

Estacion hidro-eléctrica para irrigacion en los Estados Unidos

(Estractado del *Engineering News* de Julio 6 de 1911)

POR

R. ECHEVERRIA

El tema de la trasmision eléctrica de enerjía aplicada a la irrigacion abarca un ancho campo de la ingenieria eléctrica, hidráulica i mecánica. Esta cuestion que presenta problemas de finanza i de agricultura debe ser también considerada bajo el punto de vista humanitario. Existen numerosas i distintas condiciones que conducen al uso de la trasmision de enerjía para elevar agua con fines de irrigacion.

Las mas importantes de estas condiciones son las siguientes.

- 1.º En algunos casos las tierras altas que no pueden ser dominadas por canales de gravedad, pueden ser alcanzadas por medio de la elevacion mecánica de agua desde los canales de gravedad a los canales de alimentacion de tales terrenos altos;
- 2.º El área regada puede ser ventajosamente estendida mediante la elevacion de agua de pozos, surtidos por manantiales subterráneos; i
- 3.º La elevacion de agua mecánica puede ser aplicada al drenaje de los terrenos bajos, mediante el acarreo de sus aguas para otro regadío o a zanjias de desagüe.

En conexion con las diversas obras, frecuentemente ocurre que una cantidad considerable de enerjía hidráulica puede desarrollarse ventajosamente, i en tales casos esta enerjía puede ser trasmitida i aplicada a las numerosas aplicaciones enumeradas mas arriba.

En todo proyecto de irrigacion, sea por gravedad o por elevacion mecánica, la primera cosa que debe tenerse en cuenta es si la obra será remunerativa. Esto es, si las tierras son capaces de hacer frente al costo de la instalacion i a los gastos de explotacion de la misma. En esto debe considerarse el clima i la naturaleza de los productos que puede obtenerse del suelo en cuestion.

En algunas localidades un costo de \$ 40 (americanos) por acre seria un precio límite de instalacion. En otros casos un costo de \$ 100 por acre no seria excesivo. El

costo de mantenimiento i explotación puede variar desde \$ 2 hasta \$ 30 por acre i por año, siendo la naturaleza de la cosecha el punto de control. Podría mencionarse que la alfalfa crece en suelos del sur de California regados por agua elevada de pozos, i que las arboledas de naranjos son regadas por agua bombeada, en algunos casos a alturas de 200 piés, ambos con éxito financiero manifiesto.

Proyecto de Minidoka

Central de fuerza.—En la parte sur de Idaho, a lo largo del río Snake, la oficina de mejoramiento de terrenos de E. U. ha construido la instalación conocida bajo la denominación de proyecto Minidoka. Este comprende 130 000 acres (1), de los cuales, aproximadamente 70 000 del lado norte del río i 10 000 en el lado sur, del río son alimentados por gravedad i el resto, 50 000 acres en el lado sur surtidos con agua bombeada de los canales de gravedad del lado sur.

El tranque de Minidoka, proyectado primeramente para efectuar la desviación del agua en los canales de gravedad, fué construido en el curso de los años 1904 a 1906. Es un tranque celular de concreto relleno con piedra, que se encuentra colocado al pie de los rápidos en el Snake River. Crea una caída media de 46 piés a través de los varios escalones de la descarga del río i ofrece así una excelente oportunidad para la obtención de energía.

Una excavación profunda fué hecha a través de la formación de lava en el lado norte del río i en ella se fundó el muro de concreto.

En Febrero de 1908 se dieron instrucciones para ejecutar los planos i la construcción de una planta con el objeto de obtener energía para elevar agua a terrenos altos situados a 15 millas de distancia. Esta obra fué inmediatamente emprendida i llevada a cabo con toda la rapidez posible. El 8 de Mayo de 1909, una unidad de la planta de fuerza i una unidad en cada una de las tres estaciones de bombas fueron puestas en trabajo en la estación de riego.

El equipo de la planta de fuerza incluye 5 alternadores trifases verticales de 1.400 KVA i 60 períodos, conectados cada uno con una turbina de 180 HP, i 5 transformadores trifases que proporcionan la corriente a 33 000 volts.

Las turbinas están situadas en el paso mas bajo del edificio de la central i asentadas sobre sólidos arcos de concreto reforzado. Los alternadores descansan sobre una estructura del mismo material i están acoplados directamente al eje de las turbinas.

Las turbinas fueron estudiadas para una caída efectiva de 46 piés, para carga máxima de 2 000 caballos i 200 vueltas por minuto. El rendimiento máximo garantido es 81,5%. La eficiencia media garantida entre media i plena admisión es 77%.

Las características de las maquinarias eléctricas son: alternador: factor de potencia 80%, rendimiento a plena carga 96 %, temperatura a plena carga 40°; transfor-

(1) Un acre=4046,8 m.²

mador: factor de potencia 0,9%, temperatura a plena carga 40°, eficiencia en plena carga 98,4 %.

Trasmision.—La línea de trasmision, que consiste en un circuito simple de alambre de cobre núm. 3 i núm. 5 B. & S. que va dispuesto sobre postes de madera, tiene 22 millas de largo i cruza el Snake River en un tramo de 1 150 piés de luz, en un punto situado a 11 millas mas abajo de la estacion de fuerza.

Una segunda línea se ha construido en el lado sur del rio, con alambre núm. 5, i ambas serán conectadas en sistema combinado a traves de las estaciones i hácia las ciudades que deben ser alimentadas con luz i fuerza.

Bombas.—Hai tres estaciones de bombas, cada una de las cuales está destinada a elevar agua a 31 piés. La núm. 1 tendrá cinco bombas, 4 de 125 pié-segundo de capacidad i una de 75 pié-segundo de capacidad; la núm. 2 con 4 bombas de 125 pié-segundo de capacidad cada una i la núm. 3 con 3 bombas, 2 de 125 i una de 75 pié-segundo de capacidad.

El tipo corriente de bomba horizontal con las válvulas de pié necesarias, habria exigido una tosca i costosa planta, i tal disposicion habria requerido un espacio mucho mayor que el ocupado por las unidades verticales, las cuales fueron aceptadas en definitiva.

Las válvulas de pié por si solas habrian introducido una seria pérdida de carga por la considerable friccion que ofrecen, i el control de la descarga del agua por medio de válvulas compuertas, habria orijinado una instalacion costosa i un considerable manantial de molestias en el trabajo.

La idea de manejar estas bombas por medio de una compuerta cilíndrica, análoga a las usadas en las turbinas hidráulicas, que resultó de un estudio cuidadoso del problema, fué llevada a cabo con resultados mui satisfactorios. Por medio de esta compuerta el caudal de agua en los canales esta bien controlado por el operador de la estacion de bombas.

Las bombas se han instalado en compartimentos separados i estan directamente conectadas con los motores sincronos acoplados directamente sobre ellas i soportados por una estructura de concreto reforzado. Como en el caso de los jenaradores en la estacion de fuerza, el peso de los elementos en rotacion es soportado por los descansos de empuje colocados en la parte superior de los motores. En este caso, sin embargo, el descanso es de tipo de rodillo, sistema que ha sido adoptado a fin de reducir la friccion a un mínimo en el derramaje de los motores.

Las compuertas de planchas de acero que son actuadas por motor, son accionadas para admitir el agua de la cámara de admision a los pozos de las bombas; se han provisto dos compuertas para cada pozo. Se ha dispuesto que las bombas puedan actuar fuera de los pozos, a fin de que los motores sincronos puedan partir sin otra carga que la friccion i resistencia de las partes rotativas. Con este objeto una bomba centrífuga auxiliar de 6" ha sido dispuesta de tal manera que su succion pueda ser conectada a cualquier pozo, estrayendo así completamente el agua ántes de la partida del motor.

Los motores que actúan sobre las bombas de 125 pié-segundo son sincrónicos con 300 revoluciones por minuto, recibiendo corriente a 2 200 volts.

El cuadro núm. 1, que indica el costo de construcción de las obras, es de interés si se tiene en cuenta las difíciles condiciones bajo las cuales fué construida esta planta. Las cifras dadas en el cuadro no incluyen el costo de las casas de obreros ni la hechura de caminos de acceso. Estos ítems han sido omitidos en vista que dependían de las condiciones locales de cada caso. El costo de construcción, sin embargo, incluye varios ítems, tales como la ejecución de las pruebas preliminares de los aparatos hidráulicos, el costo de las construcciones temporales para guardar las maquinarias durante los trabajos de instalación, i otros ítems exigidos por las condiciones en que la planta fué construida.

CUADRO I

COSTO DE CONSTRUCCION DE LA ESTACION DE FUERZA I DE BOMBAS DE MINIDOKA,
EN PESOS AMERICANOS.

	Estacion de Fuerza	Estacion de Bombas N.º 1	Estacion de Bombas N.º 2	Estacion de Bombas N.º 3	Línea transmisora	TOTAL
Capacidad	k-w 6 500	k-w 2 500	k-w 3 000	k-w 1 300	k-w 6 500	k-w 6 500
Construcciones	\$ 80 200	\$ 34 500	\$ 40 300	\$ 19 200	.....	\$ 174 200
Maquinaria	167 600	78 800	73 600	32 500	.....	352 500
Fletes i trasportes.....	25 100	11 800	10 600	6 100	.....	53 600
Montaje.....	62 300	18 200	16 800	8 600	.....	105 900
Dirección técnica.....	13 600	5 600	5 300	2 800	.....	27 300
Pérdidas	56 600	.....	.....	.....	.....	56 600
Cañerías de presión .....	.....	19 000	14 000	16 600	.....	49 600
Línea de transmisión doble.	.....	.....	.....	.....	\$ 35 000	35 000
TOTAL.....	\$ 405 400	\$ 167 900	\$ 160 600	\$ 85 800	\$ 35 000	\$ 854 700
Costo por unidad.....	63,00	67,00	53,00	66,00	5,40	132,00

En el cuadro II se indica la evaluación de gastos de explotación basada en el costo del trabajo durante la estación de 1910 i referida a la porción de maquinaria entonces instalada.

Hai dos operadores en cada relevo en la central i un sólo operador en cada relevo de las estaciones de bombas. El costo de las reparaciones durante la estacion de 1910 fué tan excesivamente bajo que las cifras indicadas en el cuadro son en exceso superiores actualmente. Esta observacion es tambien aplicable a los gastos de administracion i gastos jenerales. Una amortizacion de 5% anual ha sido aceptada en las instalaciones de fuerza, incluyendo edificios, i 10% por año en las líneas de trasmision.

CUADRO II

ESTIMACION DE LOS GASTOS DE ESPLOTACION MENSUALES DE LA INSTALACION DE BOMBAS DE MINODOKA, BASADO EN EL COSTO DURANTE LA ESTACION DE 1910 CON ESCLUSION DE LA ATENCION DEL CANAL.

	Estacion de Fuerza	Estacion de Bombas N.º 1	Estacion de Bombas N.º 2	Estacion de Bombas N.º 3	Líneas de trasmision	TOTAL
Capacidad	k-w 6 500	pié seg. 575	pié seg. 500	pié seg. 325	pié seg. 6 500	.....
Trabajo	\$ 700	\$ 300	\$ 300	\$ 300	\$ 100	\$ 1 700
Materiales	150	30	30	15	5	230
Reparaciones	75	20	20	10	10	135
Direccion i gastos jenerales	400	200	200	150	40	900
Amortizacion	1 460	670	670	350	300	3 450
Total	2 785	1 220	1 220	825	455	6 505
Acre-pié bombeado .....	.. ..	25 000	20 000	15 000	.....	.....
Acre-pié a un pié de altura	.....	750 000	600 000	450 000	.....	1 800 000
Kilowats-hora	3 600 000	1 500 000	1 200 000	900 000	.....	3 600 000
Costo por acre-pié a 1' alt.	0,154 ct.	0,163 ct.	0,203 ct.	0,183 ct.	.....	0,362 ct.
Costo por kilowat-hora	0,77 ct.	.. ..	.....	.....	.....	0,18 ct.
Costo acre-pié por estacion	.....	.....	.....	.....	.....	78 ct.

Estimaciones hechas para los 6 meses de la estacion de irrigacion presumen que los gastos de explotacion del invierno se cubren con la venta de fuerza.

Las cifras que indican el acre-pié bombeado por cada estación fueron obtenidas comparando la capacidad instalada i el acre-pié bombeado durante la estación de 1910, con la capacidad de las diversas estaciones de bombas obtenida últimamente, i se ha encontrado que las cifras así obtenidas están bien controladas por el total del agua que se ha estimado necesaria para el éxito de las cosechas en estas tierras o sean 3 acre-pié por acre por estación. El acre-pié bombeado a un pie de alto fué deducido para cada estación multiplicando el total de acre-pié para esa estación por la altura neta aproximada de elevación, de 30 pies. Los resultados de la última estación han mostrado que los kilowatts-hora generados en la planta de fuerza fueron casi exactamente el doble del acre-pié bombeado a 1 pie por las estaciones de bombas i, en consecuencia, 1 kilowatts-hora es igual a 1,01 acre-pié a 1 pie alto, lo que indicaría una eficiencia de trabajo desde la estación de fuerza hasta el punto de entrada del agua en los canales muy próxima a 50%.

Esta eficiencia de trabajo actual podrá ser comparada con el cuadro adjunto que indica las eficiencias a plena carga, partiendo del agua detras del tranque, i comprendiendo los trabajos del sistema completo hasta el punto de entrega del agua en los canales superiores. El gasto de explotación por acre bombeado a 1 pie de alto, dado por las diversas estaciones elevadoras, podrá ser tomado en cuenta para representar lo que una compañía podría contar para el pago de los gastos de explotación con esclusión del costo de la energía en una estación de bombas de ese carácter.

CUADRO III

EFICIENCIA A PLENA CARGA.

	EFICIENCIA %	Eficiencia neta del agua del tranque, %
Turbinas	81,5	81,5
Generadores.....	96,0	78,0
Transformadores de partida.....	98,4	77,0
Líneas de transmisión	90,0	69,3
Transformadores de llegada.....	98,0	67,9
Motores.....	94,0	63,8
Bombas.....	72,5	46,3

En el cuadro de gastos de explotacion se ha estimado que el total de gastos de explotacion en el invierno, incluyendo los gastos fijos, será cubierto por la venta de fuerza, i que los terrenos bajo las estaciones de bombas no serian recargados con gastos de la estacion de invierno. En tales sistemas, en que un gran consumo de potencia se requiere sólo durante la época de irrigacion, el desarrollo de los consumos de invierno es mui deseado i con este objeto las líneas de trasmision se han extendido a los centros poblados, en donde se vende enerjía para objetos comerciales.
