

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

DOS GRANDES PROYECTOS DE RIEGO EN RUSIA

I

En la actualidad el Gobierno ruso está convirtiendo en regadío grandes extensiones de terrenos improductivos. Al hacer la descripción de los proyectos rusos, tomándola del *Engineering News*, citaremos algunos datos de proyectos de riego en España para que puedan servir de término de comparación.

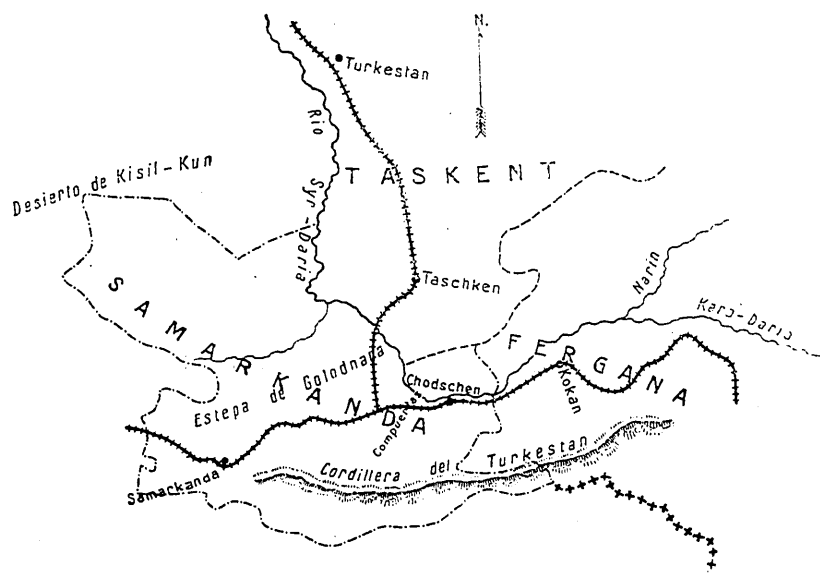
Las dos grandes extensiones que el Gobierno ruso está poniendo en riego son: una en la estepa de Golodnaya, con 50.425 hectáreas, situada en la provincia de Samarkanda y comprendida entre el río Syr-Daria, los montes centrales del Turkeistán y

de climas. En términos generales la cantidad de lluvia anual varía entre 396 y 711 milímetros, exceptuando las provincias del Oeste en Rusia Europea, donde la lluvia excede el límite mayor y en el Cáucaso y Turkeistán en que es inferior al menor de los citados números.

La mayor parte del SO. de la Rusia Europea pertenece a la zona en la que la agricultura sólo parcialmente depende del riego. El Turkeistán y la parte Este de la Transcaucasia son el prototipo de las tierras áridas, en el verdadero sentido de la palabra, y requieren el riego para poder ser cultivadas.

La estepa de Golodnaya está comprendida entre el paralelo 40 y 41 y tiene una altitud media de 298 metros. La superficie de esta comarca es de 769.500 hectáreas, de las que sólo es posible regar una parte.

La situación de la estepa de Golodnaya entre las ricas provincias de Samarkanda, Taskent y Fergana, con las que está uni-



el desierto de Kisil-Kun (véase figura). De este proyecto nos ocupamos en el presente artículo.

En otro describiremos el proyecto de riego en la estepa de Mugan, con una extensión de 188.325 hectáreas, situada cerca al mar Caspio.

Dentro de los límites del Imperio ruso, limitado entre el meridiano 17 y el 191 y el 35 y 78 paralelo hay una gran variedad

da por líneas férreas, á más de un suelo fértil y á un clima favorable garantizan el éxito de la empresa.

El clima de la estepa de Golodnaya es continental y está caracterizado por ser muy extremado. Los veranos son largos y calurosos, y los inviernos algunas veces muy fríos. La temperatura alcanza un máximo de 42° 19 C. á la sombra y una mínima de — 28° 88 C. La máxima media mensual en un período de seis

años fué de 28° 33 C. y la mínima de — 7° 22 C. Las bajas temperaturas sólo se registran durante poco tiempo. Por el contrario, el calor se deja sentir durante un largo período del año. Una media de seis años muestra que el número de días en que el termómetro no bajó de cero, fué de 209 en el año.

La lluvia es relativamente escasa, y la mayor parte durante el invierno. La media de lluvia durante seis años fué de 312 milímetros, pero si se hubiera observado durante un período de años mayor, seguramente sería menor. De esta cantidad tan sólo 14 milímetros se debieron á lluvias de Junio, Julio, Agosto y Septiembre.

La pequeña precipitación, la gran sequedad del aire y el hecho de que el período seco del año coincida con las mayores temperaturas, hacen el riego indispensable para el cultivo. Solamente durante un corto período al principio de la primavera la estepa se cubre con una lujuriante vegetación, pero en Mayo el sol y la falta de humedad la convierten en un desierto, que muy justificadamente lleva el nombre de Estepa del Hambre.

Sin llegar en algunos extremos á los de esta estepa, el clima de España se le parece en algunas regiones. La depresión del Ebro en las proximidades de Zaragoza, con precipitación media de 200 á 300 milímetros y lluvias casi nulas durante el verano, es muy semejante á la estepa rusa.

El agua para el riego de la estepa de Golodnaya se deriva del río Syr-Daria, que es la única corriente que puede proporcionar la cantidad necesaria para el riego de una gran extensión.

Es un hecho que hay más terreno en el Turkeistán del que se puede regar. El total del agua de los seis grandes ríos que se pueden utilizar para riego en el Turkeistán y la Transcaucasia (Illi, Chao, Syr-Daria, Ama-Daria, Arrax y Kara) es de 114.878 millones de metros cúbicos. (El aforo de los principales ríos españoles da una cantidad de agua anual de 29.000 millones de metros cúbicos; contándolos todos, probablemente no llegará á 50.000 millones.)

Si se calculan para cada hectárea 5.000 metros cúbicos de agua anuales se podrían regar 22.975.600 hectáreas. Dadas las altas temperaturas que allí se dejan sentir, quizá sea escasa esta dotación y sea preciso duplicarlas reduciéndose, por lo tanto, á la mitad la zona regable.

El río Syr-Daria nace en las montañas del central Tian-Shan, donde sus dos ramas se denominan Narin y Kara-Daria. Ambos son de régimen torrencial en sus tramos inferiores. Después de abandonar las montañas, cada río corre á través de la provincia de Fergana, donde una gran longitud del Kara-Daria se emplea para el riego por los naturales del país. El Syr-Daria corre á través de Fergana y después atraviesa las montañas de Nogol Tau, en la gran llanura central de Asia, á través de la cual corre en 1.303 kilómetros hasta desembocar en el mar de Aral. La longitud total del río es de 2.300 kilómetros.

Al revés de lo que sucede en la generalidad de los ríos españoles, el mínimo del caudal del Syr-Daria es en invierno, teniendo, por lo tanto, su máximo en el verano, debido á la fusión de la nieve en las altas montañas; de aquí las grandes ventajas que esto trae consigo, pues coinciden las necesidades de agua para el riego con los máximos en el río.

Evítanse de este modo los reguladores de agua que tan caros serían para almacenar el agua necesaria para el riego de enormes extensiones.

El caudal del río se ha aforado desde 1903; en el cuadro adjunto se dan las medias anuales del Syr-Daria durante un período de ocho años, tomados del servicio Hidrométrico del Turkeistán.

Caudal medio anual del Syr-Daria desde el 1903 al 1910.

(Aforo hecho en la toma del canal principal.)

AÑOS	Caudal. M ³ por segundo
1903.....	744,10
1904.....	633,92
1905.....	434,75
1906.....	483,93
1907.....	633,92
1908.....	948,05
1909.....	633,92
1910.....	650,90

El máximo caudal pasa durante los meses de Mayo y Junio y el mínimo en Enero. Durante el período de 1903 á 1910 el máximo fué de 3.085 metros cúbicos por segundo, mientras que durante el mismo período el mínimo fué de 194 metros cúbicos por segundo.

El río español que mayor cantidad de agua vierte al mar es el Ebro, con 14.000 millones de metros cúbicos al año.

La cantidad media de agua vertida al mar por el Syr-Daria es de cerca de 20.000 millones de metros cúbicos.

El riego se conoce en el Turkeistán desde remotos tiempos. Grandes extensiones de terreno que hoy aparecen abandonadas y desiertas, se han regado antiguamente.

En la actualidad no existen Empresas de riego importantes construídas ó explotadas por particulares, todas están á cargo del Gobierno ruso. El primer proyecto de riego de alguna importancia en Rusia fué el de los riegos en los dominios Imperiales en el río Morgab.

Aunque la estepa de Golodnaya no parece haberse regado extensamente en la antigüedad, la leyenda indica que lo fué. El hecho de que el río esté 15 metros más bajo que el suelo de la estepa, hace muy difícil suponer que los naturales del país pudieran llevar el agua á la estepa, y todas sus obras se reducen á unos pocos y pequeños canales, cuyos vertigios aun se pueden ver. Solamente las tierras bajas á lo largo del río y situadas en el principio de los pequeños valles se regaron algo extensamente.

Al ocupar Rusia la comarca renació la idea de regar la estepa de Golodnaya con las aguas del Syr-Daria. Durante los últimos cuarenta años se intentó varias veces la empresa, pero por distintas causas fracasaron estos intentos. Solamente llegó á terminarse el canal del Emperador Nicolás I, que riega 12.960 hectáreas, algo más que la zona que regará el pantano del Guadalcacín (12.257 hectáreas).

Los primeros pasos para regar grandes extensiones en la estepa de Golodnaya se dieron por el Gobierno ruso, en el año 1895. Los actuales trabajos para el riego en el Norte de la estepa principiaron en 1901 y se prosiguieron lentamente, por falta de dinero, hasta 1911, en cuyo año continuaron vigorosamente.

A fines del 1913, más de la mitad de trabajo estaba terminado. La superficie regada es de 48 600 hectáreas, sin contar las 12.960 que riega el canal de Nicolás I, y que no está incluido en este proyecto.

El proyecto consta de las compuertas de toma, de 52,463 kilómetros de canales principales, de 176,02 kilómetros de canales de distribución y principales de drenaje, de 1.255,26 kilómetros de canales laterales (acequias principales) y secundarios de drenaje, reguladores, tomas de agua, puentes, etc., en conjunto 540 obras de fábrica.

Durante la construcción, el movimiento de tierras ha sido de 12.600.000 metros cúbicos, de los que un 46 por 100 fueron del canal principal. La superficie dominada por el canal es.

de 87.480 hectáreas, algo menos que las dominadas por el canal de Aragón y Cataluña (105.000), y algo más que las del canal de Urgel (69.000). De éstas tan sólo se regarán por el momento 50.625 hectáreas. El coste total se evalúa en 18.958.800 pesetas, ó sean 379,17 pesetas por hectárea regada. Este coste está comprendido entre el de la zona regable del canal de Urgel (407 pesetas por hectárea), y el de la zona regable del canal de Aragón y Cataluña (304 pesetas por hectárea).

No se ha construido presa de toma, y para asegurar que el canal lleve toda su dotación, aun con las menores aguas y aunque se construyan los canales de riego proyectados en la parte de aguas arriba, se ha colocado el umbral de las compuertas á los haces con el fondo del río.

Las compuertas de toma son análogas á las empleadas en los canales de riego de la India.

Están formadas por aberturas rectangulares de $1,89 \times 3,15$ metros separados por filas de mampostería de $8,61 \times 1,05$ metros. Las filas están cimentadas sobre un macizo de hormigón de 2,62 metros de espesor paramentadas en bloques de granito de $0,32 \times 0,55$ metros. La entrada de agua al canal se regula por compuertas de acero manejadas por un tornillo sin fin desde el puente de maniobras.

Para impedir la entrada de los arrastres en el canal se coloca una fila de troncos de árbol en el frente de las compuertas, tomándose así el agua relativamente clara en la superficie. Para reducir el efecto de la caída del agua sobre la solera se ha dispuesto una fila de troncos de árbol en la parte posterior de las filas, formándose así un colchón de agua. Hasta una distancia de 735 metros desde las compuertas, la solera y las paredes del canal están revestidas con mampostería y hormigón. El coste de todas estas obras de toma es de 1.491.840 pesetas; solamente 265.160 pesetas menos que la presa del Guadalquivir, completamente terminada.

La longitud del canal principal desde las compuertas de toma hasta el punto en donde alcanza la meseta y se divide en dos canales principales de distribución, es de unos 37 kilómetros.

La primera parte del canal está construida con aglomerado y grava, después de lo que el canal se desarrolla principalmente en trincheras; hacia el final del canal es donde se encuentran mayores cotas, siendo la mayor la de 15,90 metros.

Las dimensiones del canal principal se han determinado teniendo en cuenta el terreno atravesado. El ancho en la solera oscila entre 16,90 y 29,4 metros y la profundidad entre 1,57 y 2,84 metros; la pendiente es algo mayor que la usada en canales de estas dimensiones; varía entre 0,0001 y 0,0007. En los canales de la zona regable del Guadalquivir para la sección máxima de $5,35 \times 11,35 \times 2$ metros, la pendiente es de 0,00015 y de 0,00065 para una sección de $0,55 \times 3,40 \times 0,95$ metros.

En el canal imperial de Aragón, bien que construido para la navegación con un caudal de 30 metros cúbicos y una sección de $24 \times 3,40$, la pendiente es de 8 centímetros por kilómetro. Se ve, por lo tanto, que las pendientes del canal ruso son bastante mayores que las corrientemente empleadas.

El caudal del canal es de 31,384 metros cúbicos, mayor que el del canal imperial de Aragón y menor que el de Urgel (33 metros cúbicos). En los sitios en que el canal va en trinchera, los taludes de las tierras son de $1,5 \times 1$, el talud de los terraplenes es de 2×1 y una banqueta de 6,30 metros.

El movimiento de tierras fué de 6.260.000 metros cúbicos, con un coste de 6.293.700 pesetas, es decir, á muy poco más de una peseta el metro cúbico; 204.820 metros cúbicos se excavaron en conglomerado y grava; la excavación en el origen del canal se hizo con excavadoras y el resto á brazo.

En el kilómetro 37 el canal principal se divide en dos ramas que son prácticamente dos canales principales. El canal de la derecha se terminó por completo en 16 de Mayo de 1914, mientras que el de la izquierda sólo se ha construido parcialmente, dejando su terminación para más adelante.

El canal de la derecha podrá conducir un caudal de 16,98 metros cúbicos, y el de la izquierda 36,62.

El canal de la derecha tiene una longitud de 47,14 kilómetros y el de la izquierda de 53,47.

El canal, tanto el izquierdo como el derecho, van casi en su totalidad en terraplén, alcanzando éstos la cifra de 2.271.500 metros cúbicos; la banqueta varía entre 3,15 y 5,25 metros, siendo el talud de las tierras 2×1 . La pendiente del canal oscila entre 0,0001 y 0,0005.

En la construcción de los terraplenes se han tomado precauciones especiales, siempre regando y apisonando las tierras. En algunos trozos de canal se procedió de un modo especial; se formaron unas albercas con terraplenes de pequeña cota, dentro de las que se vertieron las tierras y se introdujo agua dejando que las tierras se sedimentaran, y después se extrajo el agua. Los terraplenes así obtenidos parecen mejores que los construidos por el metodo corriente.

El sistema de canales secundarios lleva el agua hasta las parcelas de 148 hectáreas, pero como la tierra se venderá en parcelas de 8 á 11 hectáreas, es muy probable que el Gobierno construya los canales secundarios hasta llevar el agua á estas pequeñas parcelas, dejando al propietario solamente el cuidado de hacer las acequias de distribución dentro de la finca.

Las tomas son de hormigón en masa y hormigón armado con compuertas de acero. Cuando el proyecto esté terminado existirán 459,80 kilómetros de canales secundarios y 510 tomas.

En la construcción de los canales secundarios se han empleado excavadoras y otras veces se ha realizado el trabajo á brazo.

La pequeña inclinación del terreno en la estepa, la poca profundidad de la capa preática, la presencia de sales y la posibilidad de su aumento con el riego, han impuesto la necesidad de proyectar y construir un sistema de drenaje al mismo tiempo que los canales de riego.

El canal principal de drenaje está situado entre el canal izquierdo y el derecho, con una longitud de 57,60 kilómetros y un caudal de 14,57 metros cúbicos. El objeto de los canales de drenaje no es el de conducir el exceso del agua de riego tan sólo, sino también recoger alguna de la caída en la superficie para conducirla á través del colector principal al río.

Con el proyecto descrito, solamente la parte NO. de la estepa estará en disposición de regarse; pero simultáneamente con la construcción se han tomado los datos para redactar un proyecto ampliando la zona regable.

Dentro de poco las tierras regadas en el Turkestan serán 529.000 hectáreas, es decir, las zonas de riego españolas de los Riegos del Alto Aragón, Canal de Aragón y Cataluña, Canal de Urgel, Canales de la delta del Ebro y Canales del Guadalquivir; 237.600 hectáreas corresponden al NO. de la estepa de Goloduya. 279.200 hectáreas á la parte Sur y alrededor de 12.400 están situadas en la margen derecha del Syr-Daria, en la estepa de Dalversin.

Para esta ampliación de la zona regable algunas modificaciones habrá que introducir en las obras de toma que no han sido proyectadas para un caudal tan grande. Es posible se construya una presa en el río ó encima de las compuertas de toma. Por medio de esa presa el nivel del río se elevará directamente á la al-

tura de la estepa. El salto así creado en el canal se podrá utilizar para producir energía eléctrica.

La construcción de las obras ha sido dirigida por F. Tolwa-cheffo.

RAMÓN MARÍA SERRET.

Electrificación por corriente continua de las líneas S. de Chicago, Milwaukee y ferrocarril de St. Paul.

El plan de electrificación de la primera central abastecedora de los ferrocarriles de Chicago, Milwaukee y St. Paul, acaba de completarse con los contratos de la General Electric C.^o de She-nectady, Nueva York, para la adquisición de locomotoras eléctricas, aparatos de las subestaciones y material de línea y con Montana Power C.^o para la construcción de la transmisión y líneas de trole.

La electrificación inicial de 1.864,50 metros de la línea principal entre Ihree Yorks y Deer Lodge, es la primera parte, para ejecutar después la electrificación de cuatro centrales divisionarias que se extenderán desde Harlowton Montana hasta Avery Idacho, que como comprende una extensión de más de 7.260 metros, llegarán a sumar 650, comprendiendo los apartaderos y talleres. Cuando esté ya equipado con talleres y todo este trozo, se entenderá que deben ampliarse los proyectos para llegar con la electrificación desde Harlowton hasta la costa, una distancia de 14.025, siempre que los resultados obtenidos en las instalaciones establecidas demuestren la bondad de la explotación.

La instalación del ferrocarril Chicago Milwaukee y St. Paul, tienen un especial interés, porque son las primeras que han conseguido instalar y funcionar locomotoras eléctricas con remolque y divididas en varias unidades acopladas; y en tales condiciones, se afirma que las ventajas de la electrificación son indudables.

Varias instalaciones terminales y en túneles se consideran más ó menos urgentes, según las condiciones locales; pero la electrificación de estos sitios se ha emprendido simplemente en aquellos que es económico el establecimiento, esperando que los buenos resultados de las locomotoras eléctricas efectúen una reducción apreciable en la actual explotación por vapor, que llevarán un tanto por ciento remunerador á los elementos complementarios indispensables.

El éxito del funcionamiento eléctrico en tan grande escala, planteará bien pronto problemas de ingeniería y económicos que servirán de precedentes á los ejecutores de instalaciones similares y limitarán los problemas factores á una cuestión sencilla sobre el capital necesario.

La primera determinación tomada para ir hacia la electrificación del ferrocarril de Chicago Milwaukee y St. Paul, fué cerrar un contrato con la Compañía Montana Power para el suministro de energía sobre 7.260 metros de la línea principal, que se consideran de inmediata electrificación. Las precauciones tomadas por la Empresa ferroviaria y la Compañía suministradora para asegurar el suministro continuo de energía, se garantizarán por un surtido de corriente que únicamente podrá sufrir interrupciones momentáneas.

La Compañía Montana Power tenderá la línea en gran parte de Montana y en parte de Idacho con sus nuevas líneas de transmisión, las que son alimentadas por un número de suministros que suman una capacidad desarrollada y en marcha próxima de 244.000 kilovatios.

Los centros suministradores están interconectados por líneas de transmisión sustentadas por postes de madera y que funcionan á 50.000 voltios para las primitivas instalaciones y por torretas de acero á 100.000 voltios en las modernas.

Debido á las grandes facilidades conseguidas y al bajo coste de construcción por las favorables condiciones de establecimiento, la Compañía del ferrocarril ha conseguido la energía á un tipo de contrato de 0,00536 de dólar por kilovatio-hora bajo la base de un factor de carga del 60 por 100. Se espera que bajo tales condiciones el costo de potencia de las locomotoras será considerablemente menor que el conseguido hoy con carbón. El contrato entre el ferrocarril y la Empresa suministradora, supone que la total electrificación entre Harlowton y Avery, comprendiendo cuatro sectores, estarán en marcha en Enero de 1918.

Con el fin de conectar las subestaciones con los distintos puntos de alimentación en las líneas generales de transmisión de la montana Power, ésta lleva unas líneas de empalme, construidas por la Compañía del ferrocarril, que permitirán alimentar las subestaciones desde dos direcciones distintas y desde dos ó más centrales generadoras. Estas líneas de empalme se construirán con postes de madera, aisladores de suspensión que funcionarán á 100.000 voltios y seguirán corrientemente á lo largo de la línea férrea, excepto en aquellos sitios en que pueda acortarse, en sitios del dominio público, para cortar por necesidad circuitos del ferrocarril en los distritos montañosos.

En la electrificación inmediata de 1.854,50 metros se incluirán cuatro subestaciones, conteniendo transformadores estáticos de reducción de tensión y motores generadores con los aparatos de medida é interruptores necesarios para convertir la potencia trifásica 60 ciclos 100.000 voltios en corriente continua á 3.000. Esta es la primera instalación de corriente continua que emplea tan alta tensión de 3.000 voltios y este sistema ha sido adoptado preferentemente á otro alguno, después de cuidadosas investigaciones que se han prolongado cerca de dos años. La instalación de corriente continua á 2.400 voltios del ferrocarril Butte, Anaconda y Pacífico, en territorio próximo al ferrocarril de Chicago Milwaukee y St. Paul, ha proporcionado una excelente demostración del funcionamiento de la locomotora de corriente continua y alta tensión durante el año y medio próximo pasado, y la elección de la corriente continua á 3.000 voltios para el ferrocarril Chicago Milwaukee, ha sido debida en gran parte á los resultados excelentes de la instalación Butte-Anaconda.

El equipo para este ferrocarril ha sido también proporcionado por la General Electric C.^o, de Nueva York, y una comparación basada en el empleo durante seis meses de la electricidad con el vapor, ha demostrado existir una economía neta lo menos del 20 por 100 en los pagos (*investment*) del costo total de la electrificación. Estas cifras, claro es, no tienen en cuenta el incremento de capacidad de las líneas, mejoras del servicio y el más regular trabajo horario del personal. La comparación demuestra también que el tonelaje por tren se ha incrementado al 35 por 100, mientras que el número de trenes ha disminuido en 25 por 100, con un ahorro del 25 por 100 en el tiempo necesario para un recorrido.

Las subestaciones situadas en Chicago, Milwaukee y St. Paul electrifican zonas que comprenden, aproximadamente, 577,50 metros, de las que la primera instalación abraza 343,20 metros á 2 por 100 de pendiente en la ladera ó de las montañas rocosas, y 171,6 metros, con 1,66 de pendiente en la ladera opuesta; con esta distancia extrema entre las subestaciones, y teniendo en cuenta el tráfico intenso y el menor peso de cobre en los alimentadores, ha resultado conveniente llegar al alto potencial de 3.000 voltios en corriente continua, lo cual permite un mínimo de gas-