



Artículo: COMEII-15048

I CONGRESO NACIONAL COMEII 2015

Reunión Anual de Riego y Drenaje

Jiutepec, Morelos, México, 23 y 24 de noviembre

EL PROYECTO DE RIEGO POR GRAVEDAD TECNIFICADO 2014-2015, EN EL DISTRITO DE RIEGO 076 VALLE DEL CARRIZO, SINALOA

Pedro Pacheco Hernández¹; Juan Carlos Herrera Ponce²; Helene Unland Weiss² y Jorge Flores Velázquez²

¹ Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550 México.

² Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550 México.

Resumen

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) colaboró con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en la implementando el proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado (RIGRAT), en el Distrito de Riego 076 Valle del Carrizo, Sinaloa, cuyo principal objetivo el hacer un uso más racional del agua de riego parcelario, incrementando así la eficiencia a nivel parcelario. El Proyecto contempla los componentes básicos: la capacitación y asistencia técnica a los usuarios para que conozcan y apliquen los conocimientos básicos del diseño, trazo y aplicación del riego; la nivelación de tierras que implique una mayor uniformidad del riego y reducción del volumen de agua aplicado; el diseño y trazo del riego parcelario y su aplicación controlada en la parcela; el pronóstico del riego en tiempo real, para ajustar los programas de riego inicialmente elaborados con datos estadísticos de clima; la evaluación y seguimiento del riego parcelario, para garantizar que se aplique lo más cercano a del cultivo en el intervalo de riego; y por último la entrega y cobro volumétrico del agua de riego servida en la parcela. Se ha logrado tener la línea base para la evaluación del impacto de los indicadores del proyecto para una superficie de 6,045 ha distribuidas en cinco módulos de riego. Las láminas netas de 654.70 mm, comparadas con la estadística hidrométrica de 679.50 mm, resulta en un ahorro de 24.8 mm, implicando, con las limitantes del análisis y el desarrollo del proyecto, a su vez un ahorro 1, 499,366 m³ a nivel toma granja.

Palabras clave: Medición, trazo de riego, pronóstico de riego.



Introducción

El riego por gravedad es el método de riego más generalizado a nivel mundial, y México no es la excepción, en un porcentaje cercano al 90% del área bajo riego; por lo que su atención debe ser prioritaria, tanto por las instituciones de los gobiernos como por los usuarios de riego, a través de sus asociaciones (AC) y sociedades (SRL). La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ha implementando el proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado (RIGRAT) en la zona Centro y Norte de México, cuyo principal objetivo es hacer un uso más racional del agua de riego parcelario, incrementando así la eficiencia a nivel parcelario, delegando a el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) la coordinación parcial del estado de Guanajuato, el estado de Nayarit y el estado de Sinaloa. En particular, en el Distrito de Riego 076 Valle del Carrizo, Sinaloa (DR076), coordina 6000 hectáreas.

En general, el RIGRAT contempla los siguientes componentes básicos: la capacitación y asistencia técnica a los usuarios para que conozcan y apliquen los conocimientos básicos del diseño, trazo y aplicación del riego; la nivelación de tierras que implique una mayor uniformidad del riego y reducción del volumen de agua aplicado; el diseño y trazo del riego parcelario y su aplicación controlada en la parcela; el pronóstico del riego en tiempo real, para ajustar los programas de riego inicialmente elaborados con datos estadísticos de clima; la evaluación y seguimiento del riego parcelario, para garantizar que se aplique lo más cercano a del cultivo en el intervalo de riego; y por último la entrega y cobro volumétrico del agua de riego servida en la parcela.

El IMTA realizó la preselección, selección, capacitación y entrenamiento de los técnicos responsables (RT) y supervisores (ST), con recursos de CONAGUA, para garantizar su capacidad técnica y los presentó a las AC, para promover y concertar su contratación, previa inducción, mediante visitas y pláticas con directivos. Algunos problemas administrativos y de logística ocasionaron que el proyecto iniciara cuando los usuarios habían realizado parcialmente el primer riego por gravedad (presiembrado), lo que dificultó su atención, pero el resto de los riegos si pudieron ser atendidos, en la manera en que fluyeron los recursos económicos y de equipo.

La participación entusiasta de los directivos de las AC, la SRL, el DR076, los RT y el ST, permitieron obtener resultados alentadores y generaron interés en continuar participando con el proyecto RIGRAT, incluso con solicitud de crecer en superficie a atender, por lo que el presente documento se elabora con el objetivo de mostrar la experiencia técnica obtenida durante el ciclo otoño-invierno (OI) 2014-2015.



Materiales y métodos

El IMTA coordinó la implantación, seguimiento y evaluación del proyecto RIGRAT en el Distrito de Riego 076 Valle del Carrizo, en el Estado de Sinaloa.

1. La implantación de proyecto RIGRAT

El IMTA en coordinación con los RT, el ST, las AC (Módulo de riego), su SRL y el DR76 (CONAGUA), según correspondió, realizaron al menos las siguientes acciones para implantación del proyecto RIGRAT en el Distrito de Riego 076 Valle del Carrizo, en el Estado de Sinaloa: recopilación de información básica, difusión del proyecto, determinación de la superficie beneficiada, complementación de material didáctico, selección de equipos y dispositivos de medición.

1.1 Recopilación de información básica. Los Módulos de riego, la SRL y la CONAGUA proporcionaron al IMTA la información necesaria para la implantación del proyecto RIGRAT como fue el caso de las estadísticas agrícolas, los planes de riego, los planos de suelos, padrón de usuarios de las superficies beneficiadas, inventario de infraestructura, maquinaria y equipos de nivelación existentes.

1.2 Difusión del proyecto. El IMTA en coordinación con de la CONAGUA realizaron reuniones de difusión del Proyecto RIGRAT con los directivos de los Módulos de riego participantes, donde se indicaron las principales acciones del proyecto y se mencionaron los apoyos que proporciona la CONAGUA para estas acciones y se indicarán los apoyos que debería proporcionar el Módulo de riego a el IMTA, a los RT y al ST.

1.3 Determinación de la superficie beneficiada. El IMTA en coordinación con los Módulos de riego y CONAGUA seleccionaron la superficie beneficiada, priorizando superficies compactas de 1,000 ha por RT, con los siguientes requisitos: superficies regadas por gravedad, topografía relativamente plana, textura de franco a arcillosas y tenencia de la tierra mayor de 3.0 hectáreas.

1.4 Complementación de material didáctico. A partir de los materiales de capacitación proporcionados por la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), el IMTA elaboró material didáctico complementario de temas selectos, que cubrieron las condiciones particulares del Distrito de riego. Este material se entregó a los RT y el ST.

1.5 Selección de equipos y dispositivos de medición. El IMTA en coordinación con los RT y el ST y personal del CONAGUA definieron las especificaciones de los dispositivos y equipos de medición requeridos para la implementación del RIGRAT en las parcelas de la superficie beneficiada: medidor de gasto, medidor de contenido de humedad en el suelo y estación total.



2. Seguimiento de la implantación del Proyecto RIGRAT

El IMTA en coordinación con los RT y el ST, los Módulos de riego, su SRL y CONAGUA realizaron el seguimiento del proyecto RIGRAT, considerando: el diseño y trazo del riego parcelario, la medición del agua en la parcela, la entrega y cobro del agua por volumen, el pronóstico del riego en tiempo real, la evaluación del riego parcelario y la nivelación de tierras.

2.1 Diseño y trazo del riego parcelario. El diseño del riego por gravedad se realizó empleando el modelo RIGRAV, el cual considera la longitud de la parcela, su pendiente y las características hidrodinámicas del suelo, para seleccionar el gasto y el tiempo de riego óptimo para las parcelas de la superficie beneficiada. Respecto al trazo del riego parcelario, se realizó en las parcelas que así lo requieran, determinando el sentido, la longitud de la tirada de riego, el ancho de la tirada de riego y el número de puestas de riego.

2.2 Medición del agua en la parcela. Se midió el tiempo y gasto en las tomas granja, las parcelas y los desagües de la superficie beneficiada, utilizando el método de aforo, el equipo o la estructura de medición disponibles y que se adaptaron mejor a las condiciones parcelarias.

2.3 Entrega y cobro del agua por volumen. Se determinó el volumen entregado en las tomas granja y las parcelas de la superficie beneficiada, a partir del tiempo y gasto promedio aplicado y se registraron para disponer de información estadística de las parcelas de la superficie beneficiada que permitirán la implementación (en el corto plazo) de la entrega y cobro del riego parcelario por volumen.

2.4 Pronóstico del riego en tiempo real. A partir del contenido de humedad en la parcela, los parámetros físicos del suelo, la información climática disponible y los parámetros fisiológicos de los cultivos, se aplicó el sistema del pronóstico del riego en tiempo para determinar el cuándo y cuánto regar en las parcelas de la superficie beneficiada.

2.5 Evaluación del riego parcelario. Para aquellas parcelas que presentaron las condiciones de campo requeridas, se determinó la eficiencia de aplicación, la uniformidad de distribución o ambas, a partir de las mediciones de campo, del requerimiento de riego de los cultivos, de la lámina de riego aplicada y de la lámina infiltrada.

2.6 Nivelación de tierras. Se definieron las parcelas factibles de nivelación dentro de la superficie beneficiada, a partir del cual se proporcionó el apoyo y la asesoría al personal técnico del módulo de riego para llevar a cabo el levantamiento topográfico, el proyecto de nivelación y la supervisión de los trabajos de nivelación.

3 Evaluación del Proyecto RIGRAT

La evaluación del proyecto RIGRAT para la superficie beneficiada en el Distrito de riego 076 Valle del Carrizo se realizó a partir de: la superficie atendida, el volumen de agua entregado y las láminas aplicadas, la valoración del impacto del proyecto considerando para ello indicadores de eficiencia de aplicación de agua e indicadores de rendimiento en parcelas con acciones de tecnificación.

Resultados

Los resultados obtenidos en la implantación, seguimiento y evaluación del RIGRAT se analizan y discuten a continuación.

1. La implantación de proyecto RIGRAT

La recopilación de información básica, difusión del proyecto, determinación de la superficie beneficiada, complementación de material didáctico, selección de equipos y dispositivos de medición, fueron indispensables para la implantación del RIGRAT

1.1 Recopilación de información básica. De la información obtenida de manera natural en cualquier módulo de riego, como estadísticas agrícolas, planes de riego, etc., incluso en un sistema de información geográfica, resalta el plano de textura de suelos (Figura 1), fundamental para el proyecto, debido a que a partir de éste se puede estimar los parámetros físicos de suelos. Solamente el Módulo 5 no tiene esta información, por ser de relativa reciente creación.

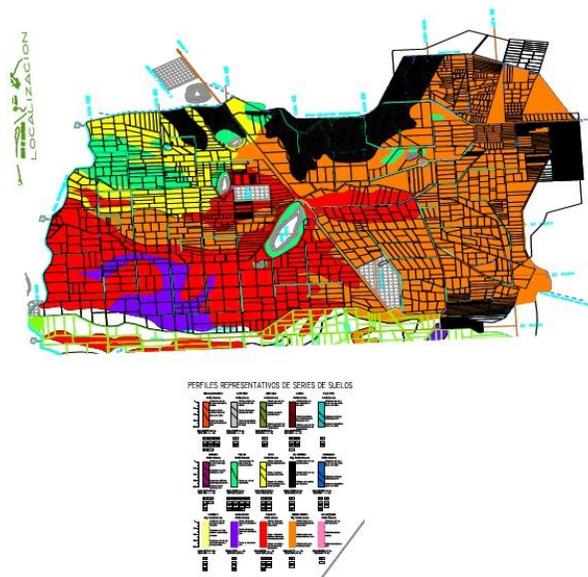


Figura 1. Plano de textura del Distrito de Riego 076 Valle del Carrizo, Sinaloa.

1.2 Difusión del proyecto. Las reuniones de difusión del Proyecto RIGRAT realizadas con los directivos de los Módulos de riego participantes, se realizaron antes y durante el proyecto. Las primeras fueron de inducción con las AC y las realizadas durante el proyecto, tanto con las AC como con la SRL, permitieron aclarar dudas y reforzar la importancia del proyecto, a partir de los avances que se venían presentando.

1.3 Determinación de la superficie beneficiada. Tres Módulos concertaron áreas completamente compactas, por ejemplo (Figura 2), excepto el Módulo 4, con pequeña dispersión y el Módulo 3, con una mayor dispersión, pero con dos técnicos RIGRAT, esto fue debido al interés de beneficiar a todos los ejidos de la asociación (Figura 3), condición que se puede considerar importante de su atención en algunos casos, para incentivar a las directivas de usuarios, lo que puede redundar en un mayor requerimiento de técnicos (dos en 2014-2015) y solicitud de crecer un técnico en el siguiente ciclo agrícola. Es de resaltar que en el Módulo 4 también solicitan crecer un técnico RIGRAT, en la inmediatez posible.

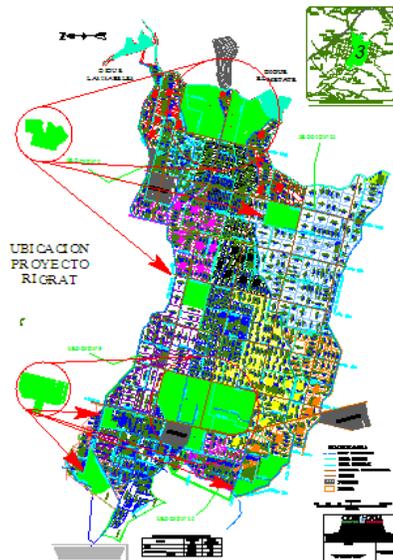
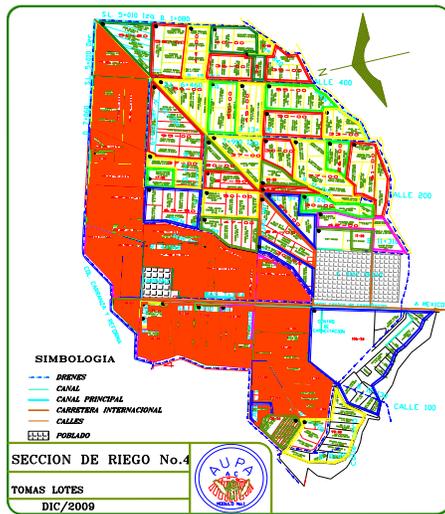


Figura 2. Área RIGRAT Módulo 1 DR076.

Figura 3. Área RIGRAT Módulo 3 DR076.

1.4 Complementación de material didáctico. Se elaboró material didáctico complementario de temas selectos, resaltando un instructivo de práctica de riego por gravedad con énfasis en obtener la información para la calibración del diseño, es decir, aplicar el método inverso para obtener los parámetros físicos del suelo representativos de la parcela regada.

1.5 Selección de equipos y dispositivos de medición. Las especificaciones de los dispositivos y equipos de medición en resumen fueron: Medidor de velocidad con rueda de copas, hélice, sensor eléctrico o sensor ultrasónico, unidades de medición en sistema internacional (m/s), registro de velocidad a partir de 0.02 m/s, profundidad de medición de al menos 0.10 m, incluye indicador digital de la velocidad promedio con precisión de dos



dígitos decimales y varillas o soporte para el medidor; medidor de humedad del suelo con al menos dos varillas, con precisión de medición de $\pm 3\%$, unidades de medición en porcentaje volumétrico de agua, rango de medición desde 0 hasta 50% (saturación), incluye indicador digital del contenido de humedad y soporte de las varillas para correcta operación y estación total con precisión a cinco segundos, resolución en pantalla un segundo, capacidad del lente 30x, alcance con prisma de 5,000 m, alcance sin prisma de 500 m, memoria de 10,000 puntos, incluye teclado, entrada USB, pila recargable, prisma y trípode. Su elaboración oportuna permitió a las AC obtener en tiempo y forma el equipo requerido.

2. Seguimiento de la implantación del Proyecto RIGRAT

El seguimiento del proyecto permitió obtener la información para evaluar sus impactos.

2.1 Diseño y trazo del riego parcelario. A partir de la información recopilada y generada (Cuadros 1 y 2), el diseño del riego por gravedad se realizó empleando el modelo RIGRAV, utilizando el trazo del riego parcelario actual (Figura 4). El nuevo trazo solo se realizó en parcelas de segundos cultivo.

Cuadro 1. Parámetros físicos de la muestra de suelos del Módulo 2 (Ejemplo parcial).

NOMBRE USUARIO	NO. CUENTA	PROFUNDIDAD	TEXTURA	ARCILLA	LIMO	ARENA	M.O	D.A	CC	PMP	HA
		(CM)		(%)	(%)	(%)	(%)	g/cm ³	(%)	(%)	(%)
ERNESTO BARRERAS HERNANDEZ	816-01	60	ARCILLO ARENOSA	48	8	44	1	1.2	39	26	12
DOLORES COTA G.	141-01	60	ARCILLO ARENOSA	48	8	44	1	1.2	39	26	12
BERNARDO FLORES VELAZQUEZ	303-01	60	ARCILLO ARENOSA	48	8	44	1	1.2	39	26	12

Cuadro 2. Superficie, geometría, desnivel y trazo de riego en parcelas del Módulo 2 (Ejemplo parcial).

CUENTA	SUP(HA)	LATITUD(N)	LONGITUD(O)	ALTITUD (msnm)	ESTACION	PENDIENTE (%)	ORIENTACION	TRAZO DE RIEGO
816-01	5	26.255860°	-108.991830°	14	carrizo	0.2	E-W	300
141-01	10	26.249244°	-109.005899°	12	carrizo	0.15	E-W	320
303-01	10	26.250198°	-109.000480°	14	carrizo	0.12	E-W	320

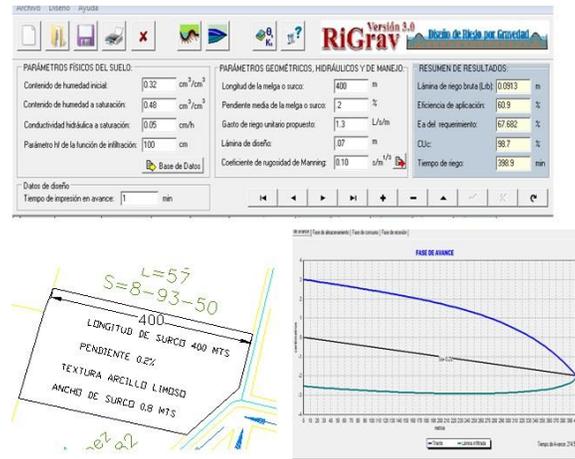


Figura 4. El diseño del riego por gravedad con RIGRAV.

2.2 Medición del agua en la parcela. Se midió con equipo ultrasónico (Figura 5), propela digital (Figura 6), estructuras construidas por el técnico RIGRAT (Figura 7) y el Módulo de riego, con flotador o con sifones (Figura 8), en todos los módulos de riego, durante el desarrollo del proyecto, lo que permite obtener información medida y no estimada, como en otras áreas RIGRAT.



Figura 5. Medición con equipo ultrasónico.



Figura 6. Medición con propela digital.



Figura 7. Medición con vertedor



Figura 8. Medición con sifones

2.3 Entrega y cobro del agua por volumen. El registro y disposición al Módulo de riego de información estadística de aforos permitirán la implementación (en el corto plazo) de la entrega y cobro del riego parcelario por volumen.

2.4 Pronóstico del riego en tiempo real. El pronóstico del riego en tiempo real, para determinar el cuándo y cuánto regar en las parcelas de la superficie beneficiada, se realizó con software desarrollado por INIFAP (Irrimodel), las AC y su SRL (SIPRES), asociado a hojas de cálculo (Figura 9), permitiendo ajustar los momentos de riego, en consenso con los productores beneficiados y las mediciones de humedad del suelo.

FECHA 30/MAR/2015									
ETAPA CULTIVO	TEXTURA	CONT. HUMEDAD	KC	PR	ETO	CC	PMP	FA	CR
Grano Masoso	Arcillo Limoso	43%	1	800	5.1	0.45	0.27	55%	0.351
HRESIDUAL= (0.43-0.351)*800=		63.2							
ETR= 5.1*1 = 5.1									
DIAS AL RIEGO= 63.2/5.1 = 12.39									
FECHA DEL RIEGO 11/ABRIL/2015									

Figura 9. Pronóstico de riego ajustado con humedad medida en campo.

2.5 Evaluación del riego parcelario. Para aquellas parcelas que presentaron las condiciones de campo requeridas, se determinó la eficiencia de aplicación, la uniformidad de distribución o ambas, a partir de las mediciones de campo, del requerimiento de riego de los cultivos, de la lámina de riego aplicada y de la lámina infiltrada.

2.6 Nivelación de tierras. En todos los módulos de riego se definieron las parcelas factibles de nivelación dentro de la superficie beneficiada (Cuadro 3), y solo en el Módulo 4 se proporcionó el apoyo y la asesoría al personal técnico del módulo de riego para llevar a cabo el levantamiento topográfico, el proyecto de nivelación y la supervisión de los trabajos de nivelación en algunas parcelas.



Cuadro 3. Superficie RIGRAT con requerimiento de nivelación de tierras.

MODULO	ZONA RIGRAT	NUM. PARCELAS	SUPERFICIE (ha)
Módulo 1	1	36	302.49
Módulo 2	1	28	230.00
Módulo 3	1	23	267.40
Módulo 3	2	63	526.00
Módulo 4	1	12	196.18
Módulo 5	1	72	350.00
SUMA	7	234	1872.07

3 Evaluación del Proyecto RIGRAT

El análisis de los resultados del proyecto RIGRAT, para la superficie beneficiada en el Distrito de riego 076 Valle del Carrizo a partir de la superficie atendida, el volumen de agua entregado y las láminas aplicadas, la eficiencia de aplicación (incremento y ahorro de agua), de rendimiento a partir de los Cuadros 4 y 5, ha logrado tener la línea base para la una superficie de 6,045 ha distribuidas en cinco módulos de riego. Las láminas netas de 654.70 mm, comparadas con la estadística hidrométrica de 679.50 mm, resulta en un ahorro de 24.8 mm, implicando, con las limitantes del análisis y el desarrollo del proyecto, a su vez un ahorro 1, 499,366 m³ a nivel toma granja.

Cuadro 4. Indicadores ciclo agrícola Otoño-Invierno (2014-2015) en el DR 076 Valle del Carrizo, Sinaloa.

Módulo	Superficie Establecida (ha)	Req. Riego (mm)	Lámina neta (mm)	Eficiencia Conducción (%)	Eficiencia aplicación (%)	Eficiencia Global (%)	Lámina bruta (mm)	Rendimiento (Ton/Ha)
Módulo 1	1008.08	381.60	651.00	64.00	58.62	37.52	1017.19	4.70
Módulo 2	1000.00	381.60	670.00	64.00	56.96	36.45	1046.88	4.30
Módulo 3	2020.44	381.60	633.00	64.00	60.28	38.58	989.06	4.00
Módulo 4	1017.31	381.60	634.51	64.00	60.14	38.49	991.42	4.62
Módulo 5	1000.00	381.60	685.00	64.00	55.71	35.65	1070.31	4.20
Total/Pro medio	6045.83	381.60	654.70	64.00	58.34	37.34	1022.97	4.36

Cuadro 5. Indicadores ciclo agrícola Otoño-Invierno (2014-2015) en el DR 076 Valle del Carrizo, Sinaloa.

Superficie Establecida (Ha)	Lamina neta 2006-2014 (mm)	Lámina neta RIGRAT (mm)	Lámina ahorro RIGRAT (mm)	Lámina ahorro RIGRAT (%)	Volumen 2006-2014 (m3)	Volumen RIGRAT (m3)	Volumen Ahorro RIGRAT (m3)	Volumen Ahorro RIGRAT (%)
6,045.83	679.50	654.70	24.80	3.65	41,081,415	39,582,049	1,499,366	3.65



Conclusiones

Se tiene la línea base para analizar indicadores del proyecto RIGRAT, para la una superficie de 6,045 ha distribuidas en cinco módulos de riego del Distrito de Riego 076, Valle del Carrizo, Sinaloa.

Las láminas netas de 654.70 mm, comparadas con la estadística hidrométrica de 679.50 mm, resulta en un ahorro de 24.8 mm, implicando, con las limitantes del análisis y el desarrollo del proyecto, a su vez un ahorro 1,499,366 m³ a nivel toma granja.