



IMTA
INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA
DEL AGUA



**AGUA EN LA
AGRICULTURA:**
Sostenibilidad y tendencias



IMPLEMENTACIÓN DE LA MEDICIÓN EN MÓDULOS DE RIEGO EN LA IMPLANTACIÓN DEL RIGRAT

Jorge Castillo G., Mario Montiel G., Dolores
Olvera S., Helene Unland W., Juan Manuel
Ángeles H., Pedro Pacheco H.

II Congreso Nacional de Riego y Drenaje COMEII 2016
08 al 10 de septiembre del 2016
Chapingo, México

INTRODUCCIÓN



- La Gerencia de Distritos de Riego de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) está ejecutando el programa de Riego por Gravedad Tecnificado (RIGRAT) enfocado a atender la problemática del uso eficiente del agua de riego en sistemas de riego por gravedad.
- Un antecedente del RIGRAT es el PLAMEPA.
- El objetivo principal del programa es el incremento de la eficiencia de riego en la parcela, un segundo lugar el incremento de los rendimientos como consecuencia de la aplicación de riegos oportunos.
- Se contemplan acciones como la nivelación de tierras, el trazo de riego, la receta de riego basada en modelos numéricos del flujo en surcos y melgas, y un mejor control del agua aplicada en la parcela.
- La medición del agua es indispensable para la implementación y la evaluación de RIGRAT



- La medición del agua en los módulos de riego es casi nula, en la mayoría de los casos solo se estima.
- Existen diversas alternativas para realizar la medición, molinetes, ultrasónicos, estructuras medidoras.
- Las más convenientes para su instalación en tomas granja son las estructuras medidoras por:
 - ✓ Precisión.- Son en general más precisas que el uso de molinetes o flotador.
 - ✓ Son más rápidos, solo hay que tomar lectura
 - ✓ Se pueden usar con solo la escala o se pueden automatizar.
 - ✓ Como desventajas: se requiere de su construcción, lo que implica un costo tanto en tiempo como económico.
 - ✓ No siempre se pueden instalar.

Estructuras disponibles

- Las estructuras que pueden colocarse en tomas granja son básicamente estructuras de tirante crítico, como son diversos tipos de vertedores, Parshalls, Venturis, Aforadores de Garganta Larga (AGL), principalmente.
- Características de las estructuras de medición:
 - ✓ Sencillez en diseño y construcción
 - ✓ Versatilidad
 - ✓ Diseño
 - ✓ Calibración
 - ✓ Carga requerida para su funcionamiento (ahogamiento)
 - ✓ Precisión



ESTRUCTURA	SENCILLEZ	V. DISEÑO	V. CALIBRACIÓN	CARGA	CAPACIDAD	PRECISIÓN
Vertedor rectangular (Guamuchil)	Alta	Alta	Alta	Medio	Alta	Media
Vertedor triangular	Alta	Alta	Alta	Alta	Baja	Alta
Orificio (Mayo)	Alta	Medio	Medio	Alta	Media	Baja
Venturi	Medio	Medio	Medio	Medio	Media	Alta
Parshall	Baja	Baja	Baja	Medio	Alta	Alta
AGL	Baja	Alta	Alta	Baja	Alta	Alta

En la tabla anterior se hace una comparación de algunas estructuras que se pueden colocar en una toma granja.

- Los vertedores rectangulares son sencillos de fácil diseño con una precisión aceptable, es el caso de los aforadores tipo Guamuchil, sin embargo, su requerimiento de carga es mayor que la de un Parshall o la de un AGL.
- Los vertedores triangulares requieren de más carga y tiene buena precisión, son adecuados para caudales bajos, pero para caudales mediano o altos aumentan mucho su requerimiento de carga.

En la tabla anterior se hace una comparación de algunas estructuras que se pueden colocar en una toma granja.

- Los medidores de doble compuerta tiene una precisión media debido a que son sensibles a la diferencia de cargas y un poco complejo su instalación, estas estructuras son mas bien para control, aunque también pueden usarse para medir.
- Los Venturi, Parshall, Chapingo, etcétera son medidores de flujo crítico, es decir, baan su funcionamiento en la formación del flujo crítico en la garganta, lo que garantiza una realción Gasto Caga bien definida, pero, para poder tener la curva de calibración, por sus características, requieren de laboratorio por los que deben de apegarse a los resultados ya reportados en sus dimensiones.
- Los Aforadores de Garganta Larga (AGL) son también aforadores de régimen crítico pero con la característica de tener las líneas de flujo relativamente paralelas, esto hace que sea posible calibrarlos en forma analítica con el uso de algún software por la cantidad de cálculos que se requieren. Esto les da la ventaja sobre los Parshall, Venturis y demás de poderse diseñar “al gusto”, es decir son muy versátiles en su diseño y se pueden acoplar prácticamente a cualquier requerimiento de medición, además son los que menor carga requieren para funcionar.

Por lo anterior se propone le uso de AGL para su instalación en tomas granja, siempre y cuando no se pueda rehabilitar la estructura existente, o no exista ninguna.

Al procedimiento de diseño para un AGL es:

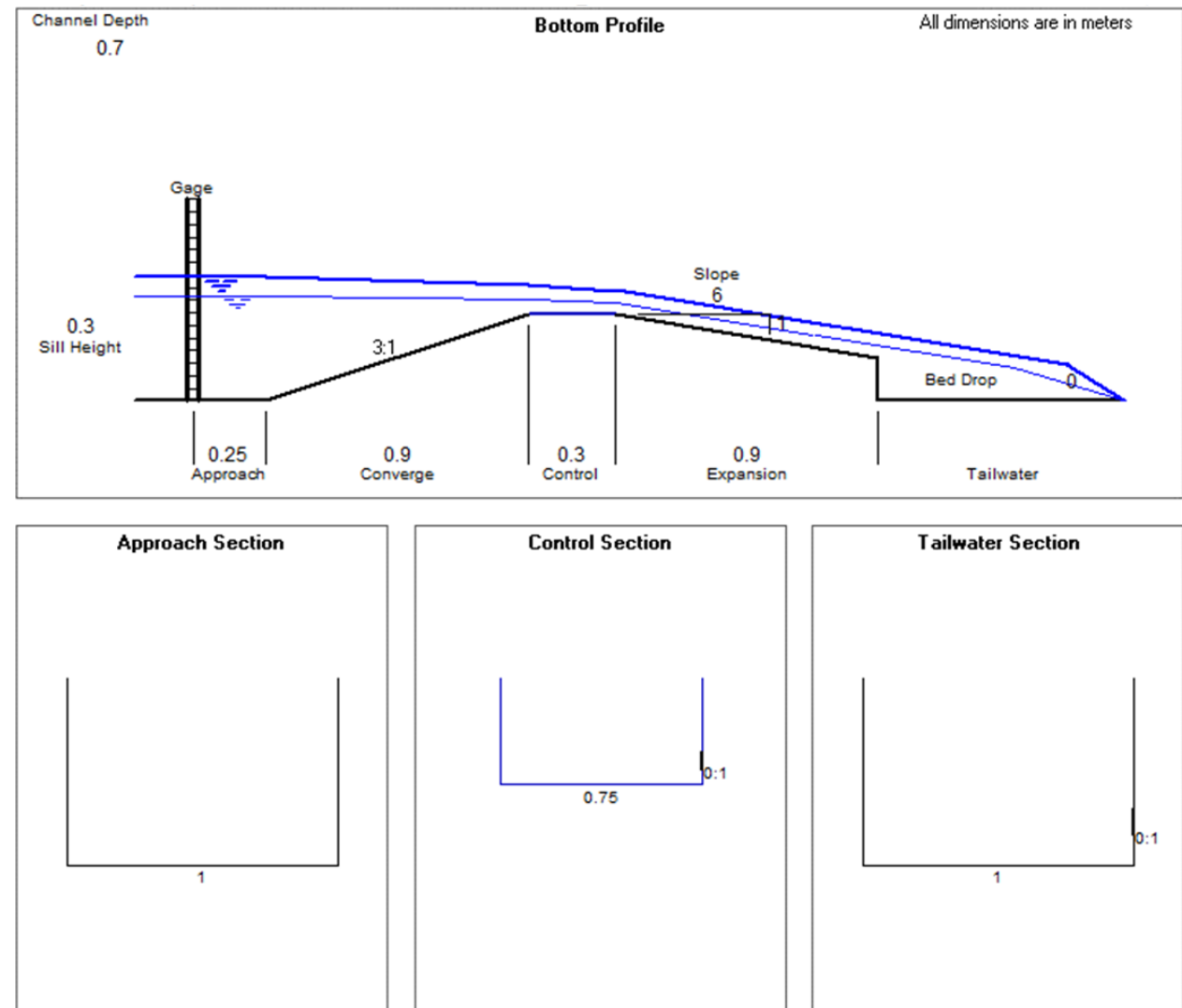
- Recolección de información: dimensiones y niveles en el sitio de la obra.
- Análisis de la información: identificación de las cargas disponibles.
- Propuesta de dimensiones: propuesta de dimensiones, cálculo de la relación carga-gasto, cargas necesarias.
- Propuesta de dimensiones definitivas: que cumplan con los requerimientos de carga y las necesidades de medición.

DESARROLLO



Se presentan tres AGL's como propuesta

- Aquí se presenta el croquis del primer AGL considerando tener la menor pérdida de carga, para condiciones de mínima disposición de carga en la toma granja.
- El software utilizado es el winflume, el AGL se diseño con un metro de ancho para que se fácil de adaptar a muchas tomas granja.



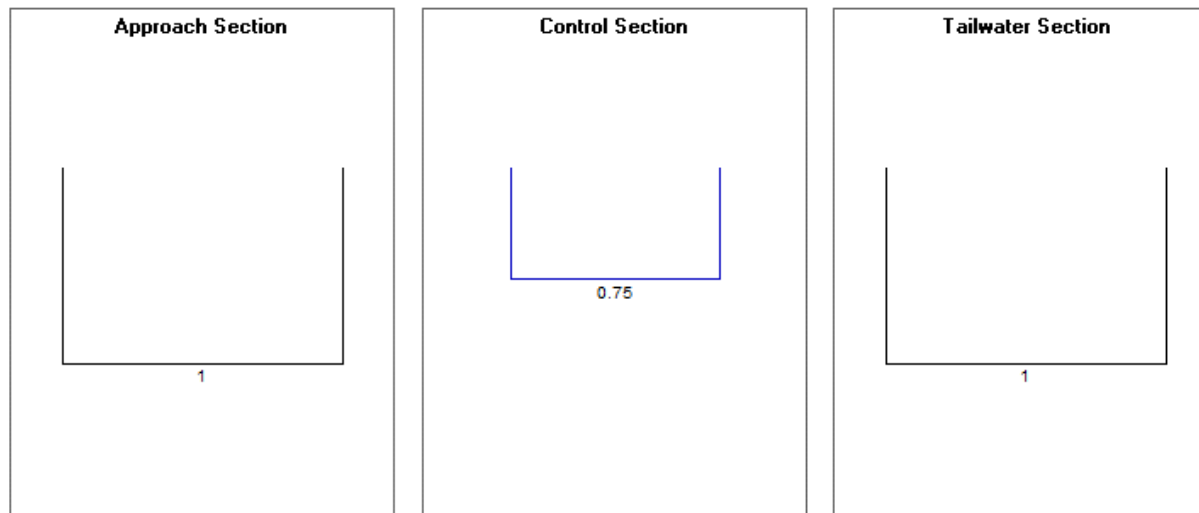
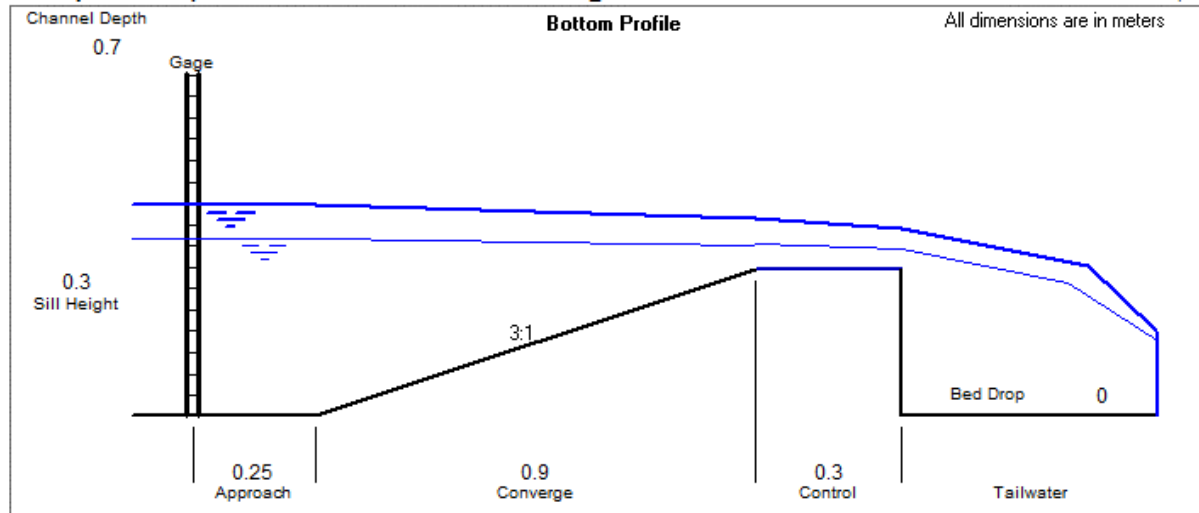
Aquí se presenta la tabla de calibración del primer AGL,

- En la tabla puede verse que puede suministrar gastos hasta 125 l/s, aquí se subraya cuando se tiene 60 l/s, en esta caso el tirante máximo a la salida es de 10.8 cm con un tirante de medición de 13 cm, requiere de una carga de 2.2 cm para funcionar.
- Este AGL tiene una rampa de salida para reducir el requerimiento de carga en condiciones críticas.
- Su geometría se hizo rectangular para facilitar su construcción.

Tabla de calibración del AGL 1

H_1 [m]	Q [m ³ /s]	Fr	ΔH [m]	$H_{1/L}$	$H_{2 \text{ max}}$ [m]	Límite Modular [m]
0.05	0.0139	0.0215	0.0109	0.1670	0.0391	0.7828
0.06	0.0184	0.0272	0.0124	0.2005	0.0476	0.7931
0.07	0.0233	0.0331	0.0139	0.2340	0.0561	0.8016
0.08	0.0286	0.0390	0.0154	0.2677	0.0646	0.8087
0.09	0.0342	0.0449	0.0167	0.3014	0.0733	0.8151
0.10	0.0402	0.0507	0.0180	0.3351	0.0820	0.8207
0.11	0.0465	0.0565	0.0193	0.3689	0.0907	0.8258
0.12	0.0531	0.0623	0.0205	0.4028	0.0995	0.8304
<u>0.13</u>	<u>0.0600</u>	<u>0.0679</u>	<u>0.0217</u>	<u>0.4368</u>	<u>0.1083</u>	<u>0.8347</u>
0.14	0.0672	0.0735	0.0228	0.4708	0.1171	0.8386
0.15	0.0746	0.0790	0.0239	0.5049	0.1260	0.8424
0.16	0.0824	0.0843	0.0249	0.5390	0.1349	0.8458
0.17	0.0904	0.0896	0.0260	0.5732	0.1439	0.8491
0.18	0.0987	0.0947	0.0270	0.6075	0.1529	0.8521
0.19	0.1072	0.0998	0.0279	0.6418	0.1619	0.8550
0.20	0.1160	0.1047	0.0289	0.6762	0.1709	0.8577
0.21	0.1250	0.1096	0.0298	0.7106	0.1799	0.8602

DESARROLLO



- Este es el croquis del segundo AGL considerando que se dispone de mayor carga para utilizarla en el funcionamiento del AGL.
- Las dimensiones son prácticamente las mismas pero sin la transición de salida, lo que lo hace más simple de construir.

Tabla de calibración del AGL 2

H ₁ [m]	Q [m ³ /s]	Fr	ΔH [m]	H ₁ L	H ₂ max [m]	Límite Modular [m]
0.05	0.0139	0.0215	0.0176	0.1670	0.0324	0.6497
0.06	0.0184	0.0272	0.0204	0.2005	0.0396	0.6605
0.07	0.0233	0.0331	0.0231	0.2340	0.0468	0.6704
0.08	0.0286	0.0390	0.0257	0.2677	0.0542	0.6796
0.09	0.0342	0.0449	0.0282	0.3014	0.0618	0.6882
0.10	0.0402	0.0507	0.0305	0.3351	0.0694	0.6963
0.11	0.0465	0.0565	0.0328	0.3689	0.0771	0.7038
0.12	0.0531	0.0623	0.0349	0.4028	0.0849	0.7109
0.13	0.0600	0.0679	0.0370	0.4368	0.0928	0.7176
0.14	0.0672	0.0735	0.0390	0.4708	0.1008	0.7240
0.15	0.0746	0.0790	0.0409	0.5049	0.1089	0.7300
0.16	0.0824	0.0843	0.0427	0.5390	0.1170	0.7357
0.17	0.0904	0.0896	0.0445	0.5732	0.1252	0.7412
0.18	0.0987	0.0947	0.0462	0.6075	0.1334	0.7463
0.19	0.1072	0.0998	0.0479	0.6418	0.1416	0.7512
0.20	0.1160	0.1047	0.0495	0.6762	0.1500	0.7559
0.21	0.1250	0.1096	0.0511	0.7106	0.1583	0.7603

Aquí se presenta la tabla de calibración del segundo AGL,

- La relación carga – gasto es prácticamente la misma que el anterior, en la tabla puede verse que puede suministrar gastos hasta 125 l/s, aquí se subraya cuando se tiene 60 l/s, en esta caso el tirante máximo a la salida es de 9.2 cm con un tirante de medición de 13 cm, requiere de una carga de 3.8 cm para funcionar.
- Este AGL no tiene una rampa de salida lo que incrementa su requerimiento de carga.
- Su geometría se también es rectangular para facilitar su construcción.

DESARROLLO



- Este es el croquis del tercer AGL considerando que se dispone de bastante carga para utilizarla en el funcionamiento del AGL y mejorar la precisión.
- Las dimensiones son parecidas, en la entrada y la salida pero tiene contracción en la garganta, lo que provoca un mayor tirante con un mismo gasto, por lo tanto es menos sensible a diferencias de apreciación.

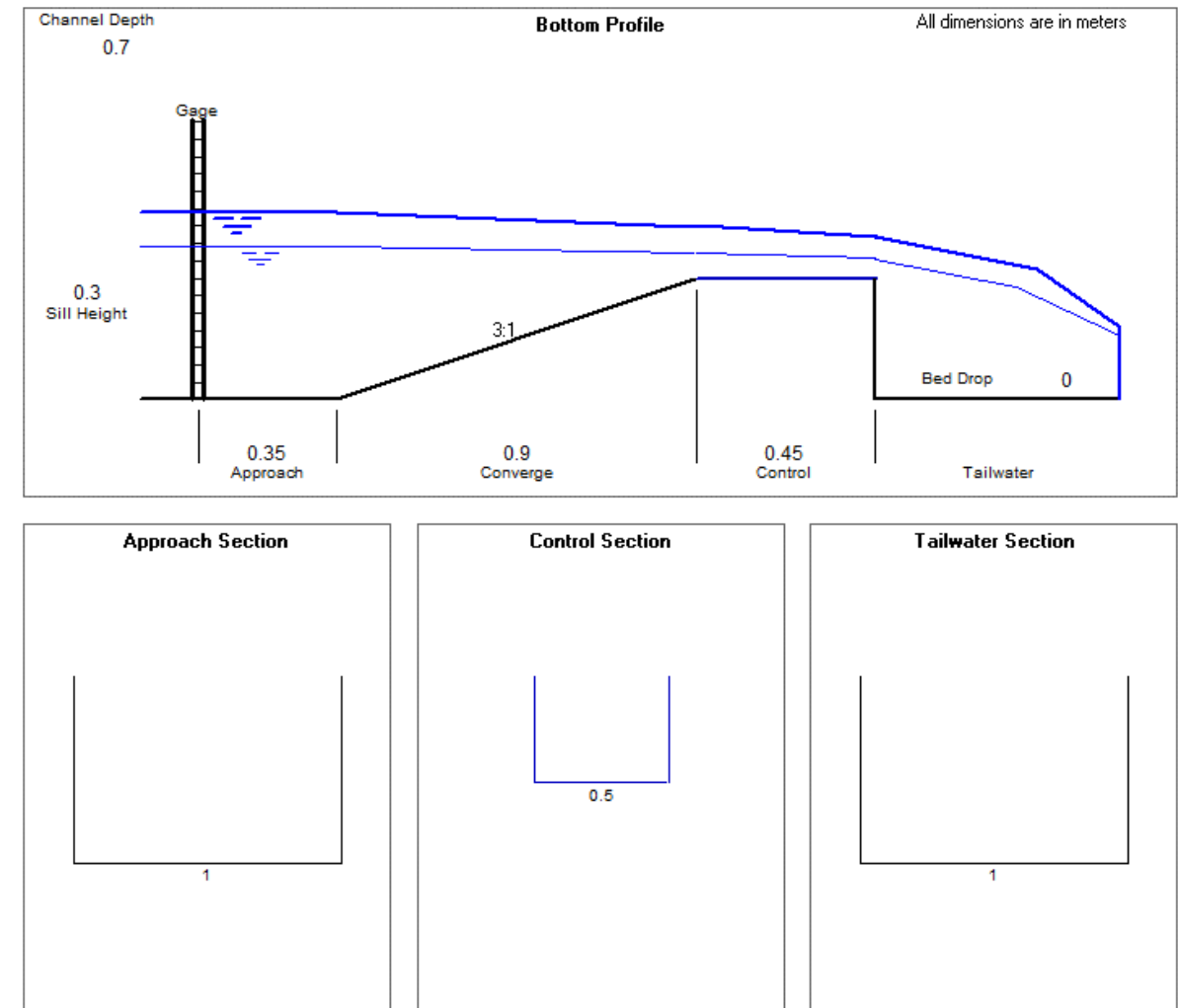


Tabla 3.- Tabla de calibración del AGL 3

Aquí se presenta la tabla de calibración del tercer AGL,

- La relación carga – gasto es cambia debido a la contracción en la garganta y se incrementa la carga para un mismo gasto. En la tabla puede verse que puede suministrar gastos similares a los anteriores AGL's pero con mayores cargas, cuando se tienen aproximadamente 60 l/s, se tiene un tirante máximo a la salida de 11.8 cm con un tirante de medición de 17 cm, requiere de una carga de 5.2 cm para funcionar.
- Este AGL tampoco tiene una rampa de salida debido a que es para situaciones con carga suficiente.

H ₁ [m]	Q [m³/s]	Fr	ΔH [m]	H ₁ /L	H _{2 max} [m]	Límite Modular [m]
0.05	0.0092	0.0142	0.0184	0.1112	0.0316	0.6322
0.06	0.0122	0.0180	0.0216	0.1335	0.0384	0.6400
0.07	0.0154	0.0218	0.0247	0.1558	0.0453	0.6471
0.08	0.0189	0.0257	0.0278	0.1781	0.0522	0.6536
0.09	0.0226	0.0296	0.0307	0.2004	0.0593	0.6598
0.10	0.0265	0.0335	0.0335	0.2227	0.0665	0.6656
0.11	0.0307	0.0373	0.0363	0.2451	0.0737	0.6710
0.12	0.0350	0.0411	0.0390	0.2675	0.0810	0.6761
0.13	0.0395	0.0447	0.0415	0.2899	0.0884	0.6818
0.14	0.0442	0.0483	0.0441	0.3123	0.0958	0.6861
0.15	0.0490	0.0519	0.0467	0.3347	0.1032	0.6903
0.16	0.0541	0.0553	0.0491	0.3572	0.1107	0.6943
0.17	0.0593	0.0587	0.0516	0.3797	0.1182	0.6981
0.18	0.0646	0.0621	0.0540	0.4021	0.1258	0.7018
0.19	0.0701	0.0653	0.0563	0.4246	0.1334	0.7053
0.20	0.0758	0.0685	0.0586	0.4472	0.1411	0.7087
0.21	0.0816	0.0716	0.0609	0.4697	0.1488	0.7120
0.22	0.0876	0.0746	0.0631	0.4922	0.1565	0.7151
0.23	0.0937	0.0776	0.0653	0.5148	0.1643	0.7181
0.24	0.1000	0.0805	0.0675	0.5374	0.1721	0.7210
0.25	0.1064	0.0833	0.0696	0.5600	0.1799	0.7238
0.26	0.1129	0.0861	0.0717	0.5826	0.1877	0.7264
0.27	0.1196	0.0887	0.0738	0.6052	0.1956	0.7289
0.28	0.1264	0.0914	0.0759	0.6278	0.2034	0.7314
0.29	0.1333	0.0939	0.0779	0.6505	0.2113	0.7338
0.30	0.1404	0.0965	0.0800	0.6731	0.2192	0.7360

CONCLUSIONES



- En este trabajo se mostraron tres Aforadores de Garganta Larga (AGL) para Tomas Granja útiles para su instalación en las tomas de las parcelas RIGRAT. Estos AGL son la estructura de medición que mejor se adapta para su utilización en la rehabilitación de estructuras de medición en Tomas Granja para su aplicación en forma masiva, sin embargo, si ya existen estructuras (Parshall, Guamúchil, Venturi, etcétera) que requieren poco inversión para su rehabilitación es mejor es no cambiar de estructura.
- Aunque la calibración de los AGL no tiene una ecuación analítica, es posible obtener una ecuación por regresión que represente la calibración con diferencias o errores menores del 0.1%, lo que es muy práctico en el caso de pretender la instalación de telemetría. Esto hace que los AGL sean de gran utilidad bajo condiciones mínimas de tecnificación, usando solo la escala de calibración, o instrumentando la medición con sensores de nivel.