ejemplos frecuentes el daño en la corona de un vertedero u otra sección de control, las grietas serias o el desplazamiento estructural.
4. **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.
5. **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 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 ni obtener información contiable del operador.
6. **Escalas:** Responda SÍ cuando falten algunas escalas o estas no pucdan ser leidas.
7. **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 cornenzado el deterioro y pucde progresar con rapidez y provocar una pérdida importante de la función o el riesgo de una falla estructural antes de la próxima inspeccion.

1f: VERTEDERO LATERAL/ESCAPE

	SÍ	NO	NO EVALUADO
1. Esta bloqueada alguna parte de la estructura?	☐	☐	☐
2. Hay fisuras/grietas graves o dcsplazamiento alguno de la estructura?	☐	☐	☐
3. Hay filtraciones alrededor de la estructura?	☐	☐	☐
4. Hay separación grave entre el relleno y la estructura?	☐	☐	☐
5. Esta la proteccion aguas abajo seriamente dañada o socavada?	☐	☐	☐
6. Le preocupa la condición general?	☐	☐	☐

OBSERVACIONES:

1. **Bloqueo:** Responda SÍ cuando el bloqueo impida que el agua pase sobre el vertedero en el nivel nominal de la corona o impediria 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 rotacion. 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 particulas 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 proteccion 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 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 función o el riesgo dc una falla estructural antes de la próxima inspeccion.

lg: DRENAJE

	Si	NO	NO EVALUADO
1. ¿Esta el drenaje seriamente limitado en algún punto por azolve, malezas o basuras?	☐	☐	☐
2. ¿Hay señales de que el agua ha desbordado el drenaje?	☐	☐	☐
3. ¿Hay señales de encharcamiento (sales, lodo, malezas)en esta area?	☐	☐	☐
4. ¿Hay sefiales de deslizamientos en el talud en algún sitio?	☐	☐	☐
5. ¿Hay cn este tramo estructuras scriamcnte deterioradas?	☐	☐	☐
6. ¿Le preocupa la condición general?	☐	☐	☐

OBSER VACIONES:

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:** Sí es necesario, pregunte a los usuarios si son comunes los prohlemas de encharcamiento provocados por el drenaje inadecuado.
4. **Deslizamientos** eu el talud: Responda SÍ cuando el deslizarniento amenace restringir **la** capacidad de flujo del drenaje. No tenga en cuenta deslizamientos menores si ahora están estables.
5. Estructuras de dreuaje: Responda SÍ únicamente cuando el daño ***en*** una estructura amenace el funcionamiento correctn del drenaje.
6. **Condición** general: Responda SI cuando:
   - Hay un defecto o deterioro graves o una falla de la función que nu están cubiertos por ninguna otra pregunta. O
   - Ha comenzado el deterioro y puede prngresar 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?	☐	☐	☐
2. ¿Hay fugas alrededor de la estructura?	☐	☐	☐
3. ¿Está la estructura aguas abajo -poceta estabilizadora/ base- seriamente dañada 6 socavada?	☐	☐	☐
4. ¿Están el piso o la sección del canal aguas abajo seriamente erosionados?	☐	☐	☐

OBSERVACIONES:

1. **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 daiio menor que no afecte la funcion.
2. **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.
3. **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.
4. **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.
5. **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.

li: TUBERÍA DE DRENAJE TRANSVERSAL (ALCANTARILLAS)

	Sí	NO	NO EVALUADO
1. ¿Hay fisuras/grietas graves o desplazamiento alguno de la estructura?	☐	☐	☐
2. ¿Hay fugas visibles del canal hacia la tuberia?	☐	☐	☐
3. ¿Los usuarios/técnicos dicen que la tuberia no puede llevar efectivamente la carga pico?	☐	☐	☐
4. ¿Parece estar bloqueada la tuberia?	☐	☐	☐
5. ¿Hay erosion grave alrededor de la entrada o salida de la tuberia?	☐	☐	☐
6. ¿Le preocupa la condición general?	☐	☐	☐

OBSERVACIONES:

1. **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 superticiales poco profundas ni un daño menor que no afecte la función.
2. Fugas hacia la tuberia: Responda SÍ cuando haya una importante y evidentc pérdida de agua del canal hacia la tuberia. No tenga en cuenta las filtraciones menores.
3. Capacidad de la tuberia: Responda SÍ cuando los usuarios informen que el drendje con frecuencia produce inundaciones *en* el extremo aguas arriba de la tuberia.
4. **Bloqueo:** Responda SÍ cuando se vea bloqueada más de una cuarta parte del area libre. No tenga *en* cuenta las pequeñas cantidades de azolve o maleras en el fondo de la tuberia.
5. **Erosión:** Responda SÍ cuando haya erosion quc pudiera llevar al socavado de la estructura.
6. **Condición** general: Responda SÍ cuando:
   - Hay un defecto o deterioro graves o una falla de la función que no están cuhiertos 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 inspeccion.

1j: ACUEDUCTO/CAÑADA

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

OBSEHVACIONES

1. **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.
2. **Separación del** relleno: Responda SÍ cuando los resquicios puedan permitir la filtración.
3. **Acueducto/canal:** Responda SÍ cuando haya alguna fuga que provoque una pérdida seria de agua o erosión de la losa de los cimientos.
4. **Fugas:** No tenga *en* cuenta fugas menores en las junturas de la construcción pero rrsponda SÍ cuando hayd fugas importantes desde el relleno de las junturas de expansión/contracción.
5. Desburdamieoto: Observe la linea de crecientes o consulte a los usuarios locales.
6. Daiio 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.
7. **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 dc la próxima inspeccion.

1k: SIFÓN

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

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 sifon:** Busque manchas húmedas en el suelo o filtraciones en la superficie del suelo en los puntos bajos.
4. **Desbordamieuto aguas arriba del sifon:** Vea el nivel de la línea de crecientes.
5. **Bloqueo:** Nu es posible inspeccionar el sifon mismo. El bloqueo será indicado por los niveles altos del agua aguas arriba.
6. **Erosión en la transición aguas abajo:** Responda SÍ cuando la erosion del piso o el talud amenace la estahilidad de la estructura o el tramo del canal. No tenga en cuenta un rozamiento menor o la erosion del talud si parece estable.
7. **Erosión del canal/drenaje:** Responda SI cuando el tubo del sifon cste expuesto donde cruzan el canal o el camino. Cuando el sifon cruza una línea de drenaje responda SÍ si la erosion del piso del drenaje amenaza la estahilidad de alguna parte del sifon.
8. **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. 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 inspección.

11: CAMINO DE INSPECCIÓN

	SÍ	NO	NO EVALUADO
1. ¿El ancho limitado del camino impide el acceso de vehiculos en algun punto?	☐	☐	☐
2. ¿La irregularidad de la superficie y los baches hacen dificil conducir?	☐	☐	☐
3. ¿Están las tuberías de drcnajc transversal (alcantarillas) seriamente dañadas o expuestas en algún punto?	☐	☐	☐
4. ¿Están los taludes laterales seriamente erosionados o muestran señales de deslizamiento grave?	☐	☐	☐
5. ¿Es dificil el acceso en alguna Cpoca del año?	☐	☐	☐
6. ¿Le preocupa la condicion general?	☐	☐	☐

OBSERVACIONES:

1. Aocho 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 condicion de la superficie limite la velocidad de los vehiculos 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 erosion ***o*** el deslizamiento dcbiliten 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 vehiculos durante la estación **de** lluvias.
6. **Condición** general: RespondaSÍ cuando:
   Hay un defecto o deterioro graves o una falla de la función que no están cubiertos por ninguna otra pregunta. O
   Ha comenzddo 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.	m^3	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

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 cvil					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 Mecan.					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

Obra o Tramo	Descripción	km.	m^3	Ha	Precio Unitario	Costo
L4S5 R1 2+210 0 - 1.72	Deshierbe	1.72		1.38	930.48	1,280
L4S4 TM 0+025 md	Falta disco y volante					5,000
L4S6 TP 10+717	Falta disco y volante					5,000
L1 Tm Md 1+750	Falta disco y volante					5,000
L4 TM 14+552	Esta muy dura					1,000
Lat 80+178 0 - 1.6	Deshierbe	1.50		2.40	930.48	2,233
Lat 80+178 0 - 1.6	Reforzamiento de Bordo	0.30	480		18.03	8,654
SL 8+262 0.975 - 2.825	Deshierbe	1.85		1.30	930.48	1,210
L4S1R1 Rep.2+580	Obra Civil					2,000
L4S3 R2 Rep 0+720	Represa de agujas					8,000
L4S2 tm md 3+715	Rep. de Comp. y Mecanismo					4,000
L4S3 Rep 2+150	Represa de agujas					8,000
L4S3 R2 TM 0+720	No tiene mecanismo					5,000
L4S3 Rep 1+400	Represa de agujas					8,000
L4S4 TM 0+025 mi	Falta disco y volante					5,000
L4 TM 12+100	Falta disco y volante					5,000
L4S3 TM 6+840	Falta disco y volante					5,000
L2 Rep 3+150	No tiene mecanismo					5,000
L2 Rep 2+490	Falta disco y volante					5,000
L4S2 Tm Mi Pozo 2+949	Falta el disco					5,000
L1 TM 0+600	Falta disco y volante					5,000
L2 Tm 2+200	Falta disco y volante					5,000
L2 TM 1+450	Falta disco y volante					5,000
SL 3+600 14 – 15	Desazolve	1.00	1050		3.05	3,203
	Deshierbe	1.00		0.8	930.48	744
TOTAL						455,051

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

Publicaciones Diamante

Av. Hidalgo Nº 46 Esq. Galeana San Vicente,
Chicoloapan Edo. de Méx.
Tel.01 (592) 1-56-02, 1-65-08

9. Francisco J. Flores-Lopez y Christopher A. Scott 1999. Simulación de Altemativas 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