

# **Proceso de Evaluación Rápido (RAP) y Comparación con el Patrón de Referencia (Benchmarking)**

## **Explicación y Herramientas**

**Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas**  
**FAO Oficina Regional para Asia y el Pacífico**  
**39 Phra Atit Road**  
**Bangkok 10200, THAILAND**  
Thierry G. Facon – Water Mgmt. Officer  
[Thierry.Facon@fao.org](mailto:Thierry.Facon@fao.org)

**por**

**Dr. Charles Burt**  
**Irrigation Training and Research Center (ITRC)**  
**California Polytechnic State University (Cal Poly)**  
**San Luis Obispo, California, USA 93407**  
[cburt@calpoly.edu](mailto:cburt@calpoly.edu)

**traducción en Español para el  
Banco Mundial**

**Septiembre 2001**

## TABLA DE CONTENIDOS

### Proceso de Evaluación Rápido (RAP) y Comparación con el Patrón de Referencia Explicación y Herramientas

<b><u>ESTE DOCUMENTO</u></b>	<b>1</b>
<b><u>PREPARACIÓN PARA EL TRABAJO DE CAMPO</u></b>	<b>2</b>
<b><u>FUNDAMENTO</u></b>	<b>2</b>
<b><u>EL PROCESO DE EVALUACIÓN RÁPIDO (RAP)</u></b>	<b>4</b>
<b><u>INDICADORES EXTERNOS PARA FUENTES DE AGUA Y DESTINOS DEL AGUA</u></b>	<b>7</b>
<b><u>PROCESOS INTERNOS E INDICADORES INTERNOS</u></b>	<b>10</b>
<b><u>LAS PLANILLAS DE CÁLCULO DE EXCEL PARA EL RAP</u></b>	<b>12</b>
<u>GUÍA GENERAL PARA EL USO DE LAS HOJAS DE TRABAJO EN EXCEL</u>	14
<u>Colores de las Celdas y Convenciones de Datos de Entrada (Input)</u>	14
<b><u>DESCRIPCIONES DE LAS HOJAS DE TRABAJO</u></b>	<b>16</b>
<u>HOJA DE TRABAJO “1. ENTRADA – AÑO 1”</u>	16
<u>Previo a la Tabla 1</u>	16
<u>Tabla 2 – Valores Mensuales de ETo</u>	23
<u>Tabla 3 – Agua Superficial Entrando a los Límites del Area Bajo Comando, (MCM).</u>	23
<u>Tabla 4 – Fuentes de Agua Superficial Interna (MCM)</u>	24
<u>Tabla 5 – Hectáreas de Cada Cultivo en el Area Bajo Comando, por Mes</u>	24
<u>Tabla 6 – Datos del Acuífero</u>	24
<u>Tabla 7 – Datos de Agua Subsuperficial, (MCM)</u>	24
	<i>Err</i>
<i>or! Bookmark not defined.</i>	
<u>Tabla 8 – Precipitación, Precipitación Efectiva, y Percolación Profunda de la Precipitación.</u>	25
<u>Tabla 9 – Requerimientos Agronómicos Especiales (mm)</u>	26
<u>Tabla 10 – Rendimiento de Cultivos y Valores</u>	27
<u>HOJA DE TRABAJO “2. ENTRADA – AÑO 2”, Y “3. ENTRADA – AÑO 3”</u>	27
<u>HOJA DE TRABAJO “4. INDICADORES EXTERNOS”</u>	28
<b><u>SECCIÓN DE INDICADORES INTERNOS</u></b>	<b>38</b>
<u>HOJA DE TRABAJO 5. PREGUNTAS DE OFICINA PROYECTO</u>	38
<u>HOJA DE TRABAJO 6. EMPLEADOS DEL PROYECTO</u>	39
<u>HOJA DE TRABAJO 7. WUA</u>	39
<u>HOJA DE TRABAJO 8. CANAL PRINCIPAL</u>	40
<u>HOJA DE TRABAJO 9. CANALES DEL SEGUNDO NIVEL</u>	43
<u>HOJA DE TRABAJO 10. CANALES DEL TERCER NIVEL</u>	43
<u>HOJA DE TRABAJO 11. ENTREGAS FINALES</u>	44
<u>HOJA DE TRABAJO 12. INDICADORES INTERNOS</u>	44
<u>HOJA DE TRABAJO 13. INDICADORES DE IPTRID</u>	45
<b><u>CÓMO INTERPRETAR LOS RESULTADOS DEL RAP</u></b>	<b>50</b>
<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	<b>54</b>

# **Proceso De Evaluación Rápido (RAP) y Comparación con el Patrón de Referencia (Benchmarking)**

## **Explicación y Herramientas**

**Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas**  
**FAO Oficina Regional para Asia y el Pacífico**  
**39 Phra Atit Road**  
**Bangkok 10200, THAILAND**  
**Thierry G. Facon – Water Mgmt. Officer**  
[Thierry.Facon@fao.org](mailto:Thierry.Facon@fao.org)

**por**

**Dr. Charles Burt**  
**Irrigation Training and Research Center (ITRC)**  
**California Polytechnic State University (Cal Poly)**  
**San Luis Obispo, California, USA 93407**  
[cburt@calpoly.edu](mailto:cburt@calpoly.edu)

**Septiembre 2001**

### **Este Documento**

Este documento WORD<sup>®</sup> [RAP Documento en Español] provee una explicación del Proceso De Evaluación Rápido (RAP), como también una breve explicación de la Comparación con el Patrón de Referencia como también de los datos que deben ser recolectados para ambos esfuerzos. Este documento también provee una explicación de los archivos en EXCEL<sup>®</sup> que son usados durante el RAP. Una planilla de cálculo en EXCEL (con 13 hojas de trabajo internas) es provista dos veces:

1. RAP en Español – EN BLANCO.xls
2. RAP en Español – EJEMPLO.xls

Como lo sugieren sus nombres, el EJEMPLO tiene datos previamente ingresados de manera tal que los usuarios puedan examinar un ejemplo antes de ingresar datos en la planilla en blanco.

Este documento y las 2 planillas de cálculo pueden ser bajadas de la página de Internet del Cal Poly ITRC:

<http://www.itrc.org/papers/papersindex.html>

## **Preparación para el Trabajo de Campo**

Antes de visitar un proyecto de riego, se deben enviar las siguientes hojas de trabajo de EXCEL al proyecto:

1. Entrada – Año 1
2. Entrada – Año 2
3. Entrada – Año 3
5. Preguntas de Oficina Proyecto
7. WUA (hasta la fila 94 inclusive, y las filas 217-225). Las filas intermedias tienen preguntas que deben ser contestadas por el evaluador durante la visita.

Todas las preguntas deben ser claramente entendidas por el evaluador antes de visitar el proyecto porque muchas de las preguntas no serán contestadas durante un proceso formal de entrevista. Seguramente, la mayoría de las preguntas serán contestadas basándose en las observaciones hechas durante la visita al canal principal, a los canales secundarios y terciarios, a los usuarios del agua, oficinas y campos.

## **Fundamento**

El **Proceso de Evaluación Rápido (RAP)** permite que personal calificado determine indicadores claves de proyectos de riego sistemática y rápidamente. El RAP puede completarse generalmente en 2 semanas de trabajo de campo y oficina – asumiendo que algunos datos del proyecto previamente disponibles han sido organizados por las autoridades del proyecto con anterioridad al RAP.

Indicadores claves de performance para el RAP ayudan a organizar percepciones y hechos, facilitando así decisiones fundamentadas en cuanto a

- El potencial para conservación de agua en un proyecto
- Debilidades específicas en la operación de proyectos, conducción, manejo, recursos y materiales
- Acciones de modernización específicas que puedan ser empleadas para mejorar la performance del proyecto.

Una actividad paralela al RAP es llamada **Benchmarking o Comparación con el Patrón de Referencia**. Definida en documentos preliminares IPTRID (International Program for Technology and Research in Irrigation and Drainage), la Comparación con el Patrón de Referencia es un proceso sistemático para asegurar un mejoramiento continuo a través de la comparación con normas y estándares internos y externos relevantes y alcanzables. El propósito global de la Comparación con el Patrón de Referencia es mejorar la performance de una organización como medida contra sus misiones y objetivos. Comparación con el Patrón de Referencia implica comparación – tanto internamente contra performances previas y objetivos futuros pretendidos, o externamente contra organizaciones similares, u organizaciones desempeñando funciones similares. La Comparación con el Patrón de Referencia se usa en ambos sectores público y privado.

La Comparación con el Patrón de Referencia incorpora varios indicadores, muchos de los cuales son desarrollados por el RAP. Ambos el RAP y la actividad IPTRID de Comparación con el Patrón de Referencia están evolucionando todavía, de manera que algunos indicadores que se encuentran en este documento RAP no serán siempre idénticos a aquellos en los documentos IPTRID.

El Proceso De Evaluación Rápido (RAP) de proyectos de riego fue introducido en una publicación en conjunto FAO/IPTRID/Banco Mundial titulada *Water Reports 19 (FAO) – Modern Water Control and Management Practices in Irrigation – Impact on Performance* (Burt y Styles, 1999). La publicación provee una explicación del RAP y también brinda resultados RAP de 16 proyectos internacionales de riego. Se recomienda a los lectores obtener los Water Reports 19 directamente de FAO (<http://www.fao.org/icatalog/inter-e.htm>) como introducción básica al RAP.

Un documento que discute la filosofía de la operación y diseño de proyectos de riego es

Publicación del Banco Mundial No. 246 – Modern Water Control in Irrigation  
(Plusquellec, Burt, y Wolter, 1994)

Disponible en:

Distribution Unit  
Office of the Publisher  
The World Bank  
1818 H Street, N.W.  
Washington, D.C. 20433 USA.

## **El Proceso De Evaluación Rápido (RAP)**

El RAP puede ser descrito como sigue

El Proceso De Evaluación Rápido (RAP) para proyectos de riego es un proceso de 1-2 semanas de recolección y análisis de datos en la oficina y en el campo. El proceso examina entradas externas como suministro de agua, y salidas como destinos del agua (ET, escurrimiento superficial, etc.). Provee un examen sistemático de los materiales y procesos usados para transportar y distribuir el agua internamente a todos los niveles dentro del proyecto (desde la fuente hasta los campos). Indicadores externos e indicadores internos son desarrollados para tener (i) una línea base de información para ser comparada contra performances futuras luego de la modernización (ii) la Comparación con el Patrón de Referencia para comparación contra otros proyectos de riego y (iii) una base para realizar recomendaciones específicas para la modernización y la mejora del servicio de entrega del agua.

El proceso De Evaluación Rápido (RAP) ha sido usado recientemente solo para el diagnóstico de proyectos internaciones de riego, aunque variaciones del RAP han sido usadas desde 1989 por el Irrigation Training and Research Center (ITRC) de la California Polytechnic State University, San Luis Obispo (Cal Poly) en docenas de proyectos de modernización del riego a través del oeste de los EE.UU.

Los procesos e investigaciones tradicionales de diagnóstico tienden a examinar *porciones* de un proyecto, así sea el desarrollo de asociaciones de usuarios de agua (WUAs) o la fluctuación del caudal en un único canal lateral. Aquellos proyectos de investigación típicamente requieren la recolección sustancial de datos de campo por períodos de tiempo prolongados.

Los requerimientos de tiempo y presupuestarios de estos procedimientos de investigación estándares son significativos - Kloezen y Garcés-Restrepo (1998) establecieron que "tres ingenieros trabajaron full-time por más de un año para recolectar datos primarios y tomar medidas para aplicar indicadores de proceso a nivel de canales y campos seleccionados" sólo para un proyecto. Además, ellos establecieron que "También, el trabajo en Salvatierra fue apoyado por un estudiante de M.Sc. ...También, tomó mucho tiempo la visita a los campos seleccionados tomando varias medidas de caudales por campo, por riego. Cinco meses más se emplearon en ingresar, aclarar y procesar datos". Claramente aunque investigaciones que consumen mucho tiempo pueden proveer información valiosa a cerca del riego, las decisiones para la mejora y modernización se deben tomar más rápidamente y deben ser amplias.

Un ingrediente esencial para la aplicación exitosa de estos RAPs es el entrenamiento adecuado de los evaluadores. La experiencia ha demostrado que programas exitosos de RAP requieren (i) evaluadores con entrenamiento previo en riego, (ii) entrenamiento específico en las técnicas de RAP, y (iii) seguimiento, apoyo y crítica cuando los evaluadores comienzan el trabajo de campo.

Un RAP será un fracaso si los archivos de EXCEL son simplemente enviados por correo a los proyectos de riego locales para ser llenados. Los evaluadores deben entender la lógica detrás de todas las preguntas, y deben aprender cómo ir más allá de lo obvio cuando están obteniendo los datos. Idealmente, si dos personas calificadas completan un RAP de un mismo proyecto de riego, los indicadores calculados por ambas personas serán muy parecidos.

Los datos básicos típicos de indicadores externos (como balances hidrológicos y eficiencia de riego) están o no fácilmente disponibles. Cada proyecto de riego individual es diferente en cuanto a la facilidad de acceso a datos básicos en el área de comando, como suministro de agua, etc. En algunos proyectos los datos pueden ser tomados en un día; en otros puede llevar semanas. Usualmente los retrasos en la organización de los datos se deben simplemente a encontrar el tiempo necesario para sacar los datos de archivos y organizarlos. Si los datos no existen todavía, tomarse 3 meses adicionales en el lugar no crearán los datos.

Un examen rápido y enfocado de proyectos de riego puede dar una descripción razonablemente precisa y pragmática del estado del proyecto y de los procesos y materiales que influyen ese estado. Esto permite identificar las acciones mayores que pueden ser tomadas rápidamente para mejorar el servicio de entrega del agua – especialmente si el RAP es conducido en cooperación con las autoridades locales.

La pregunta sobre qué es "razonablemente preciso" en la recolección de los datos y cálculos puede ser siempre debatida. Se deben asignar intervalos de confianza a la mayoría de los datos de balances hidrológicos reflejando que en realidad siempre hay incertidumbre en nuestros datos y en las técnicas de cálculo. En aspectos del riego, se está típicamente interesado en alrededor del 5-10% de precisión, y no en el rango del 0.5-1% de precisión (Clemmens y Burt, 1997). Los problemas que uno encuentra en proyectos de riego son típicamente tan grandes y obvios (para el ojo adecuadamente entrenado) que es innecesario procurar una precisión extrema cuando uno pretende diagnosticar un proyecto de riego. Además, (i) los proyectos generalmente tienen un único set de características por lo que los resultados de un estudio muy detallado de solo unos pocos ítems de un proyecto pueden tener limitada transferencia a otros proyectos, y (ii) a pesar de conducir investigaciones muy sofisticadas y detalladas es difícil alcanzar una precisión superior del 5-10% en algunos valores clave como evapotranspiración del agua de riego por parte del cultivo.

Para el RAP, se empieza con una solicitud previa de información que puede ser ensamblada por las autoridades del proyecto de riego – información tal como superficie cultivada, caudales en el proyecto, datos climáticos, balances y personal empleado. Hasta llegar al proyecto, estos datos son organizados y los managers del proyecto son entrevistados para recavar información faltante y sus percepciones de cómo funciona el proyecto. Luego se recorre la red de canales, hablando con operadores y agricultores y observando y tomando nota de los métodos y materiales que se usan para el control del

agua. A través de este diagnóstico sistemático del proyecto, muchos aspectos de la ingeniería y la operación se hacen muy aparentes.

Los datos económicos son los componentes mayores para algunos indicadores que fueron propuestos por otros. La experiencia de los autores ha demostrado que un RAP no es indicado para la recolección de algunos datos económicos. Datos tales como el costo general de un proyecto en dólares actuales, ingreso per capita, y el tamaño típico de una unidad agrícola no estuvieron disponibles fácilmente en la mayoría de los proyectos descritos en FAO Water Report 19.

Concluyendo, si se ejecuta correctamente con personal calificado, el RAP puede rápidamente proveer una visión valiosa de muchos aspectos de diseño de proyectos de riego y operaciones. Además, su estructura brinda una revisión sistemática que permite al evaluador dar recomendaciones pragmáticas para mejorar.

Algunos de los datos que son tomados durante el RAP son útiles también para cuantificar varios indicadores de Comparación con el Patrón de Referencia que fueron establecidos por IPTRID. La mayoría de los indicadores de Comparación con el Patrón de Referencia de IPTRID entran dentro de la categoría de “indicadores externos”, mientras que el RAP incluye ambos indicadores “internos” y “externos”. Como se discute en las próximas secciones, los indicadores “internos” son necesarios para entender los procesos usados dentro de un proyecto de riego, el nivel del servicio de entrega de agua a través del proyecto, y también ayudan al evaluador a formular un plan de acción que eventualmente resultará en un mejoramiento de los indicadores externos. Los indicadores externos y los indicadores tradicionales de benchmarking proveen muy poca o ninguna orientación en cuanto a qué debe hacerse para alcanzar una mejora. Más bien, éstos solo indican que algunas cosas deben ser mejoradas.



## **Indicadores Externos para Fuentes de Agua y Destinos del Agua**

**Indicadores Externos.** Los Indicadores Externos para proyectos de riego son relaciones o porcentajes que generalmente poseen las formas siguientes:

$$\frac{\text{Agua Requerida}}{\text{Total de Agua Disponible}}$$

o

$$\frac{\text{Rendimiento del Cultivo}}{\text{Agua de Riego Entregada a los Campos}}$$

Los indicadores de Comparación con el Patrón de Referencia del IPTRID entran dentro de la categoría de “indicadores externos”, el RAP genera una lista larga de indicadores internos.

El atributo común de los indicadores externos es que ellos examinan entradas y salidas de un proyecto. Los indicadores externos son expresiones de varias formas de eficiencia, sea esta eficiencia relacionada a balances, agua o rendimiento de los cultivos. Pero aun mas que eso, los indicadores solo requieren conocer las entradas y las salidas del proyecto. Por ellos mismos, los indicadores externos no proveen ninguna idea de qué debe hacerse para mejorar la performance o la eficiencia. La identificación de qué acciones tomar para mejorar esos indicadores externos viene de un examen de los indicadores internos, los cuales examinan los procesos y materiales usados en el proyecto.

Sin embargo, los indicadores externos establecen valores clave – tales como que pueda o no ser posible conservar agua (sin definir cómo esto puede ser llevado a cabo). Así es que, valores bajos de indicadores externos a menudo justifican la modernización de los proyectos – anticipando que la modernización o intervención mejorará los valores de los indicadores externos).

Los indicadores externos del RAP enfocan los items de un balance hidrológico típico. Como tales, valores como la evapotranspiración de los cultivos, la precipitación efectiva, y los suministros de agua deben ser obtenidos. El propósito primario de las primeras 3 hojas de trabajo de la planilla de cálculo en EXCEL es estimar los indicadores externos relacionados al agua.

**Intervalos de Confianza (CI).** Un cierto error o incertidumbre es inherente a todo proceso de medición o estimación. Por lo tanto, no conocemos en realidad los valores correctos o verdaderos de los volúmenes de agua necesarios para calcular términos como “Eficiencia de Riego”. Se deben hacer estimaciones de los volúmenes que lo componen, basados en medidas o cálculos.

En informes que proveen estimaciones de términos tales como rendimiento de cultivos y balances hidrológicos, relaciones como “Eficiencia de Riego” y “Suministro de Agua Relativo”, las incertidumbres asociadas con estas estimaciones deben ser conocidas y cuantificadas. De otro modo quienes planifican pueden no saber si el verdadero valor de una dada eficiencia del 70 % se encuentra entre 65% y 75%, o entre 50% y 90%.

Un método para expresar la incertidumbre en una única estimación es especificar el intervalo de confianza (CI – ‘confidence interval’ en inglés) para esa estimación. Si se cree que una evaluación razonable de datos indica que el valor correcto se halla entre 5 unidades de 70, entonces se debe decir que la cantidad equivale a  $70 \pm 5$ . Más específicamente, la esencia de un intervalo de confianza se debe ilustrar como sigue, cuando se discute una cantidad estimada:

“Los investigadores son 95% confidentes que su estimación del área regada en el proyecto es  $\pm 7\%$  de 500,000 ha (entre 465,000 ha y 535,000 ha).”

Estadísticamente un CI está relacionado al coeficiente de variación (cv), donde

$$cv = \frac{\text{media}}{\text{desviación standard}} \quad (\text{note que el “cv” no tiene unidades})$$

y

$$CI = \pm 2 \times cv,$$

donde el CI es expresado como una fracción ( $\frac{\%}{100}$ ) del valor estimado.

Dicho de otro modo, si el CI es declarado ser 0.10, esto significa que  $\pm 2$  desviaciones standard cubren un rango de  $\pm 10\%$  del valor establecido.

Asumiendo una distribución normal de los datos, aproximadamente el 68% de las veces el valor real se encuentra entre más o menos un desvío standard del valor estimado. Asimismo, aproximadamente el 95% de las veces (del cual viene la expresión “somos 95% confidentes”), el valor verdadero se encuentra entre más o menos 2 desviaciones standard del valor estimado.

Se podría preguntar lógicamente ¿“Cuán confidente se es del CI que se ha seleccionado?” La respuesta para un RAP es que “El CI no es preciso, pero sin embargo da una buena idea del sentido de precisión de varios valores del evaluador.” Por supuesto, es mucho mejor proveer una indicación relativa de la incertidumbre en un valor que ignorarla y que la gente trate valores estimados como si fueran valores absolutos.

En el RAP, se pide al evaluador que provea estimaciones de los CI de varios datos. Estas estimaciones de CI se ingresan manualmente en celdas en blanco en la cuarta hoja de trabajo (4. External Indicators). La planilla calcula automáticamente los CI estimados para los indicadores que usan esos datos.

La convención más común para calcular el CI de un valor calculado (resultado) es como sigue:

1. Si dos cantidades estimadas independientemente se suman, los CIs se relacionan por

$$CI_r = \frac{\sqrt{m_1^2 CI_1^2 + m_2^2 CI_2^2}}{m_1 + m_2}$$

donde

$CI_r$  = CI del resultado

$CI_1$  = CI de la primera cantidad sumada para formar el resultado

$CI_2$  = CI de la segunda cantidad sumada para formar el resultado

$m_1$  = valor estimado de la primera cantidad

$m_2$  = valor estimado de la segunda cantidad

2. Si dos cantidades estimadas independientemente se multiplican entre sí, los CIs se relacionan por

$$CI_r = \sqrt{CI_1^2 + CI_2^2 + \frac{CI_1^2 CI_2^2}{4}}$$

Se podría puntualizar correctamente que una estimación rigurosa de CIs podría requerir asignar valores de CI a cada uno de los datos originales en las primeras tres hojas de trabajo "INPUT" de la planilla de cálculo en EXCEL. Sin embargo, para un RAP típico, no vale la pena esforzarse por una precisión mayor que la obtenida al insertar las estimaciones de CI en la hoja de trabajo "Indicator Summary". Para conveniencia del evaluador, la hoja de trabajo "Indicator Summary" automáticamente calcula el  $CI_r$  para algunas cantidades pertinentes, utilizando varios valores de CI que son provistos por el evaluador.

## **Procesos Internos e Indicadores Internos**

La amplitud de los objetivos de modernización es alcanzar el mejoramiento de la eficiencia de riego (un indicador externo), mejores rendimientos de los cultivos (otro indicador externo que no es usado aquí), menor daño a los canales por niveles de agua no controlados, empleo más eficiente de la mano de obra, mejora de la armonía social y un medio ambiente mejor causado por menos desviaciones o mejor calidad en los flujos retornados. En general, estos objetivos pueden ser alcanzados solamente prestando atención a detalles internos. Los detalles específicos tratados por RAP son mejorar el control del agua a través del proyecto y mejorar el servicio de entrega del agua a los usuarios.

Por eso, la hojas de trabajo 5 – 11 de la planilla de cálculo de EXCEL tienen los siguientes propósitos:

1. Identificar los factores clave relacionados al control del agua a través de un proyecto.
2. Definir el nivel del servicio de entrega del agua provisto a los usuarios.
3. Examinar materiales específicos, técnicas de manejo y procesos usados en el control y la distribución del agua.

Muchos de estos items están descritos en la forma de “indicadores internos”, asignando valores de 0-4 (0 indicando menos deseable, y 4 denotando el más deseable).

Un resumen de los indicadores internos se encuentra en la hoja de trabajo 12. La mayoría de los indicadores internos tienen subcomponentes, “sub indicadores”. Al final de la planilla de cálculo, a cada sub indicador se le asigna un “factor de ponderación”.

Como un ejemplo del uso de los indicadores internos, Indicador Primario I-1 se usa para caracterizar el servicio de entrega de agua actual a propietarios individuales. El Indicador Primario I-1 tiene 4 sub-indicadores:

- I-1A. Medición de volúmenes al campo
- I-1B. Flexibilidad al campo
- I-1C. Confiabilidad al campo
- I-1D. Equidad aparente

Cada Sub-Indicador (p.e., No. I-1A) tiene un máximo valor potencial de 4.0 (el mejor), y un mínimo valor posible de 0.0 (el peor).

El valor para cada Indicador Primario (p.e., No. I-1) es calculado automáticamente en la hoja de trabajo “Internal Indicators”:

1. Aplicando un factor de ponderación relativo a cada valor de sub-indicador. Los factores de ponderación son solo relativos a sí mismos dentro del grupo del indicador; un grupo puede tener un valor máximo de 4, mientras que otro grupo puede tener un valor máximo de 2. El único factor de importancia es el factor de ponderación relativo de los sub-indicadores dentro de un grupo.
2. Sumando los valores ponderados de los sub-indicadores.

3. Ajustando el valor final basado en una escala posible 0-4 (4 indicando la condición más positiva).

**Indicador Primario I-1 Información.**

No.	Indicador Primario	Sub-Indicador	Criterio para el Ranking	Pond.
I-1	Actual Servicio de Suministro de agua a Unidades de propietarios, individuales (Ej., rancho o parcela)			
I-1A		Medición de volúmenes a las unidades individuales (0-4)	4 – Excelentes mediciones y mecanismos de control, operados correctamente y grabados. 3 – Razonables mediciones y mecanismos de control, operación promedio. 2 – Útil pero pobre medición de volúmenes y caudales. 1 – Razonable medición de caudales, pero no de volúmenes. 0 – No se miden volúmenes ni caudales.	1
I-1B		Flexibilidad a las unidades individuales (0-4)	4 – Ilimitada frecuencia, tasa y duración, pero acordada por usuarios en unos pocos días. 3 – Frecuencia, tasa y duración fijas, pero acordada. 2 – Rotación dictada, pero se ajusta aproximadamente a las necesidades del cultivo.. 1 – Entrega rotativa, pero de alguna manera en un programa incierto. 0 – No hay reglas establecidas.	2
I-1C		Confiabilidad a las unidades individuales (0-4)	4 – El agua siempre llega con la frecuencia, tasa y duración prometidas. El volumen es conocido. 3 – Muy fiable en tasa y duración, pero ocasionalmente hay unos pocos días de retraso. El volumen es conocido. 2 – El agua llega mas o menos cuando se necesita y en cantidades correctas El volumen no se conoce. 1 – No se conoce el volumen, y la entrega es poco segura menos del 50% de las veces. 0 – Frecuencia, tasa y duración poco confiables mas del 50% de las veces, y el volumen entregado no se conoce.	4
I-1D		Equidad aparente a unidades individuales (0-4)	4 – Todos los campos a través del proyecto y dentro de unidades terciarias reciben el mismo servicio de entrega de agua. 3 – Las áreas del proyecto reciben las mismas cantidades de agua, pero dentro de un área el servicio es algo desigual. 2 – Las áreas del proyecto reciben cantidades de agua algo diferentes (no intencionalmente), pero dentro de un área es desigual. 1 – Hay desigualdades medias tanto entre áreas como dentro de las áreas. 0 – Hay diferencias de mas del 50% a través del proyecto en una extensión bastante grande.	4

## Las Planillas de Cálculo de EXCEL para el RAP

***Antes de comenzar!!! – Haga una copia (renombrada) del archivo “RAP en Español – En BLANCO.xls” y guarde el archivo original en un lugar seguro. Cada vez que comience un proyecto nuevo, haga una copia del original y use la copia nueva para ese nuevo proyecto.***

Las hojas de trabajo para el RAP se describen en la Tabla siguiente

<u>Hojas de trabajo dentro del archivo EXCEL</u>	<u>Descripción de la Hoja de Trabajo</u>
1. Entrada – Año 1	Para un año hidrológico promedio, requiere ingresar (mayormente mensuales) de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombres de cultivos</li> <li>- Salinidad del agua de Riego</li> <li>- Valores de umbral de CEe</li> <li>- Coeficientes de cultivo del campo , por mes</li> <li>- Areas de los cultivos</li> <li>- Suministro de agua</li> <li>- Precipitaciones</li> <li>- Recirculación y bombeo de agua subsuperficial</li> <li>- Requerimientos agronómicos especiales</li> </ul>
2. Entrada – Año 2	Igual que arriba, pero para un año seco..
3. Entrada – Año 3	Igual que arriba, pero para un año húmedo..
<b>4. Indicadores Externos</b>	Cálculos automáticos de valores mensuales y anuales de varios indicadores de suministro de agua.
5. Preguntas de Oficina Proyecto	La mayoría de los datos de esta hoja son obtenidos de la oficina del proyecto. Estos incluyen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Condiciones generales del proyecto</li> <li>- Localización del suministro de agua</li> <li>- Propiedad de la tierra y del agua</li> <li>- Moneda</li> <li>- Presupuestos</li> <li>- Operación del proyecto como fue descrita por el personal de la oficina</li> <li>- Servicio de entrega de agua indicado en varios niveles del sistema.</li> </ul>
6. Empleados del Proyecto	Solicita información sobre entrenamiento de los empleados, motivación, despidos, y descripción de los trabajos.
7. WUA	Los datos para Asociaciones de Usuarios de Agua (WUA) que no fueron obtenidas en las “Preguntas de la Oficina del Proyecto” se obtienen aquí. Esto requiere hacer preguntas en la Oficina del Proyecto así como también matener entrevistas con Asociaciones de Usuarios de Agua. Las preguntas son relativas a: <ul style="list-style-type: none"> <li>- El tamaño de las WUAs</li> <li>- La fuerza de la organización</li> <li>- Funciones</li> <li>- Presupuestos</li> <li>- Tarifas del agua</li> </ul>
8. Canal Principal	Datos sobre el Canal Principal, incluyendo <ul style="list-style-type: none"> <li>- Control de caudales</li> <li>- Características generales del canal</li> <li>- Reguladores de cruce</li> <li>- Condiciones generales</li> <li>- Reglas de operación</li> <li>- Tomas de agua</li> <li>- Comunicaciones</li> </ul>

	- Reservorios de regulación - El nivel de servicio provisto al próximo menor nivel
9. Canales del Segundo Nivel	Lo mismo que en Main Canal
10. Canales del Tercer Nivel	Lo mismo que Second Level Canals
11. Entregas Finales	Información sobre el nivel del servicio de entrega de agua a unidades de propiedad individual y al último punto de operación por empleados pagos..
<b>12. INDICADORES INTERNOS</b>	Esta hoja de trabajo resume los indicadores internos que fueron calculados en las hojas de trabajo previas, y pregunta por datos de ingreso sobre unos pocos indicadores extra. Indicadores de categoría ponderados se calculan para grupos de sub-indicadores.
<b>13. Indicadores de IPTRID</b>	Este incluye items de datos específicos y valores de Comparación con el Patrón de referencia (benchmarking) que que fueron desarrollados por el IPTRID en el 2001

## **Guía General para el Uso de las Hojas de Trabajo en EXCEL**

### **Nombres y Tipos**

1. Los nombres de las **hojas de trabajo** en cualquier archivo EXCEL se identifican en la parte inferior de la pantalla. Los nombres no deben ser cambiados.
2. El archivo EXCEL tiene dos tipos generales de hojas de trabajo:
  - a. Hojas **INPUT**. Estas hojas de trabajo solicitan datos.
    - i. En las tres primeras hojas de trabajo, los datos son manipulados y/o usados en cálculos en el lado derecho de la página de datos, fuera de la vista de las páginas de ingreso de datos. Si está interesado, se pueden ver algunos cálculos desplazando las páginas hacia la derecha.
    - ii. En las hojas de trabajo numeradas de 5 - 11, aparecen unos pocos cálculos verticalmente en línea con los datos de entrada.
  - b. Hojas **RESUMEN**. Estas son las hojas de trabajo 4, 12, y 13. Estas hojas requieren un número limitado de valores de entrada, pero su función principal es resumir varios datos, valores calculados e indicadores.

### **Colores de las Celdas y Convenciones de Datos de Entrada (Input)**

1. La convención de colores para las 3 primeras hojas de trabajo Entrada – Año "x" es como sigue:
  - a. Celda en blanco – indica un lugar para ingresar datos
  - b. Celda sombreada – contiene un dato por defecto o un valor calculado o una explicación, o indica que no se requiere ingresar datos. En general, ningún valor en una celda sombreada debe ser cambiado a menos que se conozcan los detalles del programa.
  - c. Letras en rojo – indican valores calculados
  - d. Valores en azul – indican valores que fueron transferidos desde algún lugar en el archivo. Estos valores deben haber sido calculados o ingresados en algún otro lado.
2. Convención de colores para la hoja de trabajo 4. –Indicadores Externos:
  - a. Celda en blanco – solamente en la columna "Est. CI" – requiere ingresar manualmente de un valor.
  - b. Celda sombreada – indica valores que están conectados a hojas de trabajo previas o son calculados en esta hoja.
  - c. Letras en rojo – indican valores calculados en esta hoja de trabajo.
  - d. Valores en azul – indican valores que fueron transferidos desde algún lugar en el archivo.
3. Las convenciones para las hojas de trabajo 5-13 son:
  - a. Celdas en blanco con borde suave requiere un dato de entrada.
  - b. Celdas en blanco con borde oscuro indican que el valor es necesario, pero que requiere información que solo puede estar disponible posteriormente.
  - c. Toda celda que esté llena con un algún diseño o sombreado no debe recibir datos de entrada.
  - d. Las celdas sombreadas contienen fórmulas y mostrarán los resultados de cálculos automáticamente.
  - e. Celdas con diseños son simplemente divisores entre secciones, o bien indican que no se requieren datos.



Las primeras 3 hojas de trabajo ENTRADA requieren datos de 3 años distintos:

- a. Año 1 – un año normal
- b. Año 2 – un año seco
- c. Año 3 – un año húmedo

Es importante proveer datos de muchos años porque un examen de un único año puede arrojar resultados engañosos en muchos proyectos que poseen grandes fluctuaciones en clima y suministro de agua.

## **Descripciones de las Hojas de Trabajo**

### **Hoja de Trabajo “1. Entrada – Año 1”**

Esta es la primera de 3 hojas idénticas. Cada hoja de trabajo contiene 10 tablas que requieren datos, y también varias celdas individuales para información específica. La información solicitada se describe abajo.

#### **Previo a la Tabla 1**

1. Area total del proyecto: Esta es el area bruta del proyecto (ha), incluyendo campos que son sostenidos por una infraestructura del proyecto de entrega de agua (“comando”) y campos que que no son apoyados por la infraestructura.
2. Area total de campos bajo el area de comando: Este es en número de hectáreas que son apoyados por la infraestructura del proyecto de entrega de agua. Puede haber algunas zonas de este area bajo comando que nunca reciben agua debido a daños en la infraestructura, o a escasez de agua, etc.

3. Eficiencia de conducción estimada :

$$\text{Eficiencia de conducción} = \frac{\text{Volumen de agua de riego entregada}}{\text{Volumen de agua en el desvío original}} \times 100$$

Cuando el “punto de entrega” es el campo del agricultor. A veces una toma de agua (turnout - offtake) representa el punto final de entrega por parte de una autoridad de riego, y esta salida suministra agua a 100 campos. En tal caso, las pérdidas de conducción deben incluir no solo las pérdidas en el canal/tubería que son operados por las autoridades de riego, sino también las pérdidas en el canal previas a la entrega a los campos individuales

Las pérdidas de conducción incluyen: filtraciones, vertidos, agua perdida para llenar y vaciar los canales, evaporación desde los canales, evapotranspiración de las malezas a lo largo de los canales, etc.

La eficiencia de conducción incluye pérdidas que ocurren entre un punto de desvío original y la entrada al area bajo comando, la que en algunos casos puede estar a muchos kilómetros de distancia.

4. Tasa de filtración estimada en arrozales.  
Si se cultiva arroz en un proyecto, habrá solo una respuesta. Es el porcentaje del agua aplicada a los campos que se va por debajo de la zona de raíces del arroz. Las tasa de filtración se expresa comunmente en mm/día, en cuyo caso se debe convertir a un porcentaje del agua de riego aplicada al campo.

Muchos estudios combinan la “filtración” junto con la evapotranspiración del arroz para aparece con una combinación de “uso consuntivo”. Esta convención no se utiliza en el RAP, porque se hace muy difícil separar ET (que no puede ser recirculada or restada) de agua filtrada (que puede ser recirculada via pozos o drenes).

Además, tal convención ignora el hecho de que la percolación profunda es inevitable en todos los cultivos, y no solo en arrozales. Por lo tanto, la convención se aplicará a todos los cultivos, no solo en arrozales.

5. Pérdidas superficiales estimadas de arrozales a drenes.  
Siempre habrá una respuesta si se cultiva arroz en un proyecto. Este es el porcentaje del agua de riego aplicada a los campos o grupos de campos que abandona los mismos y entra a los drenes superficiales. No incluye el agua que fluye desde un arrozal a otro a menos que esta fluya finalmente hacia un dren superficial.

6. Eficiencia de riego estimada para otros cultivos.  
Esta es una estimación para cultivos distintos al arroz. Ya se mencionaron los elementos que componen las ineficiencias para arrozales (percolación profunda y pérdidas por escurrimiento superficial).

El término “eficiencia de riego” tiene una rigurosa definición (Burt et al., 1997). Pero la naturaleza del RAP es tal que los valores necesarios para la aplicación rigurosa de la definición no se encontrarán disponibles. Por lo tanto, para los propósitos de este RAP,

$$\text{Eficiencia de Riego de un Campo} = \frac{\text{Agua de Riego Usada para ET y Prácticas Especiales}}{\text{Agua de Riego Aplicada al campo}} \times 100$$

donde

- Solo se considera “agua de riego” en el numerador y el denominador. El agua de las precipitaciones no se incluye, ya que este indicador es una medida de cuán eficiente es el uso del agua de riego.
- “Prácticas especiales” incluye agua para el lavado de sales, preparación de la tierra, y control del clima. Sin embargo, para cada categoría hay un límite en la cantidad máxima aceptada como beneficiosamente usada (que puede ser incluida en el numerador). Los cálculos del RAP incluyen una estimación de los requerimientos de lixiviación reales. El agua asignada para la preparación de la tierra no debe incluir la percolación profunda en exceso (causada por mantener agua por mucho tiempo en un campo) o el agua que fluye superficialmente fuera del campo.
- Para cultivos como el arroz, el que se maneja como una unidad que incluye varios campos en que se pasa el agua de un campo a otro, la eficiencia del “campo” puede ser basada en la unidad de manejo más grande formada por varias parcelas de campo pequeñas.

En general, este valor es una estimación grosera. La planilla de cálculo calcula un valor correcto de “eficiencia de riego a nivel de campo” en la

hoja de trabajo “4. External indicators (Indicator No. 31), que debe ser comparado contra este valor asumido.

Este valor se usa con un solo propósito en la planilla de cálculo. Para estimar la recarga del agua subsuperficial desde la percolación profunda del campo. Si como conclusión del RAP, esta estimación es diferente a la estimación calculada, el usuario deberá ajustar el valor asumido ( y/o los valores de percolación profunda en el arroz y escurrimiento superficial) hasta que el Indicador 2 iguale aproximadamente al Indicador 31.

7. Capacidad de caudal del canal(es) principal(es) en los puntos de desvío.  
Este valor debe reflejar la suma máxima de las capacidades del caudal real (en oposición al diseñado) en cada punto de desvío. A veces las capacidades reales son mayores que las diseñadas originalmente y en otros casos pueden ser menores debido al embancamiento de limo y sedimentos u otros factores.
8. Caudal máximo real en el canal(es) principal(es) en los puntos de desvío.  
El propósito de esta pregunta es definir el caudal máximo de agua de riego que entra a los límites del proyecto. No debe incluir el bombeo interno ni la recirculación de agua.
9. Conductividad Eléctrica del Agua de riego (ECe) promedio.  
Si es posible, este “promedio” debe ser el promedio ponderado anual, basado en la carga de sal ( $\text{ppm} \times \text{caudal} \times \text{tiempo}$ ). Se debe calcular como una combinación del agua de pozo y el agua superficial.

Tabla 1 – Coeficientes de Campo y Umbral de ECe del Cultivo.

1. Mes del Año Hidrológico. La tabla provee 12 celdas en la parte superior de la sección de coeficientes de campo en las cuales se deben colocar los nombres de los 12 meses. A pesar que la tabla podría haber tenido por defecto el mes de Enero en la primera celda, muchos proyectos tienen años hidrológicos que empiezan en otros meses – como ser Abril en el sudeste de Asia u Octubre o Noviembre en México. Coloque el mes apropiado en la celda resaltada y vacía celda para comenzar la cuenta del año hidrológico.
2. Nombre del Cultivo Regado  
Esta columna permite al usuario ingresar los nombres de los cultivos regados en el area bajo comando. Se permite un total de 17 cultivos aunque los primero 3 ya están asignados a arrozales, quedando 14 restantes en blanco para el usuario. Aunque un area bajo comando puede tener más de 17 cultivos, en general muchos de esos cultivos ocupan superficies muy pequeñas que con fines prácticos pueden ser juntados como una sola categoría de cultivo.

Si un cultivo se usa dos veces, entonces el nombre debe ser ingresado dos veces. La tabla ya tiene 3 arrozales por defecto, porque muchos proyectos tienen 3 o más cultivos de arroz por año. **No se puede anular los cultivos de arroz; no se puede sustituir otros nombres esas 3 entradas porque ciertos cálculos asumen al arroz en esas celdas.**

Los nombres de los cultivos solo se deben ingresar en la Tabla 1. Estos son llevados automáticamente a todas las otras tablas que requieren sus nombres. Esto asegura la consistencia entre las tablas.

### 3. Salinidad.

- a. Salinidad del Agua de Riego Promedio (ECw), dS/m. La salinidad promedio del agua de riego que viene al proyecto. Las unidades dS/m son equivalentes a mmho/cm
- b. Umbral ECe, dS/m. Es la salinidad del extracto de la pasta de suelo saturado a la cual el rendimiento de un cultivo comienza a declinar. Ejemplos de los valores se pueden encontrar en la Tabla A.

Tabla A. Tolerancia de varios cultivos a salinidad de suelos, después de la germinación (tomado de Maas y Hoffman, 1977).

Cultivo	Umbral ECe (ECe al inicio de la declinación del rendimiento) dS/m	Cultivo	Umbral ECe (ECe al inicio de la declinación del rendimiento) dS/m
Alfalfa	2.0	Cebolla	1.2
Almendras	1.5	Naranja	1.7
Damasco	1.6	Huerto de cesped	1.5
Avocado	1.3	Durazno	1.7
Avena (grano)	8.0	Maní	3.2
Frijoles	1.0	Pimienta	1.5
Remolacha	4.0	Ciruelas	1.5
Bermuda	6.9	Papa	1.7
Habas	1.6	Arroz	3.0
Broccoli	2.8	Ryegrass, perenne	5.6
Repollo	1.8	Sesbania	2.3
Zanahoria	1.0	Soya	5.0
Trebol	1.5	Espinaca	2.0
Maiz (forraje y grano)	1.8	Fresa	1.0
Maíz dulce	1.7	Sudán grass	2.8
Caupí (Garbanzo)	1.3	Remolacha azucarera	7.0
Pepinos	2.5	Caña de azucar	1.7
Dátiles	4.0	Batata	1.5
Festuca	3.9	Tomate	2.5
Lino	1.7	Trigo	6.0
Uva	1.5	Pasto de trigo, encrestado	3.5
Pomelo	1.8	Pasto de trigo, alto	7.5
Lechuga	1.3		

### 4. Coeficientes de campo.

La mayoría de los especialistas en riego están familiarizados con el término “coeficiente de cultivo”. Coeficiente de cultivo ha sido ampliamente usado en estimaciones de evapotranspiración de los cultivos (ET) desde mediados de los años 70. La fórmula general usada es:

$$ET_{\text{cultivo}} = K_c \times E_{T_o}$$

donde

$K_c$  = el coeficiente del cultivo

$E_{T_o}$  = ET usando como referencia al cesped

Las líneas directrices para estimar ET y  $E_{T_o}$  se encuentran en FAO Irrigation and Drainage Paper 56 – “Crop Evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements” (Allen et al, 1998).

Valores de “Referencia” distintos de  $E_{T_o}$  son usado a veces, pero están siendo rápidamente reemplazados por estaciones meteorológicas que proveen los datos horarios necesarios para calcular  $E_{T_o}$ . Esta planilla de cálculo usa  $E_{T_o}$  como está definida en FAO 56 porque

- $E_{T_o}$  es hoy la “referencia” standad
- La mayoría de las excelentes investigaciones sobre ET usan  $E_{T_o}$  como cultivo de referencia.
- Se estima que  $E_{T_o}$  tiende a ser más preciso que otros métodos de referncia como las cubetas de evaporación.

Si los únicos datos locales son de cubetas de evaporación se recomienda que los usuarios consulten FAO 56 para determinar la conversión correcta de evaporación mensual ( $E_{pan}$ ) a valores de  $E_{T_o}$  mensual. La Tabla siguiente viene de la página 81 de FAO 56, donde

$$E_{T_o} = K_p \times E_{pan}$$

Tabla B. Coeficientes de cubeta ( $K_p$ ) para cubeta Tipo A para diferentes situaciones, ambientes, y diferentes niveles de humedad relativa ambiente (RH) y velocidad de viento (FAO 56)

Descripción Cubeta Tipo A:	Caso A: Cubeta situada en area con cultivo verde bajo			Caso B: Cubeta situada en area con rastrojo seco				
		baja (<40)	media (40 – 70)	Alta (>70)		baja (<40)	media (40 – 70)	alta (>70)
RH media (%) →								
Velocidad del viento ( $m\ s^{-1}$ )	Ancho de Cubierta Verde (m)				Ancho de Cubierta de Rastrojo (m)			
Suave (<2)	1	.55	.65	.75	1	.7	.8	.85
	10	.65	.75	.85	10	.6	.7	.8
	100	.7	.8	.85	100	.55	.65	.75
	1000	.75	.85	.85	1000	.5	.6	.7
Moderado (2-5)	1	.5	.6	.65	1	.65	.75	.8
	10	.6	.7	.75	10	.55	.65	.7
	100	.65	.75	.8	100	.5	.6	.65
	1000	.7	.8	.8	1000	.45	.55	.6
Fuerte (5-8)	1	.45	.5	.6	1	.6	.65	.7
	10	.55	.6	.65	10	.5	.55	.65
	100	.6	.65	.7	100	.45	.5	.6
	1000	.65	.7	.75	1000	.4	.45	.55
M. Fuerte (>8)	1	.4	.45	.5	1	.5	.6	.65
	10	.45	.55	.6	10	.45	.5	.55
	100	.5	.6	.65	100	.4	.45	.5
	1000	.55	.6	.65	1000	.34	.4	.45

Esta planilla de cálculo usa el término “coeficiente de campo” porque en general el “coeficiente de cultivo” se usa solo durante la estación de crecimiento del cultivo, y el uso común de los “coeficientes de cultivo” ignora el impacto del contenido de humedad del suelo.

En realidad, el “coeficiente de campo, Kc” es el mismo que el “coeficiente de cultivo, Kc” si el coeficiente de cultivo es ajustado correctamente (usando las directivas de FAO 56) para incluir factores tales como

- \* stress (transpiración reducida) debido a una zona de raíces seca
- \* evaporación de la superficie del suelo debido a lluvias o riego.

La correcta selección de los coeficientes de campo depende de un buen entendimiento de la Tabla 8 en las planillas de cálculo de INPUT (Precipitación, precipitación efectiva, y percolación profunda). El procedimiento de cálculo que usa la planilla de cálculo incluye lo siguiente:

- a. Precipitación efectiva y agua de riego son las únicas fuentes de agua externas para la ET del campo.
- b. La ET del campo se calcula mensualmente así:

$$ET = Kc \times ETo$$

La precipitación efectiva incluye toda la precipitación que es perdida bien sea por evaporación (desde el suelo o la planta), o la transpiración, calculada con la fórmula de arriba. Por eso, si uno quiere contar la evaporación desde el suelo en los meses en que el cultivo no está en el campo, se deben hacer 2 cosas simultáneamente:

- a. Se debe calcular la precipitación efectiva para tener en cuenta la evaporación, y
- b. Un coeficiente de campo (Kc) mayor que 0.0 se debe aplicar a esos meses.

Se recomienda el siguiente procedimiento para el RAP:

- a. Para cultivos que no usan agua de riego para riego de pre-siembra. Si para un mes el cultivo todavía no se sembró, o no está en el campo, asuma para ese mes,
  - coeficiente de cultivo = 0.0
  - la lluvia efectiva reportada para ese mes incluirá solo el agua que es almacenada en la zona de raíces para ET después que las semillas son sembradas.
- b. En cultivos que usan agua de riego para riego de pre-siembra (p.e., preparación de campos de arroz, riego previo en algodón). Siga los mismos procedimientos de (a) hasta que el primer riego es aplicado. Luego haga lo siguiente para cada mes hasta que el cultivo sea sembrado o trasplantado:
  - Coeficiente de cultivo > 0 para tener en cuenta la evaporación desde el suelo de ambos, el agua de riego y de la precipitación efectiva.
  - La lluvia efectiva que es reportada para ese mes incluye el agua almacenada para ET después de la siembra o plantación, más la contribución de la lluvia a la evaporación del suelo antes de la siembra.

Como ejemplo asuma un caso en el que

- Se aplica un riego pre-siembra a un campo el primer día del mes.
- El cultivo no estará plantado por otro mes.
- El suelo se mantiene desnudo y libre de malezas durante este mes.
- El suelo permanece “oscuro” por 3 días después de que el agua desaparece de la superficie del suelo.

La Tabla C indica cómo calcular un Kc mensual promedio que tenga en cuenta correctamente la evaporación del suelo. Las reglas a seguir incluyen:

- El valor mínimo de Kc es típicamente 0.15
- Si la superficie del suelo es oscura en apariencia por la humedad, aunque no haya un cultivo implantado, un coeficiente del cultivo de 1.05 es apropiado.
- La mayoría de los cultivos de campo no estresados (algodón, arroz, maíz) tienen un coeficiente de cultivo de aproximadamente 1.1 una vez que alcanzan 100% de cobertura del canopeo.



Tabla C. Ejemplo de cálculo de un Kc promedio mensual para un mes siguiendo un riego de pre-siembra pero antes de la siembra.

Día	Kc	Explicación
1	1.05	Riego – superficie de suelo mojada
2	1.05	2do día del riego - superficie de suelo mojada
3	1.05	1er día después del riego. No hay agua sobre la superficie. Superficie del suelo oscura todavía.
4	1.05	2do día después del riego. Superficie del suelo oscura todavía
5	1.05	3er día después del riego. Superficie del suelo oscura todavía
6	0.7	4to día después del riego.
7	0.5	5to día después del riego.
8	0.3	6to día después del riego.
9	0.15	7mo día después del riego
10	0.15	8vo día después del riego
11	1.05	Lluvia – Superficie del suelo húmeda
12	1.05	2do día de lluvia- Superficie del suelo húmeda
13	1.05	1er día después de la lluvia. Superficie del suelo oscura todavía
14	1.05	2do día después de la lluvia. Superficie del suelo oscura todavía
15	1.05	3er día después de la lluvia. Superficie del suelo oscura todavía
16	0.7	4to día después de la lluvia.
17	0.5	5to día después de la lluvia
18	0.3	6to día después de la lluvia.
19	0.15	7mo día después de la lluvia
20	0.15	8vo día después de la lluvia
21	1.05	Lluvia – Superficie del suelo húmeda
22	1.05	2do día de lluvia. Superficie del suelo húmeda
23	1.05	1er día después de la lluvia. Superficie del suelo oscura todavía
24	1.05	2do día después de la lluvia. Superficie del suelo oscura todavía
25	1.05	3er día después de la lluvia. Superficie del suelo oscura todavía
26	0.7	4to día después de la lluvia.
27	0.5	5to día después de la lluvia
28	0.3	6to día después de la lluvia.
29	0.15	7mo día después de la lluvia
30	0.15	8vo día después de la lluvia
<b>Prom. Kc =</b>	<b>0.71</b>	Para este mes de 30 días

Tabla 2 – Valores Mensuales de ETo

Los valores mensuales de ETo (mm) deben ser ingresados. Vea la discusión anterior a cerca de los coeficientes de cultivo. Idealmente la ETo se debe calcular en una base horaria usando el método de Penman-Monteith, siguiendo el procedimiento descrito por Allen, et al (1998).

Tabla 3 – Agua Superficial Entrando a los Límites del Area Bajo Comando, (MCM).

Todos los valores de esta tabla deben estar en millones de metros cúbicos (MCM), y deben incluir solo el agua que pueda ser usada para riego. En otras palabras flujos de un río fluyendo através del area de comando que no tiene estructuras de desvío o bombas no serán incluidos. La tabla permite 3 categorías generales de flujo de ingreso superficial:

1. Agua de Riego ingresando desde afuera del area bajo comando. Los MCM deben ser el total de MCM en el(los) punto(s) de desvío original. Por eso, técnicamente hablando, no son los MCM entrando al area de comando. Esta categoría de “agua de riego” es el suministro de agua de riego “desviado oficialmente”.

2. Otros flujos de entrada desde una fuente externa #2. Esta fuente puede ser definida por el usuario del RAP, y puede ser una consolidación de varias fuentes físicas. – pero todas colocadas en una categoría. Sin embargo, esos flujos de entrada están accesibles para los usuarios dentro del area bajo comando como un suministro de riego – tanto por desvío o por de bombeo desde los ríos.
3. Otros flujos de entrada desde una fuente externa #3. Este item tiene la misma calificación que #2.

Estos son los conceptos clave de la Tabla # 3:

1. La Tabla 3 solo incluye volúmenes superficiales que entran desde fuera de los límites del area bajo comando.
2. Los volúmenes superficiales son incluídos solamente si son volúmenes de agua usados para riego. Para los propósitos del RAP, Fuentes Externas #2 y #3 son consideradas agua de riego si consisten en agua que los agricultores individuales o grupos de agricultores separan o bombean. Muchos proyectos tienen esta clase de suministro suplementario que no entra al area bajo comando a través de canales diseñados y mantenidos, pero estos suministros son una parte importante del suministro total de riego en el area bajo comando.

El valor importante aquí es el volumen de agua que entra al area bajo comando, y NO el volumen de agua que es bombeado desde los drenes...ya que puede incluir también recirculación o desbordes y escurrimiento desde los campos.

#### Tabla 4 – Fuentes de Agua Superficial Interna (MCM)

Los valores de la Tabla 4 no representan suministros originales de agua ya que las fuentes superficiales fueron ya enumeradas en la Tabla 3. Sino que es el volumen de agua que es recirculado o bombeado de fuentes superficiales dentro del proyecto. Este agua puede ser originariamente de canales de riego que desborda, percola profundamente o escurre superficialmente desde los campos. El origen del agua no es el tema de importancia en la Tabla 4, sino que la característica importante de la Tabla 4 es qué entidad separa o bombea este agua no proveniente de canales.

#### Tabla 5 – Hectáreas de Cada Cultivo en el Area Bajo Comando, por Mes

La Tabla 5 provee información de qué superficie es usada por cada cultivo durante cada mes.

Los valores de Kc para cada cultivo se encuentran en la fila inmediatamente superior a la fila en la cuál se debe ingresar la cantidad de hectáreas de cada cultivo. ***Si existe un valor de Kc mayor que 0.0 para un mes de ese cultivo, se debe ingresar el número de hectáreas asociado a ese cultivo, para ese mes.***

#### Tabla 6 – Datos de Agua Subsuperficial, (MCM)

Estas preguntas solo deben ser contestadas si los agricultores o las autoridades del proyecto utilizan agua subsuperficial.

Se entiende que muchos de estos valores (rendimiento específico, recarga desde los ríos, etc.) serán aproximaciones, en el mejor de los casos. Sin embargo, estas estimaciones son necesarias para interpretar correctamente las condiciones hídricas de una cuenca que depende en parte de agua subsuperficial.

La cuantificación del agua subsuperficial en proyectos de riego frecuentemente ignora fuentes externas de agua subsuperficial, y el hecho de que mucha del agua subsuperficial puede ser simplemente agua superficial recirculada. Este RAP elimina la doble cuantificación del agua recirculada, que es lo que pasa si el agua subsuperficial es tratada como un suministro independiente.

La Tabla 6 reconoce que un acuífero puede extenderse más allá de la zona bajo comando. Por eso, todo número de recargas deben pertenecer a un acuífero completo.

#### Tabla 7 – Precipitación, Precipitación Efectiva, y Percolación Profunda de la Precipitación.

La precipitación mensual bruta (mm) se requiere al principio de la tabla. Esos valores son generalmente fáciles de obtener.

Los otros valores tienen probablemente algo de misterio para la mayoría de los usuarios, a pesar de que los conceptos de precipitación efectiva y percolación profunda son conceptos comunes. El usuario tendrá problemas en identificar los valores. Desafortunadamente, suposiciones simples sobre la percolación profunda y el porcentaje de precipitación efectiva no funcionan para planillas de cálculo como ésta que está diseñada para ser aplicada en un amplio rango geográfico, con grandes diferencias en clima y cultivos.

La precipitación efectiva se define como la precipitación que se destina a ET (evaporación o transpiración) tanto en este mes o en el futuro.

La precipitación efectiva y la percolación profunda pueden ser ingresadas en esta tabla para muchos o todos los meses, sin importar si el cultivo está implantado en el campo en ese mes. La percolación profunda de la lluvia se usa solo con un propósito de cálculo: para calcular la reducción en la cantidad de agua para lixiviación que es necesaria para lavar sales de la zona de raíces.

En general, los valores de “precipitación efectiva” y “percolación profunda” no están disponibles como valores mensuales, y casi nunca se encuentran disponibles para cultivos individuales. No obstante, es importante hacer una estimación de estos valores.

Como una ayuda para el usuario de la planilla de cálculo, la  $ET_{\text{campo}}$  (mm) calculada es traída de tablas previas (esas tablas se encuentran en el lado derecho de las páginas de esta hoja de trabajo, e incluyen cálculos usando  $ET_o$  y valores de  $K_c$ ). Una vez que el usuario de la planilla de cálculo ingresa un valor estimado del porcentaje de precipitación efectiva, aparece la lámina correspondiente de precipitación efectiva en la fila siguiente.

En general, si hay poca lluvia durante un mes y la  $ET_{\text{campo}}$  es alta, habrá muy poca percolación profunda de la lluvia. Al contrario, si cae una gran cantidad de lluvia y la  $ET_{\text{campo}}$  es pequeña, entonces se espera mas percolación profunda. La percolación profunda dependerá del tipo de suelo, así – suelos arenosos tienen más percolación profunda que suelos arcillosos. La percolación profunda no puede exceder la cantidad: (Precipitación – Precipitación Efectiva)

### Tabla 8 – Requerimientos Agronómicos Especiales (mm)

Solo unos pocos cultivos tendrán valores en esta tabla. El cultivo más notable es el arroz.

Como ejemplo para el cultivo de arroz, asuma lo siguiente:

#### EJEMPLO

Un campo de arroz debe ser inundado antes de la plantación.

Inundación - Marzo 1

Plantación - Marzo 15

El campo permanece cubierto con una pequeña lámina de agua todo el tiempo, o por lo menos el suelo está muy mojado todo el tiempo. Por eso el “coeficiente de campo,  $K_c$ ” equivale a 1.05

Asuma una  $ET_o$  mensual de 120 mm durante Marzo

Además, asuma que el coeficiente de campo,  $K_c$  fue calculado siguiendo el ejemplo del comienzo del documento. La diferencia entre este ejemplo y el anterior es que este ejemplo es muy simple – el suelo está siempre mojado, entonces el  $K_c$  es siempre igual a 1.05.

Si el coeficiente de cultivo de Marzo fue entrado como 1.05, entonces la  $ET$  para todo el mes de marzo será calculado por separado. Por eso la Tabla 9 ninguna cantidad de  $ET$  ocurrida entre Marzo 1 y Marzo 15 será incluida.

Si, el coeficiente del cultivo de Marzo fue ingresado como  $1.05/2 = 0.53$ , esto indicaría que el usuario de la planilla de cálculo solo quiere tener en cuenta la  $ET$  empezando en Marzo 15 como “ $ET$  cultivo”, y la  $ET$  entre Marzo 1 y Marzo 15 será incluida en la Tabla 9. Se recomienda que para la primera aproximación se use un  $K_c$  de 1.05 por mes).

Asumiendo que en la primera aproximación se usa ( $K_c = 1.05$  para Marzo), entonces el valor en la tabla 9 debe incluir solamente 2 cosas:

- La cantidad de agua de riego que percola en profundidad.
- La cantidad de agua de riego que escurre superficialmente del campo, o grupo de campos, hacia los drenes superficiales.

Si hubo lluvias durante Marzo, una parte del escurrimiento y de la percolación profunda tuvo que ser del agua de lluvia. La Tabla 9 solo incluye cantidades de agua de riego, así que cualquier lluvia debe ser restada del total filtrado y de lo que escurrió superficialmente.

#### Tabla 9 – Rendimiento de Cultivos y Valores

Tres tipos de input son necesarios:

1. Tipo de cambio local (\$US/moneda local)
2. Rendimientos promedio típicos de cada cultivo, en toneladas por hectárea.
3. El precio de venta que recibe el agricultor para cada cultivo, en (moneda local/tonelada).

#### **Hoja de Trabajo “2. Entrada – Año 2”, y “3. Entrada – Año 3”**

Estas son idénticas a las Hojas de Trabajo “1. Entrada – Año 1”. Siga las mismas instrucciones.

## **Hoja de Trabajo “4. Indicadores Externos”**

Los indicadores externos de suministro de agua proveen valores como eficiencia de riego, e indican si hay problemas con las capacidades de los caudales y los suministros de agua relacionados de un proyecto. Se deben incorporar los datos del agua subsuperficial si se bombea desde pozos dentro del área bajo comando.

La designación de la columna de la izquierda “BI” se refiere a los indicadores o datos que han sido identificados en estudios previos de Comparación con el Patrón de Referencia por el IPTRID (2001).

La segunda columna en la hoja de trabajo contiene “Números de Indicador para Documentar el RAP”. Estos números son usados en varias discusiones en la documentación, y en la hoja de trabajo 14. La documentación para cada indicador se encuentra en los párrafos de abajo.

### **Indicador 1 – Eficiencia de Conducción Señalada.**

Explicación: Esta es calculada a partir de valores (filtrado y desbordes) que fueron ingresados en una hoja de trabajo previa por el usuario del RAP. NO se calcula en esta planilla de cálculo. Representa las pérdidas de conducción que ocurren dentro de la red de distribución que es operada por las autoridades del proyecto.

### **Indicador 2 – Eficiencia de Riego del Campo Ponderada.**

Explicación: El usuario de RAP ingresa valores de eficiencia de riego del campo para arroz (en realidad, tasas de filtración y pérdidas superficiales) y para “otros cultivos”. El valor de “eficiencia de riego de campo ponderada” valora las hectáreas de arroz vs. otros cultivos y calcula un “promedio ponderado”

El Indicador 31 realiza el cálculo correcto de la eficiencia de riego del campo, que debe ser chequeado contra el Indicador 2 como un proceso de aprendizaje para el usuario del RAP.

### **Indicador 3 – Área Física o de Cultivo en el Área Bajo Comando.**

Esta es el área física (como se mide en un mapa) de tierra de cultivo que es abastecida por la infraestructura de entrega de agua de un proyecto. Es un valor que fue ingresado por el usuario del RAP.

### **Indicador 4 – Área de Cultivo Regada en el Área Bajo Comando.**

En las hojas de trabajo “input”, el usuario del RAP ingresó las hectáreas regadas de cada cultivo por mes. Esta es la suma de las hectáreas de todas esas entradas, por mes.

### **Indicador 5 – Intensidad de Cultivo en el Área Bajo Comando, Incluyendo Doble Cultivo.**

El valor puede ser mayor que 1.0 si algunos campos se cultivan dos veces.

$$\text{Intensidad de cultivo} = \frac{\text{Área de cultivo regada, incluyendo doble cultivo}}{\text{Área física en el comando}}$$

#### Indicador 6 – Agua de Riego Superficial que Entra desde Afuera del Área Bajo Comando (Bruta)

Los valores mensuales son la suma de 3 fuentes de agua superficial que fueron directamente ingresadas por el usuario del RAP en la Tabla 3 de la hoja de trabajo “Input – Year X”. El valor anual es la suma de todos los valores mensuales. Este incluye toda el agua de riego que fue entregada vertida en el proyecto como también el agua de riego superficial que arribó por otros medios distintos al de desvío desde el canal principal.

#### Indicador 7 – Precipitación Bruta en el Área Bajo Comando.

Este es el volumen total de precipitación en el área bajo comando. Abarca a los campos que son regados como a los que no reciben agua de riego.

#### Indicador 8 – Precipitación Efectiva en Campos Regados.

El porcentaje de efectividad fue ingresado por el usuario del RAP, para cada mes y cada cultivo, en la Tabla 8 de “Input – Year X”. Este indicador multiplica los mm de precipitación efectiva (calculado en la Tabla 8) por las hectáreas del cultivo, y suma esos valores de todos los cultivos para cada mes. De hecho, la lluvia es más efectiva que este valor, porque algo o toda la percolación profunda es contabilizada en contra del agua que de otro modo sería necesaria para el suministro de riego, para lavar (lixiviar) las sales acumuladas en la zona de raíces.

#### Indicador 9 – Descenso Neto del Acuífero Debido al Riego en el Área de Comando.

Este indicador probablemente tiene la más alta incertidumbre entre todos los valores de indicadores, porque en general hay datos muy pobres sobre recarga de los acuíferos. Sin embargo, para los proyectos que usan aguas subsuperficiales, es importante hacer una estimación de cuanta agua neta es extraída del acuífero.

#### Indicador 10 – Suministro Total de Agua Externo

Suministro total de agua externo (TEWS), a los fines de este RAP, incluye:

$$\begin{aligned} \text{TEWS} &= \text{Extracción neta del acuífero} \\ &+ \text{lluvia bruta} \\ &+ \text{fuentes externas de agua de riego superficial} \end{aligned}$$

#### Indicador 11 – Recirculación Interna de Agua Superficial/Bombeada por Agricultores

Cuando se considera la eficiencia de riego de un proyecto, la recirculación interna del agua superficial no se considera como una fuente de agua dentro del proyecto. Por eso, no se contabiliza como una fuente (no aparece en el denominador) de la ecuación de la eficiencia de riego para el área de comando.

Cuando se considera la eficiencia de riego de los campos, el total de agua del agua de riego que es entregada a los campos debe ser incluida en el denominador de la

ecuación de eficiencia de riego. Por eso, estos valores de recirculación interna del agua superficial /bombeo son incluidos como fuentes de agua a los campos.

Un valor alto de recirculación interna de agua superficial puede indicar que los canales y los campos tienen grandes pérdidas – lo que parece ser indeseable. Pero un valor alto de recirculación interna del agua superficial puede indicar también que sobre todo, el proyecto es bastante eficiente porque la mayoría de las pérdidas internas son recogidas y recirculadas. Es importante que el proyecto no gaste grandes cantidades de dinero para “conservar” agua que ya está siendo recirculada dentro del proyecto.

Indicador 12 – Agua Subsuperficial Bruta Bombeada por Agricultores Dentro del Área Bajo Comando.

Como con el Indicador 11, este es considerado una fuente de agua para el proyecto.

Indicador 13 – Agua Subsuperficial Bruta Bombeada por las Autoridades del Proyecto Dentro del Área Bajo Comando.

Este es tratado igual que los Indicadores 11 y 12.

Indicador 14 – Fuente de Agua Interna Total Estimada.

Esta es la suma de los indicadores 11, 12, y 13.

Indicador 15 – Eficiencia de Conducción de las Fuentes de Agua Interna

Es un valor calculado, que asume que las pérdidas de conducción de las fuentes de agua interna son solo un tercio de las pérdidas de conducción provistas por el usuario del RAP para los suministros de agua externos. La justificación se basa en que la recirculación interna típicamente se da muy cerca de la fuente. La recirculación que realizan los agricultores, por ejemplo, típicamente casi no tiene pérdidas de conducción al llevar el agua al campo, porque las bombas están ubicadas generalmente en los campos.

Si hay algún justificativo para aumentar o reducir este valor, el usuario de RAP puede ingresar un valor diferente en la celda y no tener en cuenta la cifra calculada por defecto.

Indicador 16 – Entrega de Agua de Riego Superficial Externa a los Usuarios.

Es el volumen total de agua de riego superficial externa que fue entregada por las autoridades del proyecto a los usuarios. El punto de transferencia de las autoridades del proyecto fue definido por el supuesto previo de la eficiencia de conducción. Por ejemplo, si los “usuarios” son campos individuales, entonces los números de eficiencia de conducción que fueron provistos por el usuario de RAP deben incluir todas las pérdidas de conducción hasta los campos individuales.



Si los “usuarios” están definidos como grupos de usuarios, entonces los números de eficiencia de conducción que fueron provistos solo tendrán en cuenta las pérdidas de conducción hasta el punto en el que el grupo recibe el agua.

En todos los casos, la “eficiencia de riego del campo” contabiliza todas las pérdidas aguas abajo del punto en el que el usuario recibe el agua de riego de las autoridades del proyecto.

$$\text{Indicador 16} = (\text{Indicador 6}) \times (\text{Indicador 1})/100$$

#### Indicador 17 – Entrega de Agua de Fuente Interna a Usuarios

$$\text{Indicador 17} = (\text{Indicador 14}) \times (\text{Indicador 15})/100$$

#### Indicador 18 – Agua de Riego Total Entregada a los Usuarios.

$$\text{Indicador 18} = (\text{Indicador 16}) + (\text{Indicador 17})$$

Este valor es usado posteriormente para calcular la eficiencia de riego del campo.

#### Indicador 19 – ET de los Cultivos Regados en el Area Bajo Comando

Es un volumen calculado. Es la ET de los cultivos regados, e incluye ET de ambos: agua de lluvia y agua de riego. Como fue discutido antes en la documentación, toda la ET del agua de lluvia no se debe incluir si el usuario del RAP elige asignar un coeficiente de 0.0 durante algunos meses cuando la superficie del suelo está húmeda y las malezas están creciendo. El cálculo se hace mes por mes para cada cultivo. Para un solo mes, para un solo cultivo

$$\text{MCM de ET} = Kc \times ET_o(\text{mm}) \times \text{Hectáreas}/100,000$$

#### Indicador 20 – ET de Agua de Riego.

Es el número principal en el denominador de la “eficiencia de riego”. El cálculo de la eficiencia de riego solo incluye la ET del agua de riego como agua de riego benéficamente usada. La ET del agua de lluvia no forma parte del uso de agua de riego.

$$\text{Indicador 20} = \text{Indicador 19} - \text{Indicador 8}$$

#### Indicador 21 – Agua de Riego Necesaria (Neta) para el Control de la Salinidad

En proyectos con agua de riego salada, este es un valor muy importante. Este valor se calcula como un requerimiento neto de los campos, necesario para lavar la sal acumulada de la zona de raíces. Problemas igualmente importantes (pero no discutido aquí) son si las sales son removidas del proyecto en si mismo, y a donde va.

El requerimiento de lixiviación (LR) para cada cultivo se calcula como:

$$LR = \frac{EC_{iw}}{(5 \times EC_e) - EC_{iw}}$$

donde

$EC_{iw}$  = Conductividad Eléctrica del agua de riego,  
dS/m

$EC_e$  = Umbral del extracto de la pasta de saturación  
del cultivo, dS/m

Por ejemplo, si

$EC_{iw} = 1.0$  dS/m

Cultivo = Maíz

De la Tabla A,  $EC_e = 1.8$  dS/m

$$LR = \frac{1}{(5 \times 1.8) - 1} = .125$$

La cantidad de agua extra requerida para cada cultivo, para remover la salinidad que viene con el agua de riego, se calcula como sigue:

$$\text{Agua extra para controlar la salinidad} = (\text{ET del agua de riego}) \times \frac{LR}{1 - LR}$$

Por ejemplo, para un cultivo específico,

ET del agua de riego = 100,000 MCM

LR = .125

El volumen de agua necesario para controlar la salinidad = 14,286 MCM

Sin embargo, la percolación profunda del agua de lluvia realiza la misma tarea (lava las sales acumuladas hacia afuera de la zona de raíces). Por eso, el RAP aproxima el requerimiento de agua de riego como:

$$\text{Volumen de agua de riego necesario para el control de la salinidad} = \text{Volumen de agua necesario para el control de la salinidad} - \text{percolación profunda del agua de lluvia}$$

#### Indicador 22 – Agua de Riego Necesaria para Prácticas Especiales.

Es un valor provisto por el usuario del RAP en la Tabla 9, convertido a MCM.

#### Indicador 23 – Requerimiento NETO de Agua de Riego

Es un valor que es usado en el numerador de la ecuación de eficiencia de riego. A veces se lo llama “uso benéfico del agua de riego”. Técnicamente, puede que no

se satisfagan todos los requerimientos (debido a la escasez de riego), pero para el RAP se asume esta simplificación para usar este valor.

$$\text{Indicador 23} = (\text{Indicador 20}) + (\text{Indicador 21}) + (\text{Indicador 22})$$

Indicador 24 – Capacidad de Caudal del Canal(es) Principal(es) en el Punto de Desvío  
Es un valor ingresado por el usuario del RAP.

Indicador 25 – Caudal Máximo Real del Canal(es) Principal(es)  
Es un valor ingresado por el usuario del RAP.

Indicador 26 – Máximos Requerimientos NETOS de Riego por Campo.  
Es el valor mensual máximo del Indicador 23, convertido de MCM/mes a metros cúbicos /segundo.

$$\begin{aligned} \text{Indicador 26} &= \frac{\text{Máximo Requerimiento NETO de Riego} \times 10^6}{\frac{30 \text{ días}}{\text{mes}} \times \frac{24 \text{ horas}}{\text{día}} \times \frac{3600 \text{ seg}}{\text{hora}}} \\ &= .386 \times (\text{Máximo Requerimiento NETO de Riego, MCM}) \end{aligned}$$

Indicador 27 – Máximo Requerimiento BRUTO de Riego

$$\text{Indicador 27} = \frac{\text{Indicador 26} \times 10,000}{(\text{Indicador 1}) \times (\text{Indicador 2})}$$

INDICADORES EXTERNOS. Los siguientes indicadores se usan comunmente para comparar un proyecto vs. otro.

Indicador 28 – Máximos litros/seg/ha de Flujos de Entrada en Riego Superficial a el(los) Canal(es) este Año.

Es un indicador común de la disponibilidad de agua de riego del area bajo comando en el momento crítico del año.

$$\text{Máximos LPS} = \frac{\text{Indicador 27}}{\text{Area bajo comando}} \times 1000$$

Indicador 29 – Suministro de Agua Relativo (RWS)

Este es un indicador clave para un proyecto. El RWS es un valor anual, y el suministro total de agua (agua de riego y agua no-proveniente del riego) que entra al area bajo comando contra el requerimiento NETO de agua de riego.

Indicador 30 – Eficiencia de Riego Anual del Area Bajo Comando

Este indicador combina muchos de los indicadores anteriores en un solo valor indicador.

IE area bajo comando =

$$\frac{\text{ET del cultivo} - \text{Precipitación Efectiva} + \text{Agua de Riego necesaria para Lixiviación}}{\text{Agua de riego superficial al proyecto} + \text{Bombeo Neto de agua subsuperficial}} \times 100$$

Esta expresión de eficiencia de riego no conforma los requerimientos precisos definidos en el documento ASCE (Burt et al., 1997), pero es suficientemente cercano para hacer una estimación razonable de la eficiencia de riego del area bajo comando.

Una eficiencia de riego del area bajo comando del 100% es imposible. En general, eficiencias mayores al 60% requieren recirculación interna de las pérdidas – tanto recirculación de agua superficial o de bombeo subsuperficial, o de ambos.

Concretamente, se puede mejorar la eficiencia de riego del area bajo comando de dos maneras:

1. Reduciendo las primeras pérdidas. Estas pérdidas ocurren en dos areas:
  - a. Pérdidas de conducción. Estas incluyen
    - filtración desde canales y tuberías
    - desbordes de los canales
    - consumo del agua por freatófitas
  - b. Pérdidas del Campo. Estas incluyen
    - pérdidas de conducción de los canales en el campo
    - escurrimiento superficial desde los campos
    - percolación profunda en los campos, causada por
      - \* agua quieta en campos de arroz
      - \* desuniformidad en la aplicación del agua de riego
      - \* excesiva duración de la aplicación del agua de riego

Hay un mérito muy importante en la reducción de las primeras pérdidas, porque estas pueden afectar directamente la capacidad del canal requerida, la pérdida de fertilizantes, la pérdida de pesticidas, acceso local al agua, etc. En la mayoría de los proyectos, el filtrado desde los canales es el objetivo, aunque a veces otros componentes o pérdidas primarias son mas importantes y causan un daño mayor al ambiente.

2. Recirculación de Primeras Pérdidas. Las opciones de recirculación incluyen:
  - a. Recirculación superficial. Drenes Superficial, arroyos, y ríos toman las pérdidas primarias que se originaron como
    - filtración o percolación profunda que retorna a esos arroyos de la napa freática alta.
    - escurrimiento superficial desde los campos
    - desbordes desde los canales.

- b. Bombeo de agua subsuperficial. Esta operación recircula las primeras pérdidas que se originan como
  - filtración
  - percolación profunda de los campos.

En algunos casos, la recirculación es la opción más barata y rápida para mejorar las eficiencias de un proyecto de riego.

Un error muy común en la modernización es la eliminación de las primeras pérdidas con la creencia que esto va a mejorar las eficiencias de riego. ....sin embargo, estas primeras pérdidas pudieron haber sido ya recirculadas dentro del proyecto. Si este es el caso, no habrá una verdadera conservación del agua.

Sin embargo, otros beneficios pueden ser obtenidos de la eliminación de las pérdidas primarias como ser:

- operación fácil del sistema de distribución mediante revestimiento de canales
- mejor rendimiento de los cultivos a través de un mejor manejo del agua primaria.
- menor contaminación del agua debida a fertilizantes y pesticidas.

### Indicador 31 – Eficiencia de Riego del Campo (Calculada)

Al comienzo de las hojas Input del RAP, se solicita al usuario del RAP que provea una estimación de la eficiencia de riego del campo para el arroz y otros cultivos. Estas estimaciones deben tener en cuenta todas las pérdidas de conducción, percolación profunda, y escurrimiento superficial aguas abajo del punto de entrega de agua por parte de las autoridades del proyecto. Estos valores ingresados por el usuario son ponderados por los volúmenes de agua de riego usados para arroz y otros cultivos, y un valor de eficiencia de riego “ponderada”, basada solamente en esta estimación, es calculada y mostrada como Indicador 2.

El Indicador 31 provee una buena estimación de la eficiencia de riego real. Es un indicador importante del uso del agua primaria por parte de los agricultores.

### Cómo usar los Indicadores 30 y 31:

1. Si la Eficiencia de Riego del Campo es baja, no necesariamente se debe concluir que los agricultores necesitan mejor educación de cómo regar adecuadamente. En muchos proyectos, ese entrenamiento es inútil porque las autoridades del proyecto dictan el programa y las cantidades de agua distribuída y los agricultores casi no tienen opciones en este aspecto.

Las bajas eficiencias de riego de los campos son una indicación de un sistema de distribución poco fiable, desigual, y/o inflexible. Generalmente, el sistema de entrega de agua debe ser mejorado antes de que puedan tener lugar mejoras significativas en la eficiencia de los campos.

Esto quiere decir que hay una práctica que puede implementarse inmediatamente sin cambiar el sistema de entrega del agua. Esta práctica es la nivelación de los terrenos. La mayoría de los proyectos de riego del mundo usan riego superficial, y una buena nivelación es importante para una buena uniformidad de distribución del agua dentro del campo.

2. Si  
IE proyecto > IE campo,  
Entonces, hay una recirculación considerable dentro del proyecto.
3. La Eficiencia de Riego del Proyecto es el indicador clave que muestra si hay una oportunidad de conservar agua. La Eficiencia de Riego del Campo no da indicios de lo mismo, por sí solo, porque muchas de las pérdidas del campo son recirculadas.
4. La “Consevación de Agua ” en una cuenca hidrológica (opuestamente a la de un proyecto de riego específico) puede solamente ser alcanzada si uno de los siguientes eventos ocurre:
  - El agua que fluye a cuencas saladas (océano, agua salada subsuperficial localizada) es eliminada.
  - La excesiva ET es reducida (malezas y freatófitas y ET de los drenes es reducida)
5. Un buen manejo del agua, aún si no conserva el agua en la cuenca, tiene apreciables beneficios, incluyendo:
  - Mejor calidad de agua aguas abajo.
  - Mejor COORDINACION en el uso del agua
  - Reducción de los caudal requeridos en el proyecto.
  - Reducción del bombeo (algunas veces)
  - Mejores rendimientos de los cultivos por mejor coordinación de las aplicaciones y menor lixiviación de fertilizantes.
  - Mejor calidad y cantidad de flujos en los río y cursos de agua inmediatamente aguas abajo de los puntos de desviación del riego.

#### Indicador 32 – RGCC – Capacidad Bruta Relativa del Canal -

$$RGCC = \frac{\text{Máximo Requerimiento Mensual Neto}}{\text{Capacidad del Canal Principal}}$$

Este indicador trata con el mes crítico en contraposición a los valores de eficiencia de riego que consideran al año completo.

A menudo, hay una baja Eficiencia de Riego anual – lo que indica que existe la oportunidad de conservar agua almacenándola en embalses. Pero puede haber seria escasez durante un mes en particular, que es la información provista por el Indicador 32.

En algunos casos, simplemente instalando mejores controles de nivel de agua en el canal se puede aumentar la capacidad del canal.

Los objetivos frecuentes de los programas de manejo del agua / modernización son:

1. Mejorar las eficiencias de riego durante los meses críticos de manera tal que la cantidad bruta necesaria se acerque a la cantidad neta necesaria.
2. Suministrar la cantidad bruta necesaria (pero con buenas eficiencias) durante los meses críticos. Esto asegura una buena producción de los cultivos.
3. Mejorar la eficiencia de riego anual del proyecto de manera tal que las extracciones de los reservorios de almacenaje puedan ser reducidas en una base anual.

#### Indicador 33 – RACF – Caudal Relativo Real del Canal -

$$\text{RACF} = \frac{\text{Máximo Requerimiento de Riego Mensual Neto}}{\text{Máximo Caudal en el Canal Principal}}$$

Es similar al Indicador 32, pero usa el caudal real del canal en vez de la capacidad del canal. Note que el caudal es un “valor bruto” y el numerador es un “valor neto”.

#### Indicador 34 – Tonelaje Anual Bruto de Producción por Tipo de Cultivo.

Es en realidad toda una tabla de información que se puede encontrar en la Tabla 10 en cada hoja de trabajo INPUT.

#### Indicador 35 – Valor Anual Total de Producción Agrícola.

Es la suma de los valores de producción anuales de cada cultivo, de cada campo en el area regada.

## **Sección de Indicadores Internos**

Las hojas de trabajo 5-12 requieren una buena visita de campo por parte de evaluadores calificados. Ellos se enfocan en cómo funciona el proyecto – cuáles son las instrucciones, cómo se mueve el agua físicamente a través del sistema de canales/tuberías, cuáles son las percepciones y realidades, y también abarcan otros items como personal empleado, presupuestos y comunicación. Una mirada rápida (Valoración Rápida) de estos items identificará inmediatamente los puntos débiles y fuertes de un proyecto. Los items sobre los que se puede actuar se hacen virtualmente siempre aparentes después de que un RAP sistemático se ha conducido.

De un primer vistazo, un gran número de hojas de trabajo 5-12 parece desalentador. Sin embargo, un examen minucioso de las páginas mostrará que sólo un 25% de las líneas requiere una respuesta (las otras líneas son explicaciones o están en blanco), y los cálculos son solo necesarios para unos pocos items, como ser las preguntas sobre presupuesto. Además, las preguntas sobre el Canal Principal son idénticas a aquellas sobre el Segundo Nivel de Canales y el Tercer Nivel de Canales. Una vez que el evaluador entiende las preguntas sobre el Canal Principal, el resto de las páginas son fácilmente contestadas después de la visita de campo.

### **Hoja de Trabajo 5. Preguntas de Oficina Proyecto**

La mayoría de las preguntas en esta hoja de trabajo deben ser completadas por los empleados del Proyecto de Riego previamente a la visita. Ellos también deben reportar muchos valores simples como salarios, número de empleados, y políticas establecidas en el proyecto.

Sin embargo, el evaluador debe contestar algunas de las preguntas durante la visita.

Esta hoja de trabajo incluye preguntas que tratan la posibilidad del caos existente en un proyecto. El “caos” existe cuando la realidad de un proyecto no encaja con lo que las autoridades del proyecto creen que pasa. Por eso, el evaluador debe preguntar a las autoridades, ¿qué niveles de servicio de suministro de agua suministra el canal?, ¿qué hacen los distintos operadores?, y ¿cómo llega el agua a los agricultores individuales? Estas condiciones “establecidas” son comparadas después con la realidad observada en el campo.

En general, es más fácil modernizar proyectos de riego que tienen un mínimo de caos. Si las autoridades no están al tanto de las condiciones reales en el campo, o si se niegan a reconocer ciertos problemas, entonces es muy difícil hacer cambios.

Esta hoja de trabajo también introduce el concepto de asignar un valor de 0-4 a las características del proyecto, siendo 0 el peor valor y 4 el mejor. En la mayoría de los casos, el evaluador lee una serie de descripciones y asigna un valor a cada uno de los



“indicadores internos” que después son resumidos en la Hoja de trabajo “12 Internal Indicators”.

Algunos valores de indicador (como “Adecuación de O&M) son calculados automáticamente basados en las respuestas anteriores. La escala de valoración para esos valores se puede encontrar si se selecciona el valor calculado y se lee la fórmula en la celda.

Esta hoja tiene al final ciertas preguntas a cerca de información sobre Drenaje y Salinidad, que son usadas en varios indicadores de IPTRID Comparación con el Patrón de Referencia.

Si hay un “paraguas” de Asociación de Usuarios de Agua (WUA), elegido por pequeñas Asociaciones de Usuarios de Agua, entonces el “paraguas” WUA es considerado parte de la “oficina de proyecto”.

### **Hoja de Trabajo 6. Empleados del Proyecto**

La mayoría de estas preguntas requiere un juicio cualitativo de las condiciones en el proyecto, del evaluador dando una valoración de 0-4 para cada pregunta. Los tópicos incluyen:

- Adecuado entrenamiento de los empleados
- Disponibilidad de reglas de performance escritas
- Poder de los empleados para tomar decisiones independientes
- Habilidad del proyecto para despedir empleados con causa.
- Comenzar a los empleados por desempeñar un buen trabajo

### **Hoja de Trabajo 7. WUA**

En las hojas de trabajo, la abreviatura WUA significa “Water User Association” (Asociación de Usuarios de Agua). Algunos proyectos de riego tienen una gran WUA que opera todo el sistema de canales del proyecto, pero la distribución final del agua es realizada por muchas pequeñas WUAs. En este caso las preguntas a cerca de la WUA corresponden solo a la WUA más pequeña.

Muchas de las preguntas son idénticas a las usadas en la hoja de trabajo 5. Project Office Questions.

Las respuestas deben reflejar condiciones promedio a través de todo el proyecto de riego, en lugar de solo una WUA. Por eso, varias WUAs deben ser visitadas para contestar correctamente las preguntas.

## **Hoja de Trabajo 8. Canal Principal**

Esta hoja de trabajo comienza con 6 preguntas a cerca de las condiciones generales a través del proyecto. Las respuestas tendrán un intervalo de confianza grande (definido antes en la sección que se ocupa de los indicadores internos), pero como hay grandes diferencias entre varios proyectos, las respuestas son significativas.

El resto de las preguntas son idénticas a aquellas para el Segundo Nivel y el Tercer Nivel de Canales. La mayoría de las preguntas son suficientemente claras por sí mismas pero algunos puntos merecen una explicación especial.

1. Tiempo de viaje de la onda. Es el lapso de tiempo que existe cuando se hace un cambio en el caudal en un punto en un canal, y se tiene el caudal estabilizado en otro punto aguas abajo.
2. Funcionalidad de varias estructuras e instrucciones. Un evaluador debe siempre considerar las operaciones desde el punto de vista del operador, y preguntarse “si yo fuera a caminar por esta estructura, ¿cómo sabría yo qué hacer? y ¿Sería fácil de hacer?”. Por ejemplo, si el objetivo es mantener un nivel de agua constante con una estructura, ¿qué significa “constante”, ¿entre 1 centímetro o entre 5 centímetros? Y, ¿cuántas veces por día se debe mover la estructura? ¿Con qué movimiento será posible alcanzar el resultado deseado? ¿Es la estructura peligrosa o difícil de operar?

Si se pide a un operador que suministre un caudal en un canal, y no hay ningún aparato para medir el caudal (el dispositivo es impreciso, o no ha sido mantenido correctamente, o colocado en el lugar inapropiado, o requiere mucho tiempo para estabilizarse), entonces será casi imposible alcanzar el resultado deseado.

Por eso, el evaluador no debe solo escuchar explicaciones. El evaluador debe ponerse él mismo en los zapatos del operador. No es suficiente saber que el operador mueve algo y después mira algo; el evaluador debe entender si esos “algo” dan realmente la respuesta correcta, etc.

El formato de la hoja de trabajo 8, Main Canal, es este:

1. Las observaciones generales son anotadas.
2. Se valoran varios aspectos de la operación, mantenimiento y proceso. Algunos de estos valores dependen de las observaciones generales que son anotadas en la misma hoja de trabajo.

Puede parecer que algunas de las observaciones generales no son necesarias porque son tratadas después en forma de valores. Sin embargo, han sido incluidas para forzar al evaluador a hacer un examen mas sistemático de varias características – que se resumen después como valores.

Las preguntas a cerca del SERVICIO real son clave. Los evaluadores del RAP deben reconocer que el **RAP ha sido diseñado bajo la suposición de que todos los empleados de un proyecto de riego solo tiene su empleo por una razón – para dar servicio a los clientes.**

Cuando se analiza un proyecto por “niveles” (oficina, canal principal, segundo nivel de canal, distribución, campo), un proyecto gigante puede ser entendido en términos simples. Los operadores del canal principal solo tienen un objetivo – todo lo que ellos hacen debe hacerse para proveer un buen servicio de suministro de agua a sus clientes, el segundo nivel de canal (y quizá alguna toma directa de agua del canal principal). Este “concepto de servicio” debe ser entendido y aceptado por todos, desde el jefe de ingenieros hasta el operario más bajo. Una vez que es aceptado, entonces el sistema de manejo resulta muy simple. El personal en cada nivel es solo responsable por ese nivel de performance.

Los operadores del canal principal no necesitan comprender los detalles de los requerimientos de caudal de ese día en cada campo individual. Por supuesto, a los fines de suscribir al concepto de servicio, los operadores generalmente necesitan saber que el cliente final es el agricultor. Pero los detalles de los caudales día a día no necesitan ser conocidos en todos los niveles.

Más bien, los operadores del canal principal tienen una tarea que cumplir - entregar caudales en tomas de agua específicas con un alto grado de servicio. El servicio se describe en el RAP con 3 índices:

- a. Flexibilidad, compuesta por
  - Frecuencia
  - Caudal
  - Duración
- b. Confiabilidad
- c. Equidad o Igualdad

Para cada técnica de riego, la confiabilidad y la equidad son cruciales. Sin una buena fiabilidad y equidad, generalmente hay problemas sociales como vandalismo y no pago de las tasas del agua. La fiabilidad y la equidad son entonces las piedras angulares de los proyectos que tienen un buen orden social.

En función de tener prácticas de riego de campo eficientes, se requiere un mínimo nivel de flexibilidad. Aún con los métodos más simples de riego como en el arroz, los caudales son completamente diferentes al principio de la estación de cultivo (para la preparación de la tierra), comparados a cuando el cultivo de arroz está establecido. Y no todos plantan al mismo tiempo, significando que el proyecto de riego debe tener cierta flexibilidad incorporada.

Para obtener una alta eficiencia en el proyecto, el sistema del canal debe tener suficiente flexibilidad incorporada para ser capaz de cambiar frecuentemente caudales en respuesta a continuos cambios en la demanda y el clima. No cabe duda de que la mayoría de los proyectos de riego no son muy flexibles. Tampoco cabe duda de que la mayoría de los proyectos de riego tienen bajas eficiencias de proyecto.

Finalmente, el evaluador debe considerar que **un propósito mayor del RAP es identificar qué se puede hacer para mejorar la performance del proyecto.** Los métodos modernos de riego, como aspersores y goteo, requieren un grado de flexibilidad y fiabilidad mucho mayor que los métodos tradicionales de riego superficial. El evaluador debe estar siempre preguntándose durante el RAP:

“Yo no quiero recomendar solamente cómo rehabilitar el proyecto – quiero recomendar los pasos a seguir para mover el proyecto más cerca de una mejor eficiencia y mejor manejo del agua como será necesario seguramente en el futuro. ¿Serán estas estructuras, estas instrucciones de operación y este personal capaces de alcanzar los nuevos requerimientos? Y si no es así, ¿qué ajustes se deben hacer?”

Poe eso, el examen del canal principal debe ser meticuloso. El evaluador debe comenzar por la fuente, e ir por todo lo largo hasta el final del canal. Esto no significa que se debe analizar cada estructura. Pero el evaluador debe examinar las estructuras clave a lo largo de toda la extensión del canal.

Los desafíos comunes que deben ser superados por los evaluadores incluyen:

1. Las autoridades del proyecto quieren dedicar una desproporcionada cantidad de tiempo en el embalse, discutiendo sobre el mantenimiento, la cuenca y políticas. En realidad, los únicos items de interés en el embalse son (a) el almacenamiento, y (b) cómo se calculan las descargas, cómo se miden, y cómo se hacen en realidad y.
2. A los evaluadores se les dirá, “el canal es todo igual”. La conclusión explícita o implícita es que el evaluador solo debe examinar porciones del canal cerca de la oficina. Si bien puede ser posible que en realidad sea idéntico a todo lo largo, en general hay diferencias significativas en el mantenimiento, pendiente, estructuras, etc. a lo largo del canal. Solo recorriendo todo el canal, el evaluador aprenderá sobre las diferencias.
3. La operación del canal será explicada por las autoridades del proyecto que acompañarán al evaluador en la visita. Este es definitivamente un desafío difícil. La visita a la oficina (hoja de trabajo 5) está diseñada para obtener la perspectiva de los empleados de la oficina y los jefes. Un propósito de la visita es hablar con los actuales operadores de las estructuras y revisar sus anotaciones – sin la interrupción de sus jefes para dar la respuesta “oficial”. En muchos casos, es necesario separar a los jefes de los operadores, así los operadores no son cautelosos con las respuestas que dan. Por eso, las “reglas del juego” deben ser entendidas antes de realizar la visita.

Otro desafío aparece en la selección de qué canal visitar. A veces un proyecto tendrá 2 o más canales principales y docenas de canales de “segundo nivel”. La buena noticia es que, en general, la instrucción de los operadores, los materiales y los niveles de mantenimiento serán similares en todos los canales en un nivel específico. Visitar más canales es útil, pero no es necesario visitar todos los canales de un proyecto.

No cabe duda de que en diferentes canales principales, cada uno tiene unos pocos desafíos ingenieriles / hidráulicos específicos. Un canal puede tener un cuello de botella (restricción) en un cruce del río, y otro canal puede tener un problema particular de control – aunque todo lo demás parezca ser lo mismo. Si el evaluador del RAP puede dar buenas recomendaciones para esos problemas hidráulicos específicos (que están cubiertos específicamente en los formularios del RAP), la credibilidad del evaluador será resaltada y las recomendaciones del RAP tendrán una mejor chance de ser aceptadas. Por eso el evaluador debe tomar fotografías y notas durante la visita.

Un consejo básico para los evaluadores cuando recorren los canales principales, de segundo, tercer, etc. niveles es el siguiente:

Entender todo. Entender cómo PIENSAN los operadores que deben funcionar las cosas. Preguntar todo. Si no entiende las explicaciones, continúe preguntando por explicaciones hasta que entienda la perspectiva de los operadores. Pero vaya más allá. Cada estructura tiene una función. Pero no se contente con visualizar cómo esa función puede ser realizada más fácilmente o mejor; pregunte por qué real razón se ha asignado esa función a esa estructura. Quizá en un plan de modernización, una estructura que es actualmente operada bajo control de caudal debiera ser operada por control de nivel aguas arriba. En otras palabras, pregunte la naturaleza de las estrategias de operación – no solamente las estructuras individuales. El RAP no es un examen de estructuras individuales – es un examen que comprende un proceso completo en el cuál las estructuras tienen funciones. Se deben entender las piezas (operadores, reglas, estructuras) para entender el proceso, pero el RAP también pregunta a cerca de supuestos detrás de procesos específicos. **El RAP requiere evaluadores que puedan ver más allá de las piezas individuales, requiere evaluadores que entiendan cómo las piezas pueden ser manipuladas y reubicadas como parte de un proceso completo que provea un buen servicio y alta eficiencia.**

### **Hoja de Trabajo 9. Canales del Segundo Nivel**

Vease la discusión de la Hoja de Trabajo 8. Los canales de segundo nivel son aquellos que reciben agua de los canales principales. En general, los canales de segundo nivel son operados de manera distinta a los canales principales.

### **Hoja de Trabajo 10. Canales del Tercer Nivel**

Vease la discusión de la Hoja de Trabajo 8. En muchos proyectos de tamaño medio, no existe el “Tercer Nivel“, entonces esta hoja de trabajo no será llenada en esos casos.

## **Hoja de Trabajo 11. Entregas Finales**

Hay dos posibles puntos que son considerados en este taller. El primer punto son las Unidades de Propiedad Individual – la unidad más pequeña que es propiedad de un solo individuo (si la propiedad privada es permitida) o que es manejada por un agricultor. La Unidad de Propiedad Individual, puede ser más grande que un simple campo si un agricultor recibe agua y luego la distribuye en varios campos desde una única toma de agua. (muy común en los EE.UU.) La característica clave de las Unidades de Propiedad Individual es que en este punto no se necesita cooperación entre los agricultores individuales.

El segundo punto es el Punto de Cambio de Administración. En proyectos con una alta densidad de tomas de agua, el Punto de Cambio de Administración puede ser el mismo que el punto de Unidades de Propiedad individual. En otras palabras, el empleado de la autoridad del proyecto de riego (o de la asociación de usuarios de agua) entrega toda el agua a nivel de campo. El Punto del Cambio de la Administración es el punto donde “sacan las manos” los empleados pagados y los voluntarios o granjeros.

En algunos proyectos, las autoridades del riego hacen énfasis en el número de agricultores dentro de un proyecto. Uno debe ir más allá de esas estadísticas cuando se examina la operación actual, porque las autoridades del proyecto pueden dejar el control del agua a grupos de 200 agricultores, - y esperan que provean de alguna manera una distribución equitativa y fiable del agua entre ellos. Por eso, hay 2 indicadores importantes para esta discusión:

- El número de campos (Unidades de Propiedad Individual) aguas abajo del Punto de Cambio de Administración. A mayor número, más baja fiabilidad, equidad y flexibilidad del servicio de suministro de agua. Más aún, cualquier número mayor que 1 o 2 indica que el riego por goteo o aspersión son casi imposibles de implementar.
- El número de tomas de agua que opera un empleado. Este tiene mucho más sentido que el “número de agricultores por empleado”, porque los empleados pueden no proveer nunca de agua directamente a los agricultores individuales.

## **Hoja de Trabajo 12. Indicadores Internos**

Esta hoja de trabajo contiene 3 tipos de valores:

1. Resúmenes de varios Subindicadores internos que fueron valorados en los talleres anteriores, y luego fue calculado un valor ponderado para cada Indicador Primario. Las columnas sombreadas en el lado derecho proveen información acerca de los valores, los factores de ponderación, y la posición de la hoja de trabajo para el criterio detallado de valoración de los Subindicadores. A todos estos valores se les da una valoración de 0-4, siendo 4 el mayor y más deseable.

2. Subindicadores e Indicadores Primarios, estos valores son ingresados directamente a esta hoja de trabajo (al contrario de ser transferidos desde hojas de trabajo previas) Estos son los Indicadores I-32, I-33, y I-34. Todos estos indicadores son valorados de 0-4.
3. Unos pocos Indicadores (I-35+) no son valorados en una escala de 0-4. Estas son relaciones entre valores o valores individuales que tienen un significado especial.

### **Hoja de Trabajo 13. Indicadores de IPTRID**

Esta hoja de trabajo se explica por sí misma. Está diseñada para proveer la información necesaria sobre el esfuerzo de Comparación global con el Patrón de Referencia IPTRID Este esfuerzo se enfoca en indicadores externos – relación entre los ingresos y las salidas.

Esta hoja de trabajo provee Items de Datos” que han sido citados en el IPTRID de Diciembre del 2000, en las “Líneas directrices para la Comparación con el Patrón de Referencia en el Sector de Riego y Drenaje”. El segundo set de valores contiene Indicadores calculados, usando los “Items de Datos”.

A continuación se aportan unas definiciones pertinentes.

1. Desvío de Agua de Riego Superficial Anual por Unidad de Area de Comando

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Volumen Total Anual de Flujo de Agua de Riego}}{\text{Area Total de Comando Servida por el Sistema}} \\ &= \frac{1,000,000 \times \left( \text{DI 2} + \frac{\text{RAP 9} \times 10,000}{\text{RAP 31} \times \text{RAP 15}} \right)}{\text{DI 3}} \end{aligned}$$

Donde el “volumen total anual de agua de riego” incluye agua superficial y bombeada desde el acuífero, pero no incluye desvío de drenaje interno.

2. Suministro de Agua de Riego Anual por Unidad de Area Regada

Este es igual a valor anterior, pero este se basa en el area regada (incluyendo la superficie con doble cultivo) más que en el area bajo comando.

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Volumen Total Anual de Flujo de Agua de Riego}}{\text{Area Total Anual de Cultivo Regada}} \\ &= \frac{1,000,000 \times \left( \text{DI 2} + \frac{\text{RAP 9} \times 10,000}{\text{RAP 31} \times \text{RAP 15}} \right)}{\text{DI 4}} \end{aligned}$$



3. Eficiencia de Entrega de Agua del Sistema Principal, %

Es también conocida como “eficiencia de conducción”, y es un valor que es provisto por las autoridades del proyecto. En general estos números tienen un intervalo de confianza grande (ver Hoja de trabajo 4. External Indicators).

4. Suministro Anual de Agua Relativo (RWS)

$$\text{RWS Anual} = \frac{\text{Volumen Total Anual de Agua Total Suministrada}}{\text{Volumen Total Anual de Agua Demandada por los Cultivos}}$$

Como fue definido por el IPTRID,

El numerador equivale a las separaciones superficiales más la reducción neta del agua subsuperficial, más la lluvia total, excluyendo toda recirculación de agua de drenaje interno dentro del proyecto.

El denominador equivale a toda la demanda de ET por parte de los cultivos, más las pérdidas por percolación profunda en el arroz.

Como dato en esta planilla de cálculo, las pérdidas por percolación profunda en el arroz no se incluyen. Esto es porque las pérdidas por percolación profunda no son usos consuntivos y son recirculadas dentro del proyecto. Más aún, las pérdidas por percolación profunda debidas a la desuniformidad de la aplicación del agua y a la mala programación del riego son inevitables en todos los cultivos y para todos los métodos de riego como lo son para el arroz. Por eso, tener una especial consideración con el arroz solamente, no es justificable para el autor y no ha sido incluido.

Por eso,

$$\text{RWS Anual} = \frac{\text{DI 5}}{\text{DI 19}}$$

5. Suministro Anual Relativo de Agua de Riego (RIS)

$$\text{RIS Anual} = \frac{\text{Volumen Anual de Flujo de Agua de Riego}}{\text{Volumen Total Anual de Demanda de Riego de los Cultivos}}$$

donde

El volumen anual de flujo de agua de riego incluye toda el agua separada o bombeada, pero no incluye el desvío de drenaje interno.

Otra vez, la “demanda de riego de los cultivos” como se calcula aquí, no incluyó la percolación profunda en el arroz. Por eso,

$$\text{RIS Anual} = \frac{\text{DI 2} + \text{RAP 9}}{\text{DI 19}}$$



6. Capacidad de Entrega de Agua

Capacidad de Entrega de Agua =

$$\frac{\text{Capacidad del Canal para Entregar Agua en la Cabecera del Sistema}}{\text{Demanda Consuntiva Máxima de Agua de Riego}}$$

$$= \frac{\text{DI 8}}{\text{DI 9}}$$

donde los valores son caudales.

7. Seguridad del Derecho al Suministro, % Recibido

Este es equivalente al DI 10a . Se usa el valor provisto en la oficina.

8. Razón de costo de Recuperación (CRR)

$$\text{CRR} = \frac{\text{Ingresos Brutos Colectados de los Usuarios (DI 12)}}{\text{Costo Total de Administración, Operación y Mantenimiento (MOM) (DI 13)}}$$

9. Razón de Costo de Mantenimiento – Ingresos (MCRR)

$$\text{MCRR} = \frac{\text{Gasto Total en Mantenimiento del Sistema (DI 14)}}{\text{Total de Ingresos Recaudados de los Usuarios (DI 12)}}$$

10. Costo Total de Administración, Operación y Mantenimiento (MOM) por Unidad de Área (US\$/ha)

$$\text{MOM/Área} = \frac{\text{Costo Total de Administración, Operación y Mantenimiento (DI 13)}}{\text{Área Bajo Comando (DI 3)}}$$

11. Costo Total por Persona Empleada en Entrega de Agua (US\$/persona)

$$\text{Costo Total /persona} = \frac{\text{Costo Total de Personal (DI 15)}}{\text{Personal Total (DI 16)}}$$

12. Performance de Recaudación de Ingresos (RCP)

$$\text{RCP} = \frac{\text{Ingresos Brutos Recaudados (DI12)}}{\text{Ingresos Brutos Facturados (DI17)}}$$

13. Número de Personal por Unidad de Area (personas/ha)

$$\begin{aligned} \text{Número de Personal/ha} = \\ \frac{\text{Número Total de Personal Pertenciente al Servicio de Riego \& Drenaje (DI16)}}{\text{Area Total de Comando (DI 3)}} \end{aligned}$$

14. Ingreso Promdiao Recaudado por Metro Cúbico de Agua de Riego Entregado (US\$/m<sup>3</sup>)

$$\begin{aligned} \text{US\$/m}^3 &= \frac{\text{Ingreso Bruto Recaudado}}{\text{Volumen Total Anual de Agua de Riego Entregada}} \\ &= \frac{\text{DI 12}}{\left( \text{DI 1} + \frac{\text{RAP 9} \times 100}{\text{RAP 15}} \right) \times 1,000,000} \end{aligned}$$

15. Valor Total Anual de Producción Agrícola (US\$)

Este valor es el promedio de los valores calculados en cada Hoja de Trabajo 1, 2, y 3. Se encuentra como DI 19.

16. Salida por Unidad de Area Servida (US\$/ha)

$$\text{Esta se calcula como } \text{US\$/ha} = \frac{\text{DI 19}}{\text{DI 3}}$$

17. Salida por Unidad de Area Regada (US\$/ha)

$$\text{Esta se calcula como } \text{US\$/ha} = \frac{\text{DI 19}}{\text{DI 4}}$$

18. Salida por Unidad de Entrega de Riego (US\$/m<sup>3</sup>)

$$\text{US\$/m}^3 = \frac{\text{DI 19}}{1,000,000 \times \left( \frac{(\text{RAP 9}) \times 10,000}{\text{RAP 15} \times \text{RAP 31}} + \text{DI 2} \right)}$$

19. Salida por Unidad de Agua Consumida (US\$/m<sup>3</sup>)

$$\text{US\$/m}^3 = \frac{\text{DI 19}}{\text{DI 20} \times 1,000,000}$$

Otros indicadores IPTRID se encuentran como DI 21 – DI 38

## **Cómo Interpretar los resultados del RAP**

El RAP, por sí mismo, es una herramienta de diagnóstico. Permite a un evaluador calificado examinar sistemáticamente un proyecto de riego para determinar.

1. Indicadores Externos, e
2. Indicadores Internos

Los Indicadores Externos darán una indicación de si es posible conservar agua y resaltar el ambiente a través de un mejor manejo del agua. Los Indicadores Internos dan una perspectiva detallada de cómo el sistema está siendo operado actualmente, y del servicio de entrega de agua que se provee en todos los niveles.

La interpretación de los resultados requiere uno o más especialistas de riego que entiendan claramente las opciones de modernización. Sin un verdadero conocimiento de estas opciones, las recomendaciones pueden ser inefectivas, como mínimo.

Estas son las reglas básicas:

1. En casi todos los proyectos, la modernización requiere tanto cambios de materiales como administrativos.
2. En general, es bastante posible proveer altos niveles de servicios de entrega de agua a las tomas de agua, sin un buen control del agua, si el sistema es muy ineficiente y hay una gran disponibilidad de agua. Sin embargo, si el sistema debe ser eficiente, la única manera de dar un buen servicio de entrega de agua es teniendo un excelente control del agua.
3. En casi todos los proyectos, el servicio de entrega de agua necesita ser mejorado para alcanzar los objetivos básicos de bajar los costos de mano de obra, reducir el filtrado, mejorar el rendimiento de los cultivos y reducir el daño al ambiente. El proceso RAP permite al evaluador a elegir el nivel apropiado por el cuál comenzar el proceso de modernización.
4. En general, hay muchos cambios simples que se pueden hacer en los procesos operativos, y muchos otros que sólo requieren una inversión de capital moderada para cambio de materiales.
5. Todos los cambios deben ser acompañados por un buen control de calidad y un excelente entrenamiento.

En general, el proceso de interpretación es el siguiente:

1. Se examinan las eficiencias de riego de los campos. Las buenas eficiencias de campo dependen de recibir un buen servicio de entrega de agua en el campo.

2. Se examinan las eficiencias de riego del proyecto. Es muy común para el personal de los proyectos de riego querer mayores caudales en el proyecto, aunque las ineficiencias pueden ser bastante altas. Una alternativa a incrementar el suministro de agua es mejorar las eficiencias.
3. Las eficiencias de conducción son notadas y comparadas con las eficiencias de riego del campo. Se considera que en ambas, muy escasa recirculación (agua subsuperficial o superficial) puede ocurrir. La comparación ayuda a determinar dónde hacer los esfuerzos.
4. Los atributos del servicio de entrega de agua se examinan para cada nivel.
5. Se revisa si los materiales son apropiados y si también lo son las instrucciones de operación.
6. Se nota si existen sistemas de recirculación. En muchos proyectos, una manera muy fácil de mejorar la performance y el servicio de entrega de agua es instalando sistemas de recirculación de agua superficial en áreas estratégicas.
7. Una importante indicación de dónde se puede hacer cambios es dónde ocupan el tiempo los empleados. Por ejemplo, en muchos proyectos hay una gran cantidad de hidrógrafos quienes continuamente toman medidas en muchos lugares de los canales principales. En general, este trabajo impreciso (debido a la naturaleza inherente de flujos inestables y mediciones puntuales) puede ser completamente eliminado, si se adopta una nueva estrategia de entrega de agua.

Con la modernización, algunas acciones se pueden tomar en paralelo con otras, pero otras acciones requieren fundamento. Por ejemplo, la automatización con PLCs electrónicos (Controladores Lógicos Programables - Programmable Logic Controllers, en inglés) primero requiere un acceso excelente a los sitios, excelentes comunicaciones y una infraestructura fuerte para resolver problemas electrónicos y reparaciones. También requiere un proyecto con una historia excelente de mantenimiento. En otras palabras, la automatización con PLC requiere una base sustancial que muchas veces falta en los proyectos de riego. La implementación de PLC sin esa base, es una segura garantía de fracaso.

Típicamente, los pasos clave para la modernización son:

1. Eliminar las discrepancias entre el servicio “real” y el servicio “declarado”. Si los administradores del proyecto se niegan a aceptar la realidad, es mejor ocupar el tiempo y el dinero en otros proyectos.
2. Todos los niveles de personal deben entender y adoptar el “servicio mentalmente”. Sin esto, los intentos por modernizar un proyecto tendrán beneficios mínimos.
3. Examinar las instrucciones que se da a los operadores, y modificarlas si es necesario. Un ejemplo clásico son muchos proyectos asiáticos en los que el objetivo de un regulador de cruce es mantener un cierto nivel de aguas arriba, pero los operadores de

las compuertas deben mover los reguladores en estricto acuerdo con las instrucciones (de movimiento específico de compuertas) de la oficina – basados en programas de computación y planillas de cálculo. Un chequeo simple en el campo mostrará que los niveles de agua no son mantenidos correctamente. Las instrucciones de operación deben ser cambiadas, y son muy simples: “Mantener el nivel del agua, aguas arriba con una tolerancia específica en un objetivo definido”. El autor no encontró nunca un operador que fuera incapáz de determinar cuánto mover el regulador de cruce para alcanzar ese objetivo.

4. Los 3 primeros items son los más sencillos, pero tambien pueden ser los más difíciles con algún personal mayor. Si los 3 primeros items no se pueden alcanzar, es mejor retirarse del proyecto, o despedir al personal mayor. Por supuesto los cambio en los 3 primeros items pueden requerir algún entrenamiento, recorridas de estudio, y charlas a fondo.
5. Los pasos siguientes, más o menos en orden de secuencia, son mejorar las siguientes areas:
  - a. Entendimiento de qué pasa en realidad en el proyecto. Un experto puede evaluar rápidamente un proyecto y por su experiencia, entender casi inmediatamente las relaciones causa/efecto y el nivel de servicio probable. Los operadores y supervisores a menudo no ven las cosas de la misma forma. Es muy util instalar colectoras de datos y sensores de nivel de agua simples en ubicaciones clave para notar filtraciones, fluctuaciones en los caudales y en los niveles. Esto es casi siempre un “ojo abierto” para los operadores que solo pueden visitar un sitio una vez por día.
  - b. Comunicaciones en todos los niveles. Comenzando con las comunicaciones humano-humano – a menudo con radios.
  - c. Movilidad del personal. En general, una planta de personal pequeña pero móvil es mucho más eficiente que una planta de personal grande e inmóvil. Esto se debe a que una planta de personal pequeña y móvil no es responsable de solo una o dos estructuras, sino que debe entender cómo impactarán varias acciones y estructuras sobre otras areas. La movilidad se puede mejorar con mejores caminos, motocicletas, camionetas, etc.
  - d. Control y medición de caudal en puntos de bifurcación clave. Note que “medición” y “control” no son lo mismo. Ambos son necesarios. Hay muchas combinaciones de estructuras y técnicas que proveen, miden y controlan rápida y precisamente los caudales. Típicamente, este es un punto debil en muchos proyectos de riego.
  - e. Existencia de puntos de recirculación o reservorios de amortiguación en el sistema del canal principal. Un control de agua “flojo” puede ser muy adecuado en el sistema principal – mientras exista un lugar para re-regular cerca del 70% de todo el canal.
  - f. Mejora del control del nivel de agua a lo largo del proyecto. El control y medición de caudales (item “d”) solo pertenece a la cabecera de los canales y tuberías. Aguas abajo de la cabecera, es importante simplemente mantener bastante constante los niveles de agua para que los caudales en las tomas de agua no cambien con el tiempo, y para que las banquetas del canal no se dañen. Con

- los tipos de estructuras correspondientes, esto es fácil de lograr sin mucho esfuerzo humano.
- g. Reorganización de los procesos de pedido y dispersión de agua. En los proyectos más modernos, un grupo es responsable de operar el canal principal, otro es responsable del segundo nivel, y así sucesivamente. Cada grupo tiene entonces un objetivo de servicio específico. Si un canal principal está dividido en dos “zonas” con diferentes oficinas controlando las diferentes zonas, casi siempre hay conflictos entre las zonas. La reorganización de los operadores es necesaria. Todo el procedimiento de recibir información del campo en tiempo real y responder rápidamente a las solicitudes, debe ser típicamente renovado en la mayoría de los proyectos.
  - h. Monitoreo remoto de ubicaciones estratégicas. Estas ubicaciones son típicamente reservorios de amortiguación, drenes y los extremos finales de los canales.
  - i. Control manual remoto de los caudales en puntos estratégicos. Estos son las cabeceras de los canales principales y las cabeceras de las tomas de agua mayores del canal principal.
  - j. Provisión de desbordes, y recaptura de ese desborde, en los finales de todos los canales pequeños.

Lo que puede sorprender a algunos lectores es la falta completa de discusión sobre el revestimiento de canales y del equipo de mantenimiento. No hay duda de que el equipo de mantenimiento debe ser adecuado. El revestimiento de los canales puede reducir el mantenimiento y la filtración. Pero estos temas han sido discutidos por muchas décadas, y los billones de dólares que fueron invertidos en el revestimiento de los canales, generalmente no han traído con sígo la modernización. Esto se debe a que la modernización no es solo una simple acción. Los items a-j representan un despegue del pensamiento tradicional de los “ingenieros civiles en concreto” y se enfoca en las operaciones.

Otro aspecto no tratado es la discusión sobre control aguas abajo y algoritmos sofisticados para el control del canal. Esto se debe a que un proyecto de riego debe caminar muy bien antes de poder correr, y a que estas tecnologías deberían ser consideradas de “alto riesgo”. Aunque el autor dedica mucho tiempo profesional a esos dos objetivos en aplicaciones reales, solo se seleccionan controles sofisticados después de que otras opciones fueron implementadas y nunca antes de que exista un buen apoyo de infraestructura. No hay una píldora mágica para modernizar y mejorar la performance del riego. Las opciones simples generalmente proveen resultados excelentes.

Es bueno escuchar a los operadores y tratar de detectar algunas cosas que le den una gran amargura. A veces es posible resolver algunos problemas rápidamente. Resolviendo esos problemas de los operadores, ellos se convertirán en defensores de nuevos esfuerzos de modernización.

## **Conclusiones**

El RAP, cuando es conducido y analizado por un ingeniero en riego calificado, provee indicadores que explican los resultados y procesos de un proyecto de riego. Muchos de esos indicadores pueden ser usados con el propósito de Comparación con un Patrón de Referencia (Benchmarking), permitiendo una comparación entre proyectos y entre las performances pre/post modernización. El RAP provee, en un lapso de tiempo muy corto de solo unas pocas semanas, información suficiente para detectar items de acción clave para la modernización. Por eso sirve como una herramienta valiosa para países, para priorizar inversiones en diferentes proyectos, y para priorizar acciones específicas dentro de un proyecto de riego individual.



## **Referencias**

Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 92-5-104219-5. 300 p.

Burt, C.M., A. J. Clemmens, T.S. Strelkoff, K.H. Solomon, R.D. Bliesner, L.A. Hardy, T.A. Howell, and D.E. Eisenhauer. 1997. Irrigation Performance Measures - Efficiency and Uniformity. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. ASCE 123(6):423-442.

Burt, C. M. and S. W. Styles. 1999. Modern Water Control and Management Practices in Irrigation. Impact on Performance. Water Reports #19. Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISSN 1020-1203. ISBN 92-5-104282-9. 224 p.

Maas, E.V. and G. J. Hoffman. 1977. Crop Salt Tolerance – Current Assessment. American Society of Civil Engineers, Proceedings of the Irrig. and Drainage Journal 103(IR2):115-134.

Kloezen, W. H. and C. Garces-Restreop. 1998. Assessing Irrigation Performance with Comparative Indicators: The Case of Alto Rio Lerma Irrigation District, Mexico. IWMI Research Report 22.

Plusquellec, H., C. M. Burt and H. W. Wolter. 1994. Modern Water Control in Irrigation - Concepts, Issues, and Applications. World Bank Technical Paper Number 246. Irrigation and Drainage Series. The World Bank. Washington, D.C. 104 p.