

Estudios en honor de
Francisco Javier Domínguez
AUCH, 5ª Serie, N° 8 (1985): 477-496

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE BOCATOMAS EN RÍOS CON GRAN ACARREO DE SÓLIDOS

HORACIO MERY MERY
Santiago, Chile

I. INTRODUCCIÓN

El diseño y el proyecto de una bocatoma es uno de los problemas más complejos que se plantea en el campo de la ingeniería hidráulica. Más aún, si es una obra mediana o grande y la bocatoma es de tipo superficial, ubicada en un río con gran acarreo de sólidos, como es el caso de las bocatomas de los ríos de la Zona Central del país. En estos ríos los períodos de acarreo de los sedimentos se producen durante las crecidas pluviales del invierno y en las crecidas de deshielo de la primavera.

En el proyecto de una bocatoma, como la señalada anteriormente, es un grupo de especialistas quien debe abordar el diseño, pero es el ingeniero hidráulico quien debe fijar las principales características de las obras y quien debe dimensionarlas en sus formas internas.

El presente trabajo se refiere sólo a algunos aspectos del diseño hidráulico de una bocatoma que debe captar continuamente durante todo el año. Los principios de diseño que se indican en el presente trabajo se han obtenido de la experiencia con modelos hidráulicos y de la operación de diversas bocatomas. Debe tenerse presente que las consideraciones que aquí se hacen no tienen una validez absoluta y ellas pueden ser usadas más bien como una guía de diseño que permita orientar al proyectista.

El esquema típico de una bocatoma se muestra en la Fig. 1. La obra consta de las siguientes partes:

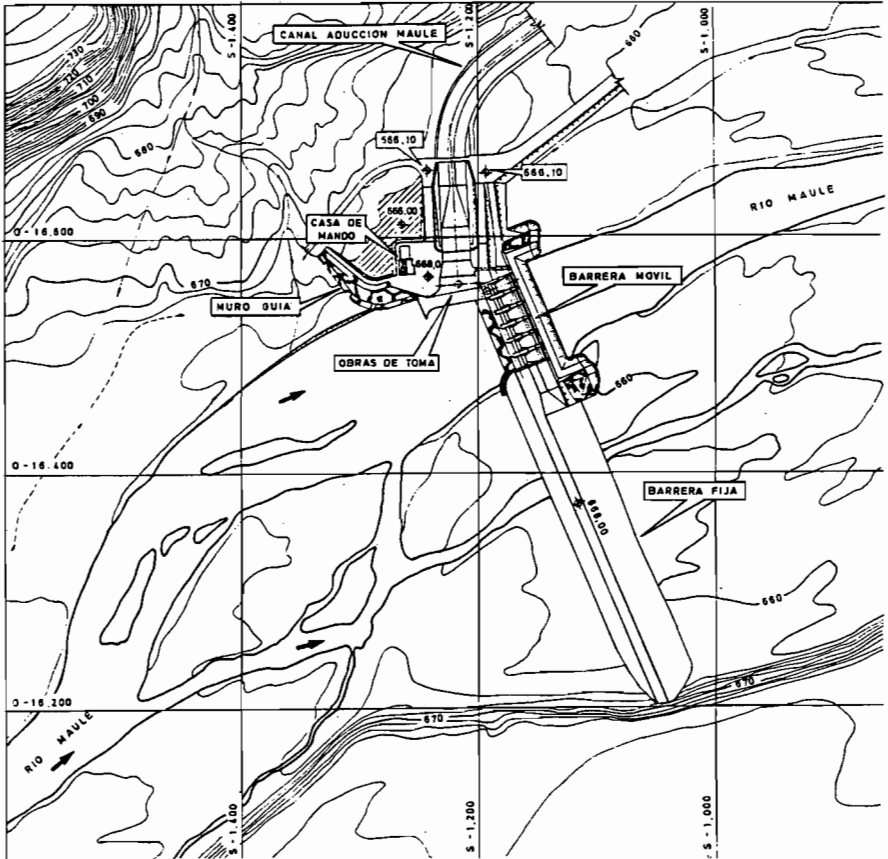


Figura 1

Planta General Bocatoma en el río Maule.
Central Hidroeléctrica Pehuenche

- a) Barrera ubicada a lo ancho del río que permite elevar el espejo de agua, necesario para derivar el caudal requerido por la captación.
La barrera puede estar constituida en parte por un umbral provisto de compuertas (barrera móvil) y parte por un muro cuyo coronamiento puede o no, ser un vertedero.
- b) La obra de captación, comúnmente llamada "obra de toma", está constituida por un umbral ubicado a cierta altura sobre el lecho del río; por las rejas que evitan la entrada de los elementos en suspensión o

flotantes, como son las hojas, ramas y materiales orgánicos en general; por las compuertas que permiten regular el caudal que ingresa al canal. La captación también debe estar provista de las obras apropiadas para evitar el ingreso de sedimentos al canal.

La barrera producirá un remanso con una acumulación de agua en el tramo de río inmediato a ella y que en lo sucesivo se designará como la "poza".

Una primera conclusión, obtenida de muchos estudios realizados, es la conveniencia de analizar el comportamiento de las diversas obras que componen a una bocatoma, con un modelo físico o hidráulico. Los fenómenos involucrados en la operación de una bocatoma, incluyen el arrastre de los sedimentos, erosión del lecho del río aguas abajo de la barrera y de las riberas, erosiones locales, disipación de energía, etc., en general fenómenos tridimensionales que no tienen un tratamiento teórico completo.

Los principales problemas hidráulicos que deben tenerse presente en el diseño de una bocatoma, son:

- Eliminación de la entrada de los sedimentos a la captación, para lo cual se hace necesario proceder a la limpieza de los bancos de depósitos de las zonas adyacentes a la "obra de toma" y a la limpieza de los depósitos de sedimentos de la poza.
- Disipación de la energía aguas abajo del umbral de las compuertas de la barrera móvil. Disipación de la energía al pie de la descarga de las obras de desrapiación y disipación de la energía al pie del muro vertedero, si existiera.
- Erosión al pie de la barrera móvil y erosión local en diversas partes de las obras o de las riberas.
- Fenómenos de filtración bajo las obras y determinación de las subpresiones para el proyecto estructural.

En este trabajo se analiza sólo el primer aspecto citado anteriormente, el cual incide en una forma decisiva en la disposición general de las obras.

2. ENTRADA DE SEDIMENTOS A LA CAPTACIÓN

El problema de la entrada de sedimentos a la captación es uno de los aspectos más importantes del análisis y determina fundamentalmente la disposición de las obras y condiciona la operación de la bocatoma.

Los ríos de la Zona Central del país tienen una pendiente relativamente grande en su curso medio, entre la salida de la precordillera y el valle central. Es una pendiente cercana a la crítica, y los ríos poseen un gran

poder erosivo y de acarreo. El arrastre de sólidos, en la época de los grandes caudales, se efectúa fundamentalmente de dos maneras: en suspensión, que constituye la mayor parte del sedimento arrastrado y el acarreo de fondo en menor cantidad. La primera forma de arrastre, posibilitada por la tubulencia propia del escurrimiento, incluye a los sedimentos más finos, en cambio el arrastre de fondo comprende a los granos medianos a gruesos (arenas) y a las partículas mayores (gravillas, gravas y bolones).

En una bocatoma de tipo superficial, es el arrastre de fondo el que preocupa y el cual se debe desviar de la entrada a la aducción. El arrastre en suspensión debe eliminarse en el canal mismo, mediante obras adecuadas como son los desarenadores, si ello fuese necesario. Por lo tanto el diseño de la bocatoma debe analizarse de modo que sea posible desviar el arrastre grueso de fondo, ya sea de la zona adyacente al umbral de la "toma" y de la "poza" misma.

Un primer proceso de depositación de los sedimentos arrastrados se produce en la poza que se forma en el río, razón por la cual estos bancos de sedimentos contienen generalmente grandes cantidades de materiales finos (limos y arenas finas) mezclados con sedimentos gruesos que se mueven desde aguas arriba.

Sin embargo, una vez producidos los bancos de depósitos en la poza, se produce un aumento generalizado de las velocidades del escurrimiento, muchas veces reforzadas por corrientes secundarias o cauces privilegiados, llegándose a un estado de equilibrio. A partir de ese momento el arrastre en suspensión se restituye y también prosigue el tránsito de los materiales más gruesos por el lecho del río. Durante las crecidas el problema puede ser bastante crítico si los depósitos en la poza llegan a ser importantes.

Los inconvenientes que pueden surgir con la entrada de los sedimentos a la aducción por el arrastre de fondo son múltiples y pueden ser gravísimos para la operación de la obra. Como ejemplo puede citarse el caso de la bocatoma en el río Maule para la central hidroeléctrica Isla. El diseño de la obra fue de una concepción de tipo europea y se muestra un esquema en planta en la Fig. 2. La captación entró en servicio en junio de 1963 y durante los inviernos de los años 64 y 65 se presentaron serios problemas de operación de la aducción, con bloqueos casi total del canal de aducción. Estas situaciones obligaban a dejar fuera de servicio a la aducción para proceder a la limpieza manual, faena larga y tediosa debido a que la obra no estaba diseñada para esa eventualidad. Esta mala operación de la obra, obligó a analizar nuevamente el diseño adoptado y a modificar la

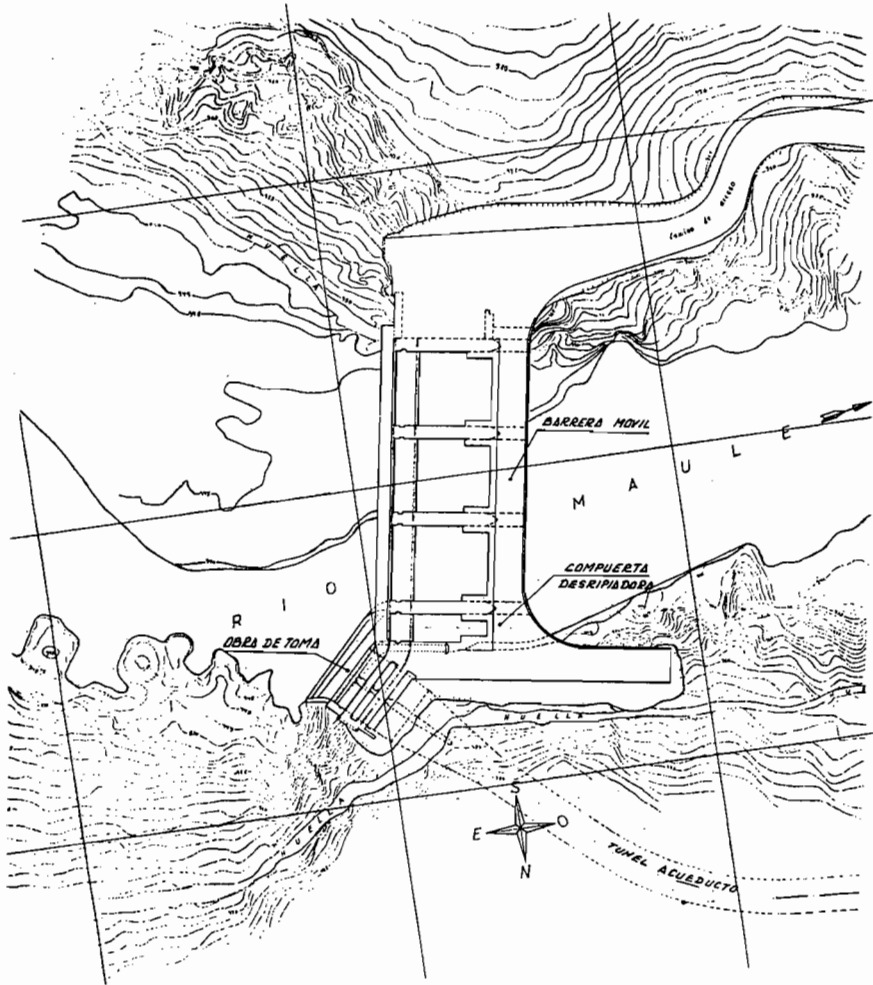


Figura 2

Planta General Bocatoma en el Río Maule.
Central Hidroeléctrica Isla

bocatoma. Para el estudio del mejoramiento de la captación se construyó un modelo hidráulico a escala 1/50 en el laboratorio de hidráulica de la Universidad de Chile. El modelo era de fondo móvil para reproducir el movimiento de los sedimentos.

El modelo mostró que el mal funcionamiento de la obra se debía en parte al diseño poco apropiado del sistema de limpieza de la captación y en parte también a una mala operación de la bocatoma. A menudo, ambos factores están asociados entre sí, por cuanto un mal diseño requiere de periodos prolongados de limpieza en las purgas discontinuas o con pérdidas de agua importantes, tratándose de sistemas de purgas continuas. Esta mayor pérdida de agua, que de otra forma podría ser aprovechada (en generación eléctrica en este caso), induce al personal de operación a manejar inadecuadamente a la bocatoma.

El análisis del diseño de la bocatoma Maule de la central Isla con el modelo hidráulico, fue decisivo para el mejoramiento de la obra. En ese modelo se probaron muchas soluciones diferentes, lo que permitió visualizar una cantidad de fenómenos relacionados con el transporte de sedimentos, su depositación en la poza, entrada a la captación y diversos mecanismos de limpieza de los depósitos. Este estudio fue de enorme utilidad para los proyectos que siguieron y permitió formular la mayoría de las recomendaciones de diseño que se han usado posteriormente.

En relación con el arrastre de fondo de un río, resulta interesante hacer algunas consideraciones. En la Fig. 3 se muestra una curva de caudales medios diarios clasificados para los 365 días de un año medio. En el ejemplo se indica la curva válida para el río Maule en la zona de la bocatoma de la futura central hidroeléctrica Pehuenche de la ENDESA. En dicho gráfico se señalan tres caudales típicos.

Q_m = caudal medio anual.

Q_c = caudal máximo de captación.

Q_o = caudal de la iniciación del arrastre de fondo en el río.

El caudal Q_o indica el valor mínimo necesario para iniciar el acarreo de fondo. La determinación de este valor y su relación con el caudal de captación " Q_c ", muestra la magnitud de los problemas que pudieran presentarse en la operación de la obra en relación con los sedimentos acarreados por el río.

Debe establecerse que la determinación del valor de Q_o representa sólo una aproximación del caudal de iniciación del arrastre. Esta estimación es incierta cuando se trata de materiales aluviales de granulometría extendida (caso frecuente en los ríos de la zona central del país). En estos lechos se produce el fenómeno de "acorazamiento" que consiste en la protección natural que ejercen los materiales más gruesos sobre los finos, tapizándose el lecho de piedras grandes. Es así como se requiere un caudal grande para destruir esta protección natural y movilizar estas piedras mayores,

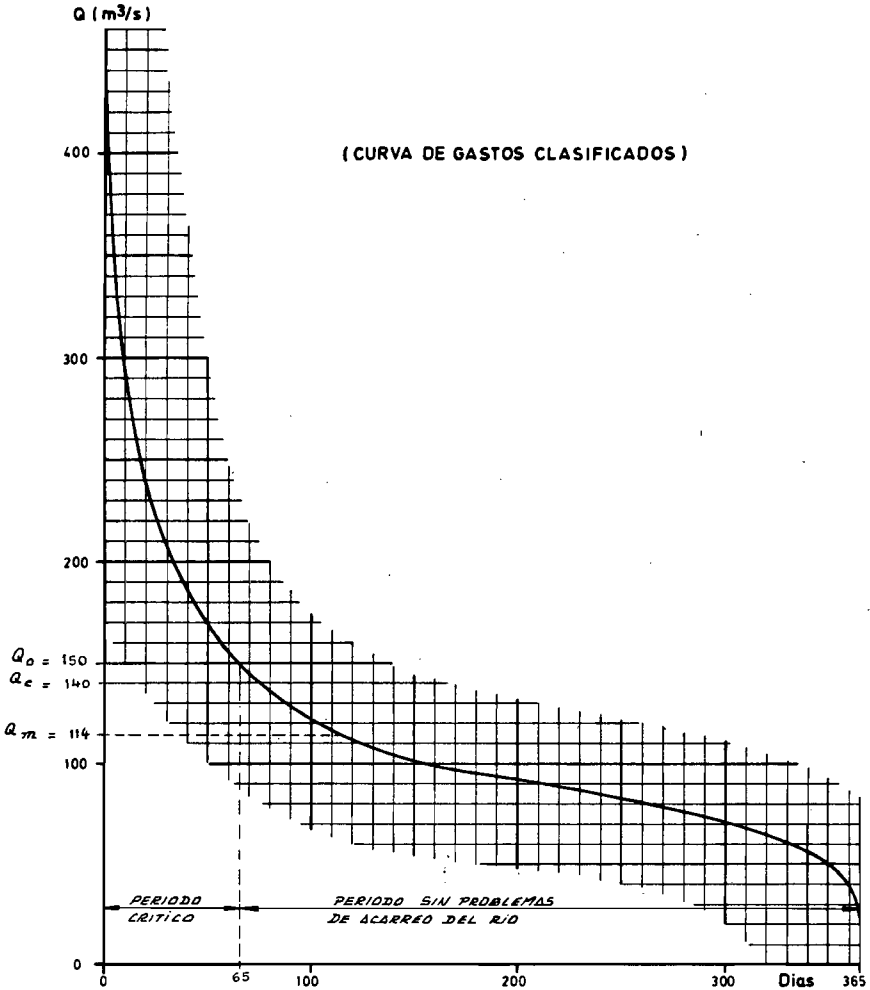


Figura 3

Curva de duración general del Caudal Medio Diario

pero una vez que esta capa superior está desarmada, caudales inferiores del río bastan para acarrear en forma masiva el material del lecho.

Para los efectos del análisis de un proyecto, la determinación del caudal característico " Q_0 " debe hacerse con el valor del diámetro medio del sedimento.

Para efectuar algunas estimaciones que caractericen el acarreo del río, es preciso conocer con cierto detalle la granulometría del material del lecho, para la cual resulta imprescindible contar con el muestreo de varios pozos de reconocimiento y además debe conocerse bien las características morfológicas del lecho mismo, si existe o no tendencia acorazante, si existen o no bancos o islotes, si hay cauces secundarios, etc.

El período crítico para la captación, se presentará durante la época en que el caudal del río "Q" sea igual o superior al caudal de la iniciación del arrastre "Q₀". Seguramente, durante ese período, se dispone de un caudal sobrante (Q-Q_c) para efectuar la limpieza de la poza y de las zonas adyacentes a la obra de "toma". Si este caudal es suficiente se podrá operar a la obra con un alto rendimiento, entendiéndose por rendimiento el cociente entre el volumen de agua anual captado y el que se podría haber captado de acuerdo a los recursos de agua disponibles.

El profesor Sr. Arturo Rocha F. (1) establece que para el caso de una bifurcación con una derivación de un caudal Q₁ dejando pasar un caudal Q₂, el arrastre de fondo de sólidos se reparte entre la captación QF₁ y el que pasa hacia aguas abajo QF₂. A modo de ejemplo, para una derivación a 90° (ángulo entre el eje de la captación y el eje del río) y captando sólo el 50% del caudal líquido total (Q₁=Q₂), se capta el 90% del acarreo de fondo total, es decir QF₁=0.90 QF. El hecho de captar un porcentaje tan significativo de los sólidos que se mueven por el fondo, se explica porque son las capas inferiores del agua las que se desvían preferentemente hacia el canal lateral debido a sus menores velocidades y son estas capas las que arrastran principalmente al sedimento. Este efecto se ha denominado "efecto de Bulle".

En su publicación "Introducción teórica al estudio de bocatomas", el Prof. Rocha presenta un gráfico con los resultados, experimentales de diversos investigadores, para una desviación del 50% del caudal del río y diversos ángulos de la desviación. De este gráfico no puede concluirse ninguna recomendación práctica y según este autor no existe un ángulo óptimo y agrega: "La influencia del ángulo de derivación es pequeña, no bien conocida y no susceptible de generalización".

3. IMPLANTACIÓN DE LAS OBRAS. LIMPIEZA DE LA POZA

Un aspecto importante es la implantación de las obras (obra de toma, barrera móvil y barrera fija) en el curso natural, lo cual, está muy ligado a la entrada de sedimentos a la aducción y a la limpieza de la poza. Hay muchas captaciones que tienen una buena capacidad de extracción local

de los sedimentos de las zonas adyacentes a la "toma", pero son de difícil limpieza de los bancos de sedimentos en la poza. Los depósitos que allí se forman, son fuente importante de los sedimentos que tarde o temprano llegarán a la captación.

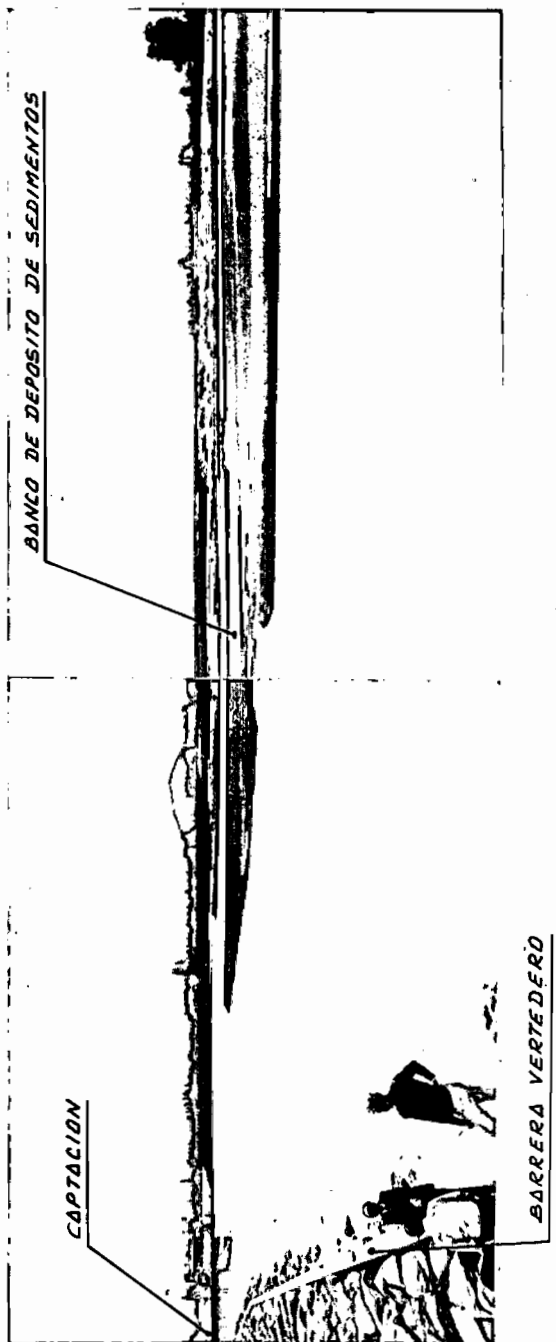
Es conveniente efectuar el proyecto de la barrera móvil manteniendo inalterada la capacidad de acarreo del curso natural durante las crecidas. Esto equivale a conservar inalterado el eje hidráulico en el tramo del río de aguas arriba de la barrera móvil, al evacuar las crecidas a través de ella.

Una barrera fija acumulará inevitablemente sedimentos en la zona inmediata de aguas arriba, pudiendo constituir depósitos considerables. Es importante verificar que estos bancos de material no sean arrastrados hacia la captación durante las crecidas y por el contrario, las compuertas cercanas a estas zonas deben ser capaces de movilizar hacia aguas abajo a los sedimentos provenientes de dichos bancos.

A modo de ejemplo, se puede citar la captación en el río Teno, que trasvasa agua de este río hacia el Chimbarongo, de la hoya del río Rapel. La obra tiene una barrera fija de tipo vertedero, la que cierra gran longitud del cauce del río y una barrera móvil, relativamente reducida, con poca capacidad de acarreo de sedimentos. Aguas arriba de la barrera vertedero se acumula gran cantidad de sedimentos como puede apreciarse en la fotografía 1. La limpieza de la poza debe hacerse con un bulldozer y con el río escurriendo por la barrera móvil. La fotografía 2 muestra esta operación, en la que el bulldozer empuja al material hacia la corriente de agua que fluye hacia aguas abajo. Esto es factible en los ríos que tienen una caja extensa y un estiaje con caudales bajos, lo cual permite el acceso y la posibilidad de operar con estos equipos. El peligro que entraña la existencia de estos bancos de depósitos en la cercanía de la obra de "toma", es que durante las crecidas ellos pueden desplazarse hacia la captación y llegar a bloquear completamente a la obra de "toma". La fotografía 3 muestra un banco de material ubicado en el canal desripiador de la captación mencionada.

Se ha comprobado en varios modelos de obras de bocatomas, que durante las crecidas, no resulta apropiado operar a la o las compuertas desripiadoras, ni a las compuertas de la barrera móvil cercanas a la "toma". En efecto, si se operan estas compuertas, un gran caudal se concentra hacia la captación, movilizándose también una gran cantidad de sedimentos hacia la zona de la "toma". Por el contrario, resulta más apropiado operar con las compuertas de la barrera móvil, más alejadas del punto de captación, y eliminar a los bancos de depósitos de la poza.

Es muy conveniente aprovechar el efecto de curva de un río para



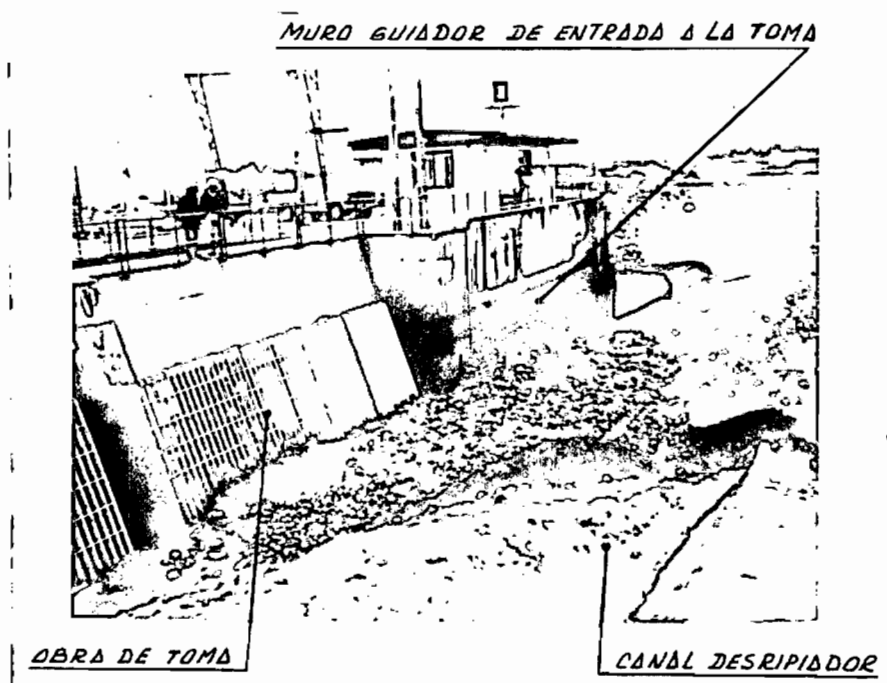
Fotografía 1

Acumulación de sedimentos · aguas arriba de la Barrera Vertedero



Fotografía 2

Captación río Teno. Limpieza de la poza utilizando un bulldozer



Fotografía 3

Captación río Teno. Obra de Toma. Depósito de sedimentos en el canal desripiador

ubicar a la captación. La figura 4 muestra una vista en planta general de la bocatoma de la central hidroeléctrica Antuco en el río Polcura. La obra de "toma" se ubica en el lado exterior de la curva y en el lado interno se ubica una barrera fija, que es una presa con vertedero superior. Las corrientes secundarias helicoidales producidas por las aceleraciones centrífugas, obligan al material de fondo a moverse hacia el lado interno de la curva. De esta manera la zona de captación será siempre la parte profunda del cauce, sin bancos de depósitos, los que se situarán en la parte interior de la curva. En el caso de la bocatoma en el río Polcura, aguas arriba de la presa vertedero se depositará el material de acarreo de fondo, el cual puede ser parcialmente removido durante las crecidas del río operando las compuertas de sector de la barrera, más alejadas de la captación.

El Prof. Sr. Rocha sostiene que se obtienen los mejores resultados ubicando a la obra de captación próxima al inicio de la curva. Este es un

aspecto que debe investigarse detalladamente en un modelo hidráulico de la obra en particular. En todo caso, sería de interés efectuar una investigación general para llegar a recomendaciones más precisas de este aspecto en base a parámetros característicos, como caudal por unidad de ancho, profundidad media, radio medio de la curva, ángulo del centro... etc.

4. ELIMINACIÓN DE SEDIMENTOS DE LA ZONA CERCANA A LA OBRA DE TOMA

Anteriormente se citó el efecto de Bulle y la tendencia natural de la entrada de los sedimentos a la captación. Para paliar este efecto, las captaciones deben estar provistas de los elementos que puedan evitar la entrada de los sedimentos, eliminando a los depósitos locales que tienden a acumularse delante de la "obra de toma". Estos elementos son: umbrales altos de entrada, rejjas, muros desviadores, sistema de purga, espigones en el río... etc. Cada uno de ellos debe ser cuidadosamente estudiado en el laboratorio con el fin de apreciar su comportamiento en las diversas circunstancias que pueden presentarse durante la operación de la bocatoma.

Como ejemplo, en el modelo hidráulico de la bocatoma de la central Isla, pudo apreciarse la importancia de disponer un umbral suficientemente alto para evitar la entrada de sedimentos al canal, en lo posible de una altura cercana a los 2 m en su punto más bajo. Si la zona inmediatamente aguas arriba del umbral no tiene sedimentos, esta altura puede parecer exagerada, pero en la medida que se produce acumulación del material sólido al pie del umbral y la distancia entre el umbral y el vano disminuye, basta una corriente secundaria normal a la principal, producida por ejemplo por la abertura de una compuerta desripiadora, para generar un vórtice de eje horizontal que puede levantar al material depositado y llevarlo sobre el umbral (ver Fig. 5) y finalmente conducirlo hacia el canal de aducción.

Existen básicamente dos sistemas diferentes para eliminar a los depósitos que tienden a acumularse en la cercanía de la obra de "toma". La diferencia de ellos radica en la manera de ejecutar la limpieza de los sedimentos.

Ellos son:

- Sistemas de extracción de purga continua.
- Sistemas de extracción de purga discontinua.

En los primeros, el sistema opera continuamente, durante las 24 horas del día cuando el caudal del río supera al caudal de iniciación del arrastre. En el otro, tal lo indica el nombre, la limpieza se hace en forma

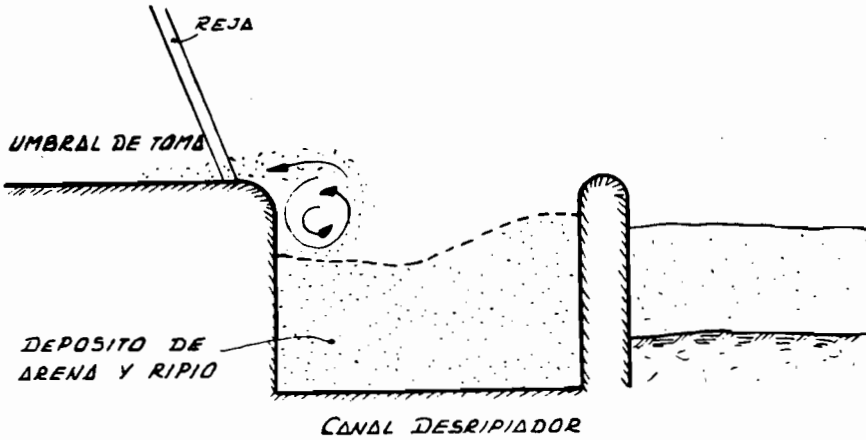


Figura 5

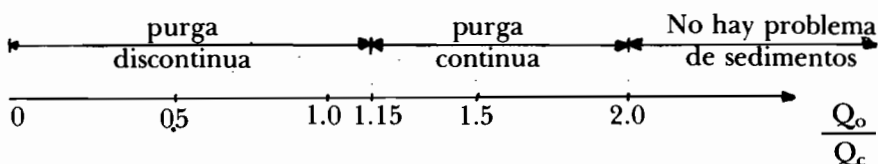
intermitente cada cierto tiempo, eliminando los depósitos formados delante del umbral de la captación.

A continuación se indicarán más detalles de cada uno de estos sistemas.

4.1. Sistemas de purga continua

Este sistema requiere de un caudal permanente para movilizar continuamente al sedimento que llega a la zona adyacente a la boca de entrada del canal de aducción. Normalmente se requiere de un caudal de purga del orden del 5 al 15% del caudal captado. Tienen la ventaja de no requerir de un umbral alto necesario para acumular depósitos de sedimentos, lo cual significa una barrera de menor altura o bien una "toma" más corta, que puede operar con una carga de agua mayor, pero en cambio presentan un consumo importante de agua. Cuando el caudal de captación es mayor o cercano al del inicio del arrastre, significará pérdida en el rendimiento de la obra. El Prof. Rocha sostiene que la "relación de toma", cociente entre el caudal captado y el del río, es el parámetro que tiene una mayor influencia en la captación de sólidos. Si se capta el 100% del agua del río, es inevitable captar el 100% de los sólidos. Según Müller (2) (1955), si la "relación de toma" es igual o menor de 0.50 es factible captar agua exenta de sólidos. De modo que si Q_o/Q_c es igual o mayor de 2, no existe realmente problema de entrada de sedimentos a la aducción. Si esta relación es igual o mayor a 1,15 se podrá diseñar un sistema de limpieza

continuada que no signifique pérdida de agua (baja el rendimiento de la captación). Si la relación queda bajo 1,15 será conveniente recurrir al sistema de purga discontinua el cual requiere de menor volumen de agua para limpiar de sedimentos a la obra de toma. Estas ideas se expresan en el siguiente diagrama:



El caso presentado en la Fig. 3, la relación de toma es de $Q_o/Q_c = 1.07$ y de acuerdo a lo expuesto anteriormente, la disposición adecuada es de purga discontinua.

Entre los dispositivos de purga continua más utilizados, están los siguientes:

- Antecanal curvo provisto de una compuerta desripadora en su extremo de aguas abajo y ubicada hacia el lado interior de la curva (ver Fig. 6). Los inconvenientes de este tipo de solución son la excesiva turbulencia que se desarrolla en el antecanal, en la zona de entrada a la captación y el relativamente elevado caudal que debe evacuarse continuamente el sistema.
- Túneles de purga (ver Fig. 7). Estos túneles son muy efectivos y deben operar siempre en forma continua en la medida que está llegando el material sólido a la captación, pues de otra manera se corre el riesgo de que se obstruyan con el propio material de acarreo. En el caso de la obstrucción de un túnel de purga, su limpieza es delicada y difícil. Se obtiene una gran ventaja disponiendo la compuerta del túnel de purga en su boca de entrada, para facilitar la limpieza en caso de obstrucción, pero este diseño tiene muchas complicaciones en los mecanismos de accionamiento de la compuerta.

Las compuertas o las bocas de los túneles de purga, tienen una zona de acción reducida en la extracción de los sedimentos, en torno a la boca de entrada. Por lo tanto, la ubicación y disposición, así como el número de túneles que se usarán debe ser cuidadosamente determinado y verificado en un modelo hidráulico.

1.4.2. Sistema de purga discontinuo

Este es el sistema más económico cuando el caudal del inicio de arrastre de

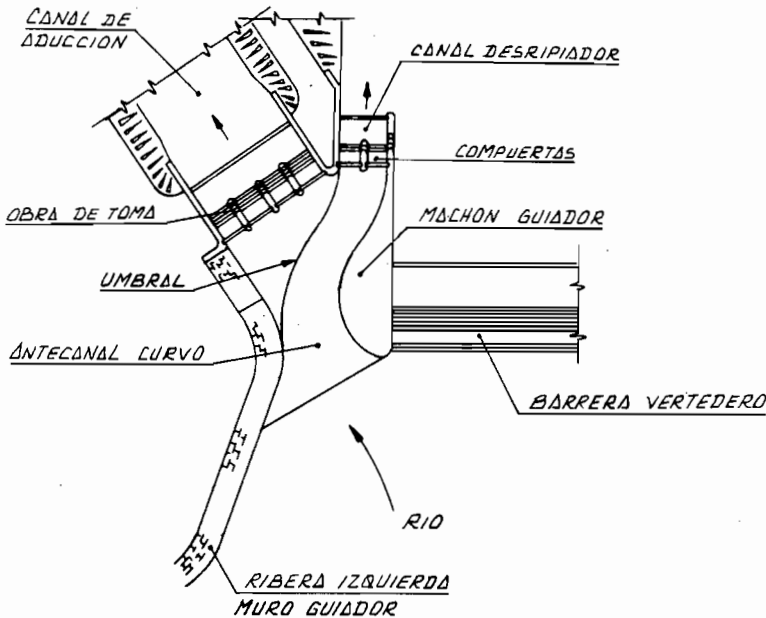


Figura 6

fondo es levemente mayor o incluso menor al caudal de captación. El sistema requiere de una operación cuidadosa, con limpieza de duración apropiada y con la frecuencia adecuada.

El sistema usual y recomendable es el de canal desripador aguas arriba del umbral, terminando en compuertas desripadoras. Para efectuar la limpieza debe deprimirse la poza, abriendo las compuertas necesarias de la barrera móvil y después operando la o las compuertas desripadoras, para producir un torrente energético en el canal desripador capaz de movilizar hacia aguas abajo a los bancos depositados frente al umbral de "toma".

Se ha obtenido un excelente resultado con un canal desripador recto y paralelo al eje del río. El canal está formado por el propio umbral de la captación y un muro vertedero paralelo al umbral, cuyo coronamiento tiene una cota similar a la del umbral. El canal está abierto en un extremo de aguas arriba y debe tener una pendiente fuerte del 2 al 3% como mínimo, para crear un torrente que tenga la capacidad de acarreo suficiente. El umbral debe tener una altura mínima de unos 2 m para aceptar

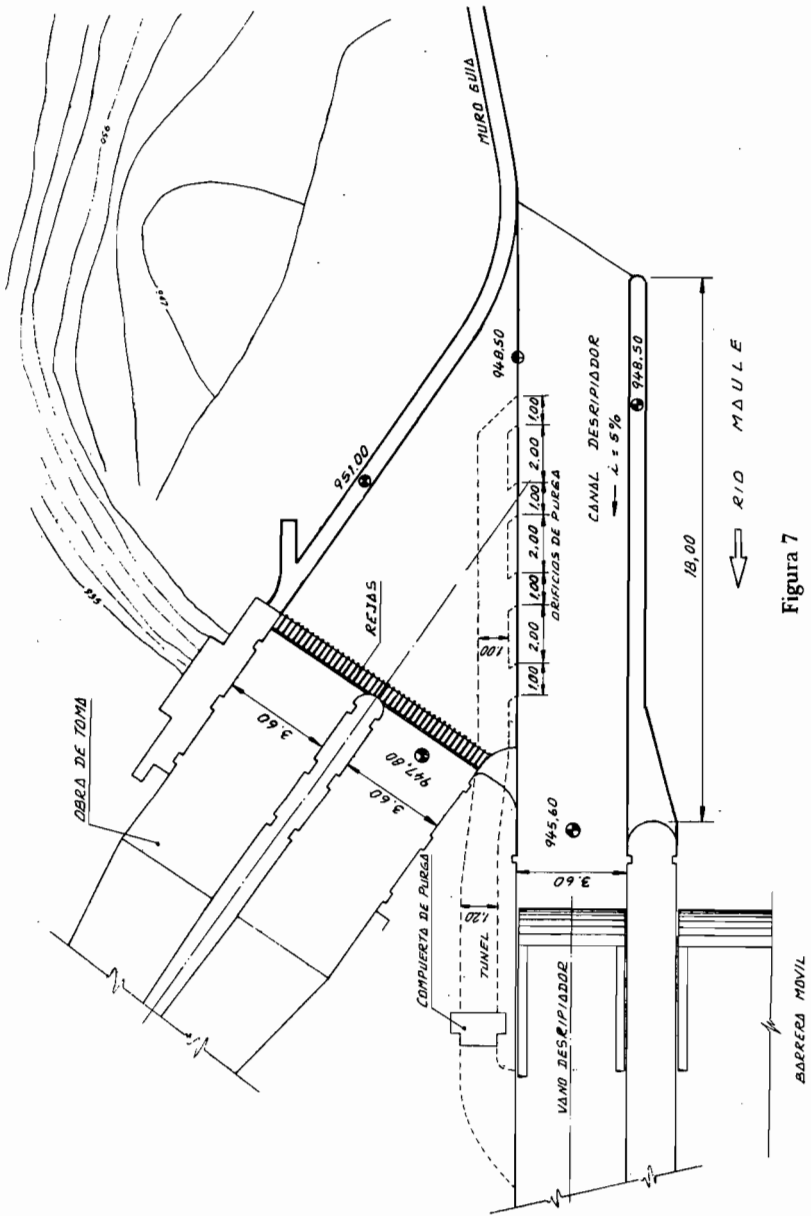


Figura 7
Central Isla. Bocatoma río Maule. Solución estudiada con túnel de Purga

depósitos, sin que el material ingrese a la aducción. La anchura del canal desripiador debe ser por lo menos igual al doble de la altura del umbral de la "toma" medido sobre el sello de fondo de las compuertas desripiadoras, a fin de evitar que los sedimentos de bancos adyacentes al muro exterior del canal desripiador pasen por saltación al umbral de captación.

En el extremo de aguas abajo del canal desripiador, deben situarse las compuertas desripiadoras. La mejor disposición de ellas, es la de ubicarlas en línea con las compuertas de la barrera móvil, facilitando la disposición mecánica de las compuertas. Es preferible que exista una sola compuerta desripiadora, evitando colocar machones intermedios separadores, pues éstos pueden contribuir a generar un resalto en el extremo del canal, dando origen a un mal funcionamiento de la desripiación.

Las purgas deben hacerse con la abertura total de las compuertas desripiadoras, es decir bajando el nivel de la poza y evitando el vertimiento por sobre el muro lateral del canal desripiador, el cual crea un flujo de menor velocidad en el canal, fuertemente turbillionario y con tendencia a producir un movimiento helicoidal que levanta al material allí depositado y lo introduce en parte a la aducción. Es preferible producir la depresión de la poza mediante la compuerta adyacente al canal desripiador en la barrera móvil.

La Fig. 1 muestra la disposición en planta de la bocatoma en el río Maule para la futura Central Pehuenche. El diseño del sistema de purga fue hecho de acuerdo a lo indicado anteriormente y ratificado mediante un modelo hidráulico efectuado en el laboratorio de hidráulica de la U. de Chile.

Una dificultad práctica del sistema de purga discontinua, es el decidir la oportunidad de efectuar la limpieza y el vaciado de la poza, debido a la imposibilidad de visualizar la acumulación de sedimentos en la proximidad de la captación y más aún en períodos de fuerte acarreo con aguas generalmente muy turbias. Sólo la experiencia puede fijar la frecuencia de las purgas o bien con la instalación de detectores de depósitos.

La disposición indicada, con canal desripiador recto, paralelo al umbral y perpendicular a la barrera móvil, permite una limpieza muy eficaz de la zona adyacente al umbral, pero tiene la desventaja de captar en forma inadecuada durante las crecidas del río, debido a las velocidades altas y a una desviación de 90% de la masa de agua que se capta. Para paliar este efecto es importante diseñar adecuadamente el muro guiador de aguas arriba de la captación, materia que debe hacerse de preferencia con un modelo hidráulico de la obra.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ¹ *Introducción teórica al estudio de bocatomas*. Prof. Sr. ARTURO ROCHA. Editorial Espino. 1978. Lima, Perú.
- ² *A solution for sediment control at intakes*. J.G. WHITTAKER. Channels and Channel control structures. Proceedings of the 1st International conference. April, 1984. Southampton, England.
- ³ *Developments in Hydraulic Engineering*. P. NOVAK. Applied Science Publishers. 1983. London, England.
- ⁴ *Modelo de bocatoma de Central Hidroeléctrica Isla*. Universidad de Chile. Laboratorio de Hidráulica. Mayo, 1967.
- ⁵ *Modelo hidráulico. Bocatoma Maule*. Proyecto Central Pehuenche. Centro de Recursos Hidráulicos Universidad de Chile, 1983.