



COMISIÓN FEDERAL
DE ELECTRICIDAD



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ
INGENIERIA ELÉCTRICA

REPORTE DE RESIDENCIA PROFESIONAL

MODERNIZACION DEL CONTROL DE LA COMPUERTA DE
OBRA DE TOMA DE LA UNIDAD 4 DE LA CENTRAL
HIDROELECTRICA MANUEL MORENO TORRES.

ASESOR INTERNO:

DR. RAFAEL MOTA GRAJALES

ASESOR EXTERNO:

ING. RENE ESQUINCA ESPINOSA

ALUMNO:

JESUS MIJANGOS RODRIGUEZ

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

INDICE

1. Introducción	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivo.....	3
1.4 Metodología.....	3
2. Fundamento teórico	4
2.1 Contactores	4
2.2 Relé.....	10
2.3 Obra de toma	14
3. DESARROLLO	37
3.1 Cierre de la compuerta y desconexión de la bomba	37
3.2 Desconexión del control y cambio de unos elementos.....	37
3.3 Conexión de elementos reutilizados.	41
3.4 Diagramas de control.....	42
3.5 Apertura de la compuerta de obra de toma.....	45
Conclusion.....	45
Referencias bibliográficas.....	46
Anexos	47

MODERNIZACIÓN DEL CONTROL DE LA COMPUERTA DE OBRA DE TOMA DE LA UNIDAD NÚMERO 4.

1. Introducción

1.1 Antecedentes

La obra de toma es la estructura hidráulica de mayor importancia de un sistema de aducción, que alimentará un sistema de generación de energía hidroeléctrica, riego, agua potable, etc. A partir de la obra de toma, se tomarán decisiones respecto a la disposición de los demás componentes de la Obra.

Los diferentes tipos de obras de toma han sido desarrollados sobre la base de estudios en modelos hidráulicos, principalmente en aquellos aplicados a cursos de agua con gran transporte de sedimentos.

En el caso de sistemas en cuencas de montaña, debido a las condiciones topográficas, las posibilidades de desarrollo de embalses son limitadas. Por tal motivo, es usual la derivación directa de los volúmenes de agua requeridos y conducirlos a través de canales, galerías y/o tuberías, para atender la demanda que se presenta en el sistema de recepción (agua potable, riego, energía, etc.).

Cada intervención sobre el recurso hídrico, origina alteraciones en el régimen de caudales, aguas abajo de la estructura de captación, por lo que su aplicación deberá considerar al mismo tiempo la satisfacción de la demanda definida por el proyecto y los impactos sobre sectores ubicados en niveles inferiores.

1.2 Justificación

En la central hidroeléctrica Manuel Moreno Torres se realizó el mantenimiento menor de la unidad 4 en el cual uno de sus propósitos es modernizar el control de la compuerta de obra de toma.

Ya que su control es obsoleto y puede ocasionar accidentes ya que su control cuenta con un sistema anterior y refacciones ya no se encuentran por lo cual se modernizara con un sistema más eficiente y moderno para tener un buen control para los pasos que se necesitan para abrir y cerrar la compuerta sean los adecuados y no tenga fallas al momento de su operación.

El cambio de elementos electromecánicos que se realiza en esta modernización ayuda a ser más estable y más eficiente y a no perder señal ya sea del modo manual o del modo automático por su tipo de elementos que se utilizaran.

1.3 Objetivo

Modernizar el control de la compuerta de obra de toma de la unidad 4 de la central hidroeléctrica Manuel Moreno Torres para un mejor rendimiento en la apertura y cierre de la compuerta.

1.4 Metodología

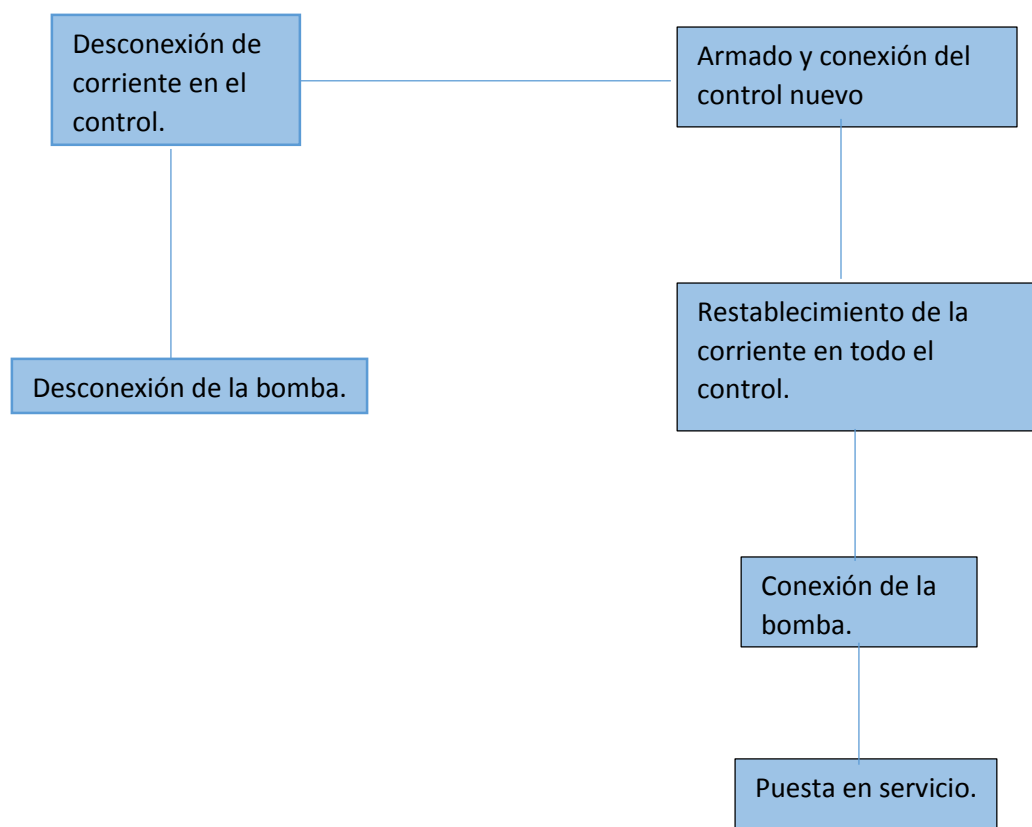


Fig. 1.1. Diagrama a bloques del procedimiento del cierre y apertura de la compuerta.

2. Fundamento teórico

2.1 Contactores

Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se dé tensión a la bobina (en el caso de contactores instantáneos). Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de “todo o nada”. En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden.

Constructivamente son similares a los relés, y ambos permiten controlar en forma manual o automática, ya sea localmente o a distancia toda clase de circuitos. Pero se diferencian por la misión que cumple cada uno: los relés controlan corrientes de bajo valor como las de circuitos de alarmas visuales o sonoras, alimentación de contactores, etc; los contactores se utilizan como interruptores electromagnéticos en la conexión y desconexión de circuitos de iluminación y fuerza motriz de elevada tensión.

Partes

Carcasa

Es el soporte sobre el cual se fijan todos los componentes conductores al contactor. Está fabricado en material no conductor, posee rigidez y soporta el calor no extremo. Además, es la presentación visual del contactor.

Electroimán

Es el elemento motor del contactor. Está compuesto por una serie de dispositivos. Los más importantes son el circuito magnético y la bobina. Su finalidad es transformar la energía eléctrica en magnetismo, generando así un campo magnético muy intenso, que provocará un movimiento mecánico.

Bobina

Es un arrollamiento de alambre de cobre muy delgado con un gran número de espiras, que al aplicársele tensión genera un campo magnético. Éste a su vez produce un campo electromagnético, superior al par resistente de los muelles, que a modo de resortes separan la armadura del núcleo, de manera que estas dos partes pueden juntarse estrechamente. Cuando una bobina se alimenta con corriente alterna, la intensidad que absorbe (denominada corriente de llamada) es relativamente elevada, debido a que el circuito solo tiene la

resistencia del conductor.

Esta corriente elevada genera un campo magnético intenso, de manera que el núcleo puede atraer a la armadura y vencer la resistencia mecánica del resorte o muelle que los mantiene separados en estado de reposo. Una vez que el circuito magnético se cierra, al juntarse el núcleo con la armadura, aumenta la impedancia de la bobina, de tal manera que la corriente de llamada se reduce, obteniendo así una corriente de mantenimiento o de trabajo más baja. Se hace referencia a las bobinas de la siguiente forma: A1 y A2.

Núcleo

Es una parte metálica, de material ferromagnético, generalmente en forma de E, que va fijo en la carcasa. Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la bobina (colocada en la columna central del núcleo), para atraer con mayor eficiencia la armadura.

Espira de sombra

Se utiliza para evitar las vibraciones en un contactor. Se la coloca de tal manera que abrace parte del campo magnético de la fuerza de atracción que une el hierro fijo con el hierro móvil. Cuando se opera con corriente alterna, esta fuerza de atracción desaparece debido a los ciclos de la corriente, generando que el hierro móvil se desprenda y se vuelva a pegar al hierro fijo generando vibraciones. Para evitarlo, la espira de sombra desfasa en el tiempo parte del flujo magnético, lo que a su vez desfasa en el tiempo la fuerza de atracción obteniéndose 2 fuerzas que trabajan en conjunto para evitar las vibraciones. En caso de operar con corriente continua no es necesario utilizar espira de sombra debido a que el flujo magnético es constante y no genera vibraciones.

Armadura

Elemento móvil, cuya construcción es similar a la del núcleo, pero sin espiras de sombra. Su función es cerrar el circuito magnético una vez energizadas las bobinas, ya que debe estar separado del núcleo, por acción de un muelle. Este espacio de separación se denomina cota de llamada.

Las características del muelle permiten que tanto el cierre como la apertura del circuito magnético se realicen muy rápido, alrededor de unos 10 milisegundos. Cuando el par resistente del muelle es mayor que el par electro- magnético, el núcleo no logrará atraer a la armadura o lo hará con mucha dificultad. Por el contrario, si el par resistente del muelle es demasiado débil, la separación de la armadura no se producirá con la rapidez necesaria.

Contactos

Son elementos conductores que tienen por objeto establecer o interrumpir el paso de corriente en cuanto la bobina se energice. Todo contacto está compuesto por tres conjuntos de elementos:

- Dos partes fijas ubicadas en la coraza y una parte móvil colocada en la armadura para establecer o interrumpir el paso de la corriente entre las partes fijas. El contacto móvil lleva el mencionado resorte que garantiza la presión y por consiguiente la unión de las tres partes.
- Contactos principales: Su función es establecer o interrumpir el circuito principal, consiguiendo así que la corriente se transporte desde la red a la carga. Simbología: se referencian con una sola cifra del 1 al 6.
- Contactos auxiliares. Su función específica es permitir o interrumpir el paso de la corriente a las bobinas de los contactores o los elementos de señalización, por lo cual están dimensionados únicamente para intensidades muy pequeñas. Los tipos más comunes son:

Instantáneos. Actúan tan pronto se energiza la bobina del contactor. Se encargan de abrir y cerrar el circuito.

Temporizados. Actúan transcurrido un tiempo determinado desde que se energiza la bobina (temporizados a la conexión) o desde que se desenergiza la bobina (temporizados a la desconexión).

De apertura lenta. El desplazamiento y la velocidad del contacto móvil es igual al de la armadura.

De apertura positiva. Los contactos cerrados y abiertos no pueden coincidir cerrados en ningún momento.

En su simbología aparecen con dos cifras donde la unidad indica:

- 1 y 2, contacto normalmente cerrados, NC.
- 3 y 4, contacto normalmente abiertos, NA.
- 5 y 6, contacto NC de apertura temporizada o de protección.
- 7 y 8, contacto NA de cierre temporizado o de protección.

Por su parte, la cifra de las decenas indica el número de orden de cada contacto en el contactor. En un lado se indica a qué contactor pertenece.

Relé térmico

El relé térmico es un elemento de protección que se ubica en el circuito de potencia, contra sobrecargas. Su principio de funcionamiento se basa en que el aumento de temperatura deforma de ciertos elementos bimetálicos, para accionar, cuando alcanza ciertos valores, unos contactos auxiliares que desactiven todo el circuito y energicen al mismo tiempo un

elemento de señalización.

El bimetálico está formado por dos metales de diferente coeficiente de dilatación y unidos firmemente entre sí, regularmente mediante soldadura de punto. El calor necesario para curvar o reflexionar la lámina bimetálica lo produce una resistencia, arrollada alrededor del bimetálico, que está cubierto con asbesto, a través de la cual circula la corriente que va de la red al motor.

Los bimetálicos comienzan a curvarse cuando la corriente sobrepasa el valor nominal para el cual se han dimensionado, empujando una placa de fibra hasta que se produce el cambio de estado de los contactos auxiliares que lleva.

Resorte

Es un muelle encargado de devolver los contactos a su posición de reposo una vez que cesa el campo magnético de las bobinas.

Funcionamiento.

Los contactos principales se conectan al circuito que se quiere gobernar. Asegurando el establecimiento y cortes de las corrientes principales y según el número de vías de paso de corriente podrá ser bipolar, tripolar, tetra polar, etc. Realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías.

Los contactos auxiliares son de dos clases: abiertos, NA, y cerrados, NC. Estos forman parte del circuito auxiliar del contactor y aseguran las auto alimentaciones, los mandos, enclavamientos de contactos y señalizaciones en los equipos de automatismo.

Cuando la bobina del contactor queda excitada por la circulación de la corriente, esta mueve el núcleo en su interior y arrastra los contactos principales y auxiliares, estableciendo a través de los polos, el circuito entre la red y el receptor. Este arrastre o desplazamiento puede ser:

- Por rotación, pivote sobre su eje.
- Por traslación, deslizándose paralelamente a las partes fijas.
- Combinación de movimientos, rotación y traslación.

Cuando la bobina deja de ser alimentada, abre los contactos por efecto del resorte de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil. Si se debe gobernar desde diferentes puntos, los pulsadores de marcha se conectan en paralelo y el de parada en serie.

Clasificación

Por su construcción

- Contactores electromagnéticos. Se accionan a través de un electroimán.
- Contactores electromecánicos. Se accionan por un servomotor que carga un alambre

espiral de cobre enrollado sobre un núcleo metálico, en general cuadrado con un dispositivo que actúa como interruptor alojado en el centro de éste.

- Contactores neumáticos. Se accionan por la presión de aire.
- Contactores hidráulicos. Se accionan por la presión de aceite.
- Contactores estáticos. Se construyen a base de tiristores. Presentan algunos inconvenientes: su dimensionamiento debe ser muy superior a lo necesario, la potencia disipada es muy grande, son muy sensibles a los parásitos internos y tiene una corriente de fuga importante. Además, su costo es muy superior al de un contactor electromecánico equivalente.

Por el tipo de corriente que alimenta a la bobina

- Contactores para corriente alterna (C.A.)

Son los más utilizados en la actualidad. El mercado ofrece una amplia gama de tamaños, según la potencia que deban controlar. Los contactores de C.A. requieren una espira de cobre en cortocircuito sobre la cara polar principal que, junto con un correcto rectificado de las caras polares en contacto, contribuye a eliminar la tendencia a vibrar del contactor. Debido a la considerable variación de la impedancia en las bobinas de contactores según su circuito magnético se encuentre abierto o cerrado, la corriente inicial de tracción resulta considerablemente mayor que la de mantenimiento que se establece con posterioridad al cierre.

- Contactores para corriente continua (C.C.)

Son obligatoriamente más voluminosos y pesados (y más costosos) que sus similares de C.A., Adoptan una disposición más abierta. Dicha disposición y su mayor tamaño resultan de requerir un especial diseño de sus contactos y cámaras de extinción, para que sean capaces de soportar y controlar los intensos arcos producidos en la interrupción de circuitos de C.C. y también de la necesidad de disponer de un mejor acceso a los contactos para tareas de inspección o mantenimiento.

Con igual finalidad, estos contactores disponen de las llamadas bobinas “sopladoras” de arcos que, ubicadas inmediatamente debajo del sitio donde se producen los arcos, expanden a éstos hacia el interior de las cámaras apaga-chispas para favorecer su rápida extinción.

Dado que la resistencia de la bobina en estos contactores es de valor constante, para disponer de una corriente inicial suficiente para el cierre, y una corriente posterior de mantenimiento de menor valor se recurre a usar resistores denominados “economizadores”. Su inclusión en el circuito se controla por un contacto auxiliar del propio contactor (o bien por contactos auxiliares de otro relé o contactor).

Por la categoría de servicio

En función de la categoría de servicio, las aplicaciones de los contactores son:

- AC1 ($\cos \varphi \geq 0,9$). Cargas puramente resistivas para calefacción eléctrica. Son para condiciones de servicio ligeras de cargas no inductivas o débilmente inductivas, hornos de resistencia, lámparas de incandescencia, calefacciones eléctricas. No para motores.
- AC2 ($\cos \varphi = 0,6$). Motores síncronos (de anillos rozantes) para mezcladoras centrífugas.
- AC3 ($\cos \varphi = 0,3$). Motores asíncronos (rotor jaula de ardilla) en servicio continuo para aparatos de aire acondicionado, compresores, ventiladores.
- AC4 ($\cos \varphi = 0,3$). Motores asíncronos (rotor jaula de ardilla) en servicio intermitente para grúas, ascensores.

Criterios para la elección de un contactor

Debemos tener en cuenta algunas cosas, como las siguientes:

1. El tipo de corriente, la tensión de alimentación de la bobina y la frecuencia.
2. La potencia nominal de la carga.
3. Si es para el circuito de potencia o de mando y el número de contactos auxiliares que necesita.
4. Para trabajos silenciosos o con frecuencias de maniobra muy altas es recomendable el uso de contactores estáticos o de estado sólido.

Ventajas de los contactores

Los contactores presentan ventajas en cuanto a los siguientes aspectos, por los que se recomienda su utilización:

- Automatización en el arranque y paro de motores.
- Posibilidad de controlar completamente una máquina desde varios puntos de maniobra o estaciones.
- Se pueden maniobrar circuitos sometidos a corrientes muy altas, mediante corrientes muy pequeñas.
- Seguridad para personal técnico, dado que las maniobras se realizan desde lugares alejados del motor u otro tipo de carga, y las corrientes y tensiones que se manipulan con los aparatos de mando son o pueden ser pequeños.
- Control y automatización de equipos y máquinas con procesos complejos, con la ayuda de aparatos auxiliares (como interruptores de posición, detectores inductivos, presostatos, temporizadores, etc.)

- Y un ahorro de tiempo a la hora de realizar algunas maniobras.

A estas características hay que añadir que el contactor:

- Es muy robusto y fiable, ya que no incluye mecanismos delicados.
- Se adapta con rapidez y facilidad a la tensión de alimentación del circuito de control (cambio de bobina).
- Facilita la distribución de los puestos de paro de emergencia y de los puestos esclavos, impidiendo que la máquina se ponga en marcha sin haber tomado todas las precauciones necesarias.
- Protege el receptor contra las caídas de tensión importantes (apertura instantánea por debajo de una tensión mínima).
- Funciona tanto en servicio intermitente como en continuo.

2.2 Relé

El relé o relevador es un dispositivo electromagnético. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Fue inventado por Joseph Henry en 1835.

Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico. Como tal se emplearon en telegrafía, haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea. Se les llamaba “relevadores”.

Estructura y funcionamiento

El electroimán hace girar la armadura verticalmente al ser alimentada, cerrando los contactos dependiendo de si es N.A ó N.C (normalmente abierto o normalmente cerrado). Si se le aplica un voltaje a la bobina se genera un campo magnético, que provoca que los contactos hagan una conexión. Estos contactos pueden ser considerados como el interruptor, que permite que la corriente fluya entre los dos puntos que cerraron el circuito.

Tipos de relés

Existen multitud de tipos distintos de relés, dependiendo del número de contactos, de su intensidad admisible, del tipo de corriente de accionamiento, del tiempo de activación y

desactivación, entre otros. Cuando controlan grandes potencias se llaman contactores en lugar de relés.

Relés electromecánicos

- Relés de tipo armadura: pese a ser los más antiguos siguen siendo los más utilizados en multitud de aplicaciones. Un electro imán provoca la basculación de una armadura al ser activado, cerrando o abriendo los contactos dependiendo de si es N.A (normalmente abierto) o N.C (normalmente cerrado).
- Relés de núcleo móvil: a diferencia del anterior modelo estos están formados por un émbolo en lugar de una armadura. Debido a su mayor fuerza de atracción, se utiliza un solenoide para cerrar sus contactos. Es muy utilizado cuando hay que controlar altas corrientes.
- Relé tipo reed o de lengüeta: están constituidos por una ampolla de vidrio, con contactos en su interior, montados sobre delgadas láminas de metal. Estos contactos conmutan por la activación de una bobina, que se encuentra alrededor de la mencionado ampolla.
- Relés polarizados o biestables: se componen de una pequeña armadura, solidaria a un imán permanente. El extremo inferior gira dentro de los polos de un electro imán, mientras que el otro lleva una cabeza de contacto. Al excitar el electro imán, se mueve la armadura y provoca el cierre de los contactos. Si se polariza al revés, el giro será en sentido contrario, abriendo los contactos o cerrando otro circuito.
- Relés multitensión: son la última generación de relés que permiten por medio de un avance tecnológico en el sistema electromagnético del relé desarrollado y patentado por Relaygo, a un relé funcionar en cualquier tensión y frecuencia desde 0 a 300 AC/DC reduciendo a un solo modelo las distintas tensiones y voltajes que se fabricaban hasta ahora.

Relé de estado sólido

Se llama relé de estado sólido a un circuito híbrido, normalmente compuesto por un opto acoplador que aísla la entrada, un circuito de disparo, que detecta el paso por cero de la corriente de línea y un triac o dispositivo similar que actúa de interruptor de potencia. Su nombre se debe a la similitud que presenta con un relé electromecánico; este dispositivo es usado generalmente para aplicaciones donde se presenta un uso continuo de los contactos del relé que en comparación con un relé convencional generaría un serio desgaste mecánico, además de poder conmutar altos amperajes que en el caso del relé electromecánico destruirían en poco tiempo los contactos. Estos relés permiten una velocidad de conmutación muy superior a la de los relés electromecánicos.

Relé de corriente alterna

Cuando se excita la bobina de un relé con corriente alterna, el flujo magnético en el circuito magnético, también es alterno, produciendo una fuerza pulsante, con frecuencia doble, sobre los contactos. Es decir, los contactos de un relé conectado a la red, en algunos lugares, como varios países de Europa y América Latina oscilarán a 2×50 Hz y en otros, como en Estados Unidos lo harán a 2×60 Hz. Este hecho se aprovecha en algunos timbres y zumbadores, como un activador a distancia. En un relé de corriente alterna se modifica la resonancia de los contactos para que no oscilen.

Relé de láminas

Este tipo de relé se utilizaba para discriminar distintas frecuencias. Consiste en un electroimán excitado con la corriente alterna de entrada que atrae varias varillas sintonizadas para resonar a sendas frecuencias de interés. La varilla que resuena acciona su contacto, las demás no. Los relés de láminas se utilizaron en aeromodelismo y otros sistemas de telecontrol.

Relés de acción retardada

Son relés que ya sea por particularidad de diseño o bien por el sistema de alimentación de la bobina, permiten disponer de retardos en su conexión y/o desconexión.

- Relés con retardo a la conexión: El retardo a la conexión de relés puede obtenerse mecánicamente aumentando la masa de la armadura a fin de obtener mayor inercia del sistema móvil; o bien, aumentando la presión de los resortes que debe vencer la fuerza de atracción del relé. También se obtiene un efecto similar de retardo utilizando C.C. para alimentar al relé en una de las dos siguientes formas:
 - Relé con resistor previo y capacitor en paralelo con la bobina: cuando se alimenta con C.C. al relé, el capacitor, hasta entonces descargado, origina una intensa corriente de carga inicial la cual al atravesar al resistor origina una apreciable caída en la tensión aplicada a la bobina, verificándose así un retraso a la conexión. Cabe aclarar que siempre que se interrumpa la alimentación del relé el capacitor, descargándose sobre la bobina, establecerá también un cierto retraso en la desconexión.
 - Relé de dos devanados con corriente en oposición: la disposición de uno de estos relés se basa en la existencia de dos devanados conectados en oposición; usualmente designados como principal y auxiliar, y que poseen mayor y menor número de espiras respectivamente. Al aplicarse tensión de C.C. la corriente se establece rápidamente en el devanado auxiliar a la vez que con mucha mayor lentitud en el principal debido a la marcada diferencia en la reactancia inductiva de cada uno (Debido al diferente número de espiras que tiene cada uno) De esa manera y debido a que el campo magnético que originan ambos devanados es opuesto, la

actuación del relé se producirá cuando la fuerza magnetomotriz en gradual aumento- del devanado principal sea superior a la del devanado auxiliar y la presión de los resortes del relé, con lo que se obtiene el buscado retardo en la conexión.

- Relés con retardo a la desconexión: también es posible obtener retardo a la desconexión por medios mecánicos disminución de la presión de los resortes del relé- aunque en la mayoría de los casos se recurre a alguno de los sistemas que se indican a continuación:
 - Relé con capacitor en paralelo: como su nombre lo indica, posee un capacitor que por su condición en paralelo toda vez que se interrumpa la alimentación de C.C. al relé considerado, la desconexión resultará retardada por la descarga de dicho capacitor sobre la bobina, sistema con el que se obtienen tiempos muy exactos y que en función de los valores de R y C en consideración puede superar largamente un segundo.
 - Relé con devanado adicional en cortocircuito: estos disponen de dos devanados: uno de ellos llamado principal o de accionamiento y otro adicional que se encuentra cortocircuitado. Ya sea que el devanado principal sea conectado o desconectado de la tensión de alimentación, la variación de flujo consiguiente inducirá en el devanado adicional una corriente que oponiéndose a la causa que la produce retarda a dicha variación, con lo que se produce así un retardo tanto a la conexión como a la desconexión del relé.
 - Relé con devanado adicional controlado por contacto auxiliar: estos relés son absolutamente similares a los anteriores, con el único agregado de un contacto auxiliar del propio relé en- cargado de conectar o desconectar al devanado auxiliar. Así el relé presentará un retardo a la desconexión o a la conexión según se utilice un contacto auxiliar Normal Abierto o Normal Cerrado, respectivamente.

Relés con retención de posición

En este caso los relés poseen un diseño en el cual tienen remaches de elevada remanencia colocados dentro de orificios practicados en el núcleo y la armadura de los mismos, y en exacta coincidencia. Por estar perfectamente rectificadas las caras polares en contacto al cerrar el circuito magnético del relé quedarán en esa posición por remanencia magnética aunque la bobina se desconecte, retornando a la posición de reposo inicial sólo cuando una corriente de sentido contrario vuelva a abrirlo.

Relés multitensión

Son la última generación de relés, al tener un rango de funcionamiento en corrientes desde 24 a 240 AC/DC y frecuencia desde 0 a 300Hz, su ventaja principal es que pueden usarse en lugares donde la corriente no es estable o es suministrada por generadores, siendo el comodín de los relés ya que podemos utilizarlos con cualquier tipo de corriente en alterna o

continúa sin preocuparnos del tipo de corriente suministrada.

Ventajas del uso de relés

La gran ventaja de los relés electromagnéticos es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento, la que circula por la bobina del electroimán, y los circuitos controlados por los contactos, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control. También ofrecen la posibilidad de control de un dispositivo a distancia mediante el uso de pequeñas señales de control. En el caso presentado podemos ver un grupo de relés en bases interfaces que son controlado por módulos digitales programables que permiten crear funciones de temporización y contador como si de un mini PLD (Dispositivo Lógico Programable) se tratase. Con estos modernos sistemas los relés pueden actuar de forma programada e independiente lo que supone grandes ventajas en su aplicación aumentando su uso en aplicaciones sin necesidad de utilizar controles como PLD's u otros medios para comandarlos.

2.3 Obra de toma

La obra de toma es la estructura hidráulica de mayor importancia de un sistema de aducción, que alimentará un sistema de generación de energía hidroeléctrica, riego, agua potable, etc. A partir de la obra de toma, se tomarán decisiones respecto a la disposición de los demás componentes de la Obra.

Los diferentes tipos de obras de toma han sido desarrollados sobre la base de estudios en modelos hidráulicos, principalmente en aquellos aplicados a cursos de agua con gran transporte de sedimentos.

En el caso de sistemas en cuencas de montaña, debido a las condiciones topográficas, las posibilidades de desarrollo de embalses son limitadas. Por tal motivo, es usual la derivación directa de los volúmenes de agua requeridos y conducirlos a través de canales, galerías y/o tuberías, para atender la demanda que se presenta en el sistema de recepción (agua potable, riego, energía, etc.).

Cada intervención sobre el recurso hídrico, origina alteraciones en el régimen de caudales, aguas abajo de la estructura de captación, por lo que su aplicación deberá considerar al mismo tiempo la satisfacción de la demanda definida por el proyecto y los impactos sobre sectores ubicados en niveles inferiores.

Tipos de obras de toma

Obras de toma superficiales:

La obra de toma superficial es el conjunto de estructuras que tiene por objeto desviar las aguas que escurren sobre la solera hacia el sistema de conducción.

Considerando al río como parte del sistema ecológico, la obra de toma se constituirá en un

obstáculo para el libre escurrimiento del agua o en una intervención sobre un medio natural, que dará lugar a modificaciones del estado de equilibrio.

Para la toma, el curso natural es un medio que satisficiera las necesidades de agua del sistema receptor. El primer concepto se limita únicamente a la naturaleza y sus leyes, el segundo presenta al hombre y sus objetivos.

Esto significa, que la utilización del agua a través de la obra toma tendrá consecuencias sobre el curso natural en cuanto a su morfología, régimen de escurrimiento y sobre el área de influencia en cuanto al equilibrio de sus suelos, nivel de aguas subterráneas, etc.

Por lo tanto, es necesario tener conocimiento previo de las características y condiciones que ofrece el río o quebrada que se piensa aprovechar.

El diseño de la obra de toma deberá ser realizado en asociación a las condiciones naturales existentes, a los procesos que están en desarrollo y a los impactos posteriores que se generarán a consecuencia de la intervención.

Entre los diferentes tipos de obras de toma superficiales, encontramos las obras de toma de derivación directa, que son las que nos interesan en este caso, ya que son las más recomendadas para obras hidráulicas en cuencas de montaña.

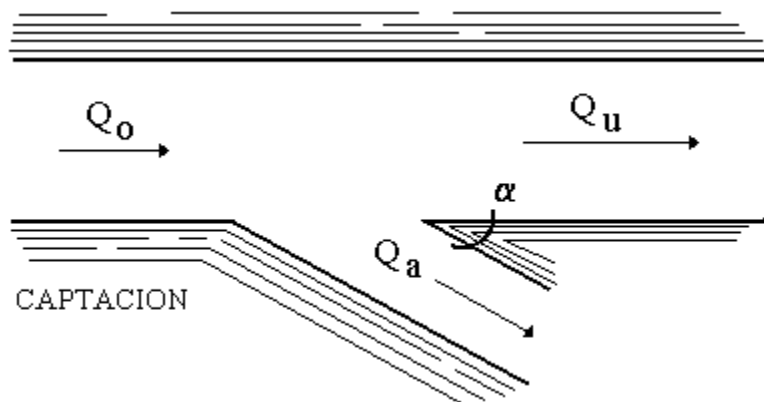


Fig. 2.1. Esquema de una obra de toma superficial

Obras de toma de derivación directa

Estas formas de toma son de las más antiguas y cuyo concepto aún se mantienen en vigencia como alternativa primaria para el riego de parcelas aledañas al río o quebrada. El diseño más rudimentario consiste en una simple apertura en el curso natural, orientando el flujo hacia sistema de conducción (normalmente un canal).

Para proteger la toma de caudales en exceso y materiales de arrastre durante crecidas, la toma se orienta aproximadamente de manera perpendicular a la dirección de flujo.

La toma tradicional que se utilizan para el riego de pequeñas parcelas, incorporan además

bloques de piedra, alineados diagonalmente cubriendo en muchos casos toda la sección. En estos casos, la toma es ubicada frecuentemente utilizando los accidentes naturales del terreno de manera que pueda servir de ayuda frente a las crecidas. Por ejemplo, este podría ser ubicado detrás o debajo de un sector rocoso (peña).

En muchos casos las "obras complementarias" tienen carácter temporal, por cuanto su duración se limita a la época de estiaje; en la época de lluvias aquellas serán deterioradas o destruidas.

Cuando no es posible orientar la toma de manera aproximadamente perpendicular al flujo o cuando se requiere proteger la pequeña toma, se construye un muro transversal sobre un sector de la sección del río inmediatamente aguas arriba de la toma.

Las técnicas para lograr la derivación no se diferencian de gran manera en los casos de tomas para aducción de agua potable, para riego o energía hidráulica.

Disposición de las obras

En general la obra de toma está constituida por un órgano de cierre, estructuras de control, estructuras de limpieza, seguridad y la boca toma.

Cada uno de los elementos indicados cumple una función o misión específica, a saber:

- El órgano de cierre tiene por objeto elevar las aguas de manera de permitir el desvío de los volúmenes de agua requeridos.
- Las estructuras de control permitirán la regulación del ingreso de las aguas a la obra de conducción.
- Las estructuras de limpieza serán elementos estructurales que puedan evacuar los sedimentos que se acumulan inmediatamente aguas arriba del órgano de cierre.
- Las estructuras de seguridad evacuarán las aguas que superen los volúmenes requeridos por el sistema receptor.
- La boca toma será el elemento que permita el ingreso de agua de captación hacia la estructura de conducción.

El funcionamiento de estos elementos, ya sea de manera combinada o individual, deberá lograr el objetivo principal de su aplicación y al mismo tiempo no deberá originar fenómenos negativos a la propia seguridad de las obras civiles ni al medio físico que se encuentra bajo su influencia directa o indirecta.

En general el diseño de la obra de toma debe considerar los siguientes aspectos:

- No debe generar perturbaciones excesivas.
- No debe generar choques excesivos sobre las paredes de las estructuras.
- No debe generar cambios bruscos en la dirección general de escurrimiento.
- Debe devolver las aguas en exceso al río sin originar solicitaciones que excedan las que puede resistir el medio físico.

- Debe permitir una transición gradual del flujo desde el curso natural hacia la bocatoma.

Naturalmente no es posible en muchos casos cumplir todas las condiciones al mismo tiempo, por lo cual se sacrificarán algunos bajos compromisos, es decir tomando medidas complementarias que logren mitigar las eventuales consecuencias negativas.

Consideraciones hidráulicas

Consideremos un sector de un curso de agua, en el cual se quiere aplicar una obra de toma. Tenemos entonces que:

- Derivación del caudal de toma

$$(Q_a = Q_o - Q_u) \quad (1)$$

- Modificación de la dirección de flujo ($0^\circ < \alpha < 180^\circ$)

Además la derivación puede ser:

- De superficie libre
- Sumergida

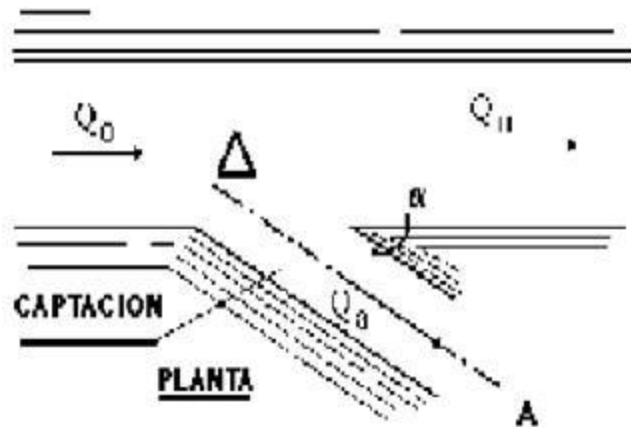


Fig. 2.2 Toma a superficie libre

El proceso puede ser descrito con ayuda de las conocidas ecuaciones que gobiernan el flujo sobre vertederos, obtenidas de las condiciones de continuidad. Para una sección rectangular, en forma general, puede ser expresada por medio de la expresión de Marchese G. Poleni (1717):

$$Q_a = \frac{2}{3} c \cdot \mu \cdot B_a \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2} \quad (2)$$

Donde:

c: Coeficiente de flujo sumergido

μ : Coeficiente de descarga

El coeficiente de descarga μ es función principalmente de la forma del coronamiento del azud, así como de otros factores como: condiciones del acercamiento del flujo, contracciones y rugosidad. Está de más indicar que este coeficiente depende del caudal, por lo que no es constante; sin embargo se considera constante por razones de facilidad de cálculo. En último término, este coeficiente representa la eficiencia del azud.

Para algunos tipos de coronamiento, Press plantea los siguientes valores de μ :

Tabla No. 2.1 - Valores de μ para algunos tipos de coronamiento

FORMA DEL CORONAMIENTO	μ
Cresta ancha, aristas vivas, horizontal.	0.49 - 0.51
Cresta ancha, con aristas redondeadas, horizontal.	0.50 - 0.55
Cresta delgada, con chorro aireado.	0.64
Cresta redondeada, con paramento superior vertical y paramento inferior inclinado.	0.75
Azud en forma de dique, con coronamiento redondeado	0.79

El factor de corrección c, considera el efecto del flujo aguas abajo en los casos en los que el nivel de aguas de este sector supera el nivel de coronamiento del azud (flujo sumergido).

El gráfico muestra el coeficiente c en función del cociente h_a/h donde h_a es la diferencia entre el nivel de coronamiento del azud y el nivel de flujo libre (tirante conjugado del

tirante mínimo).

Para un ancho diferencial ΔB_a en el punto (i) se puede expresar en forma aproximada:

$$Q_i = \frac{2}{3} c \cdot \mu \cdot \Delta B_a \cdot \sqrt{2g} \cdot h_i^{3/2} \quad (3)$$

El caudal total se obtiene de la sumatoria:

$$Q_a = \sum_{i=1}^n Q_i = \frac{2}{3} c \cdot \mu \cdot B_a \cdot \sqrt{2g} \cdot \sum_{i=1}^n h_i^{3/2} \quad (4)$$

Con las siguientes condiciones límites:

$h_1 = h_0$ en correspondencia con el espejo de agua en el extremo inicial del azud.

$h_n = h_u$ en correspondencia con el espejo de agua en el extremo final del azud.

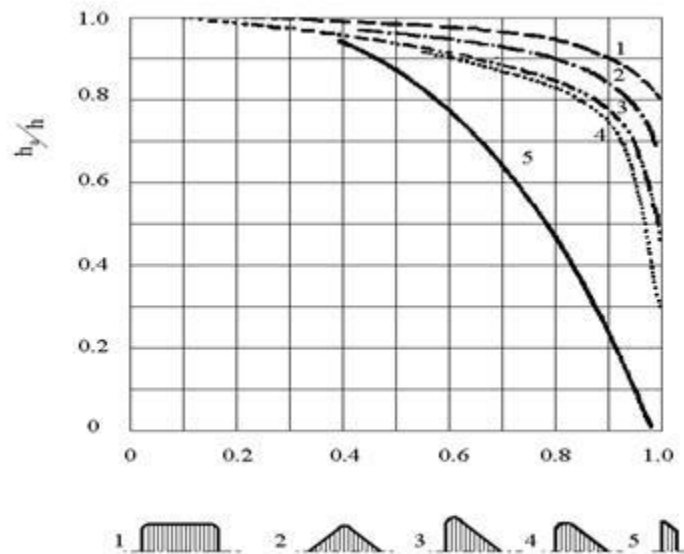


Fig. 2.3 Coeficiente de corrección C para flujo sumergido según Schmidt

Según Schmidt, el coeficiente de descarga para vertederos frontales o laterales no tiene grandes diferencias.

Schmidt recomienda para vertederos sumergidos una reducción en la magnitud del coeficiente de descarga del orden del 5 %.

Para una toma sumergida, la capacidad de captación se calcula con base en la ecuación de

Galilei-Schuelers Toricelli, obteniendo la conocida expresión:

$$Q_a = k \cdot \mu_d \cdot a \cdot B_a \cdot \sqrt{2g \cdot h} \quad (5)$$

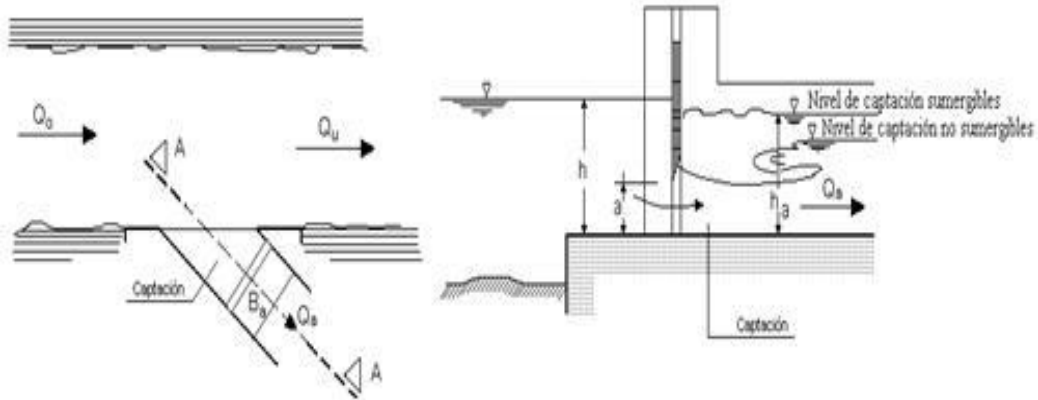


Figura 2.4 Obra de toma con captación sumergida

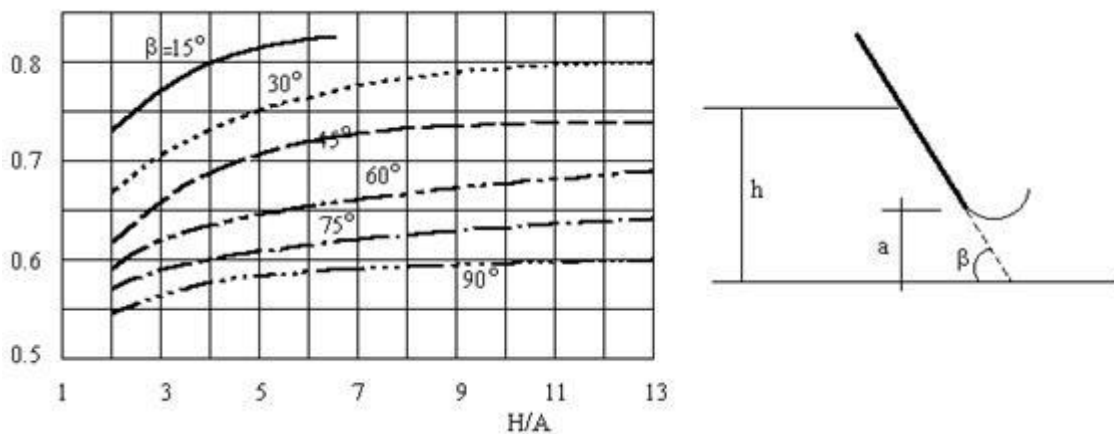


Fig. 2.5 Coeficiente de descarga μ_D según Gentilini

Donde:

μ_d Coeficiente de descarga para flujo sumergido

k Factor de reducción por flujo sumergido

a Abertura del orificio en m.

El coeficiente de descarga μ_d depende principalmente de las condiciones de abertura del orificio, tal como se muestra en el diagrama de la figura 2.5, que resume las investigaciones de Gentilini.

El factor de corrección **k** expresa, en analogía con una toma a superficie libre, la influencia del flujo que se desarrolla aguas abajo del elemento considerado. Para flujo no sumergido,

k toma el valor de $k = 1$. Para flujo sumergido se puede utilizar el diagrama en el que k se muestra en función del cociente (h/a) según Schmidt.

El problema de una eventual situación de flujo oblicuo o transversal no es relevante, contrariamente a lo que se presenta en una toma a superficie libre.

Consideraciones sobre el flujo secundario en una obra de toma

El movimiento de sedimentos en la zona de influencia de la toma aún no está definido con claridad, sin embargo, el comportamiento del material de arrastre juega un papel relevante en el éxito o el fracaso de una obra de toma en un río de montaña.

La ubicación de la toma y su disposición en relación a la dirección de flujo, será de verdadera influencia para el comportamiento del movimiento de los sedimentos. Habermas en 1935, realizó investigaciones de las relaciones entre la derivación de caudales líquidos y sólidos con las formas de captación superficial. Este investigador comparó una gran cantidad de formas de río y obras de toma, demostrando la gran influencia entre las condiciones de movimiento de sedimentos y la ubicación de la toma.

Se iniciará el análisis considerando el caso de un curso natural rectilíneo, en el que se aplica una derivación con un determinado ángulo respecto al eje del río.

La derivación del caudal desarrolla un punto de remanso, en el cual se presenta la separación del flujo en dos partes, una parte con un caudal Q_u , cuyo movimiento sigue la trayectoria original y una segunda con un caudal derivado Q_a . A consecuencia de la separación del flujo y a partir del punto de remanso se forma una línea-frontera que cubre un sector en el que se presenta la separación de las líneas de escurrimiento. El punto de remanso abarca una zona que se desplaza hacia aguas arriba, disminuyendo gradualmente su influencia, formando de esta manera una línea-frontera o plano-frontera.

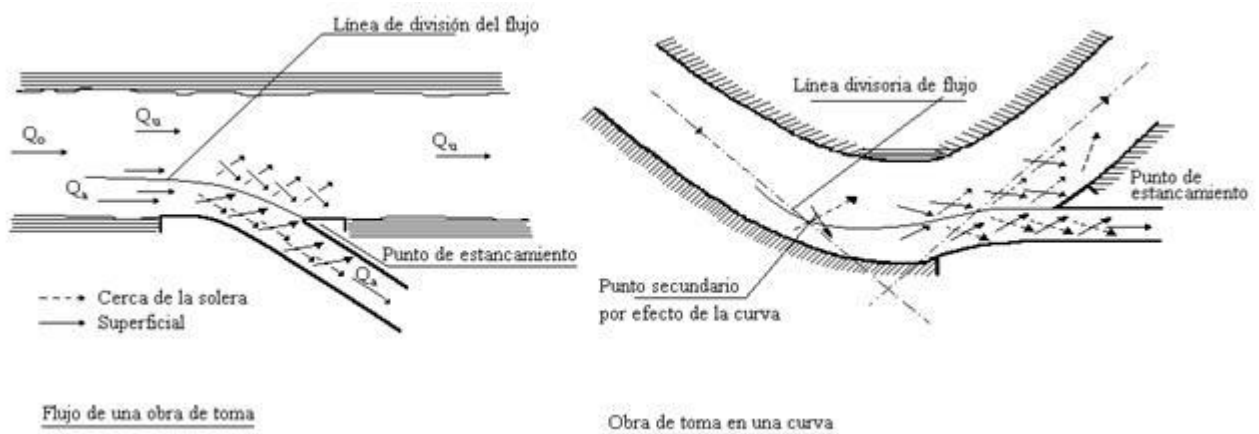


Fig. 2.6 Orientación del flujo en una obra de toma superficial

El caudal Q_a origina cambios en la dirección de flujo, que da lugar a la formación de una

corriente secundaria, la cual con la superposición del flujo principal genera un movimiento en espiral que se desplaza desde la superficie hasta la solera.

El caudal Q_u conlleva a una ampliación de la sección, generando como consecuencia un flujo secundario a manera de espiral desde la base hacia la superficie.

De esta forma se produce dos flujos en espiral con gran turbulencia a lo largo de la línea-frontera, en un primer caso conduciendo los sedimentos hacia el sistema de aducción en proporción directa al caudal Q_a y en segundo caso alejando de la misma línea por el caudal Q_u . La magnitud de los volúmenes de sedimento en movimiento será función también de los valores que alcancen las velocidades de flujo que se desarrollen y por lo tanto de las consiguientes tensiones de corte.

Por lo anteriormente indicado, es necesario considerar dos aspectos para reducir el ingreso de material al sistema de aducción:

- Favorecer al desarrollo del flujo con caudal Q_u .
- Reducir las posibilidades de formación del flujo con caudal Q_a .

La materialización de estos criterios dependerá de las condiciones particulares que presente el proyecto bajo consideración. En los casos en los que el caudal de derivación es pequeño en comparación con el caudal del curso natural, estos criterios carecen de significado.

El desarrollo de una curva favorece a la generación del flujo secundario. La disposición de la toma en la ribera exterior de una curva permite a este sector ser el más favorable para emplazar la toma por cuanto el flujo secundario se expresa en su plenitud a consecuencia del efecto de curva. Según Garbrecht, el efecto de curva se manifiesta hacia abajo en una distancia equivalente a dos veces el ancho del río desde el vértice de la curva.

No es recomendable ubicar la toma en la ribera interior de un curso de agua, por cuanto no es posible evitar que en este sector se presenten procesos de sedimentación, que inhabiliten rápidamente el sistema de captación.

La magnitud del flujo secundario en una curva y la intensidad del movimiento del sedimento, dependen del radio y del ángulo de curvatura. Para curvas suaves (Radio: Ancho $> 7:1$) y/o curvas muy cortas ($\alpha < 30^\circ$), el efecto de curva no se desarrolla plenamente, siendo necesario considerar obras complementarias para generar un mejor desarrollo del efecto de curva.

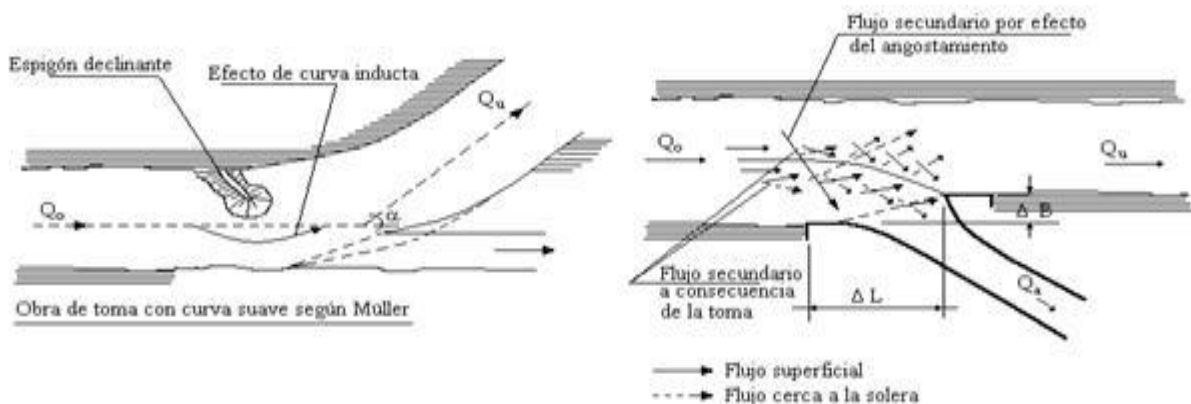


Fig. 2.7 Obras de toma en una curva suave (Müeller) y en un angostamiento

La incorporación de un espigón declinante en la ribera interior, puede forzar el efecto de curva y por lo tanto generar la desviación del sedimento hacia el sector interior de la curva.

En tramos relativamente rectilíneos se presentan normalmente dificultades de ubicación de la toma, principalmente en aquellos con pendiente pronunciada; en estos casos se podría buscar un tramo más angosto. En un estrechamiento se generan corrientes secundarias, que se intensifican en la solera cerca a la toma, lo cual tiene como consecuencia el movimiento del sedimento hacia la ribera contraria. Este efecto es aún más intensivo mientras mayor magnitud alcance la relación. De manera aproximada, estrechamientos con $\Delta B/\Delta L \leq 1/10$ prácticamente no originan corrientes secundarias, funcionando de la misma manera que un curso rectilíneo.

En los casos en los que no sea posible aplicar la anterior solución, se podría considerar medidas de corrección en el curso de agua que generen situaciones similares al escurrimiento en curvas.

Esta medida artificial (crear una curva en un tramo recto) trae consigo nuevas solicitaciones sobre el perímetro mojado, expresadas en erosiones locales que podrían profundizar el lecho. Por consecuencia será necesario tomar medidas complementarias de protección en zonas ubicadas aguas abajo y aguas arriba de la obra de toma.

Otra posibilidad de utilizar un tramo recto, es dada por Habermaas. Este investigador recomienda considerar alternativamente la construcción de un canal lateral que cumpla las condiciones favorables que ofrece un tramo en curva.

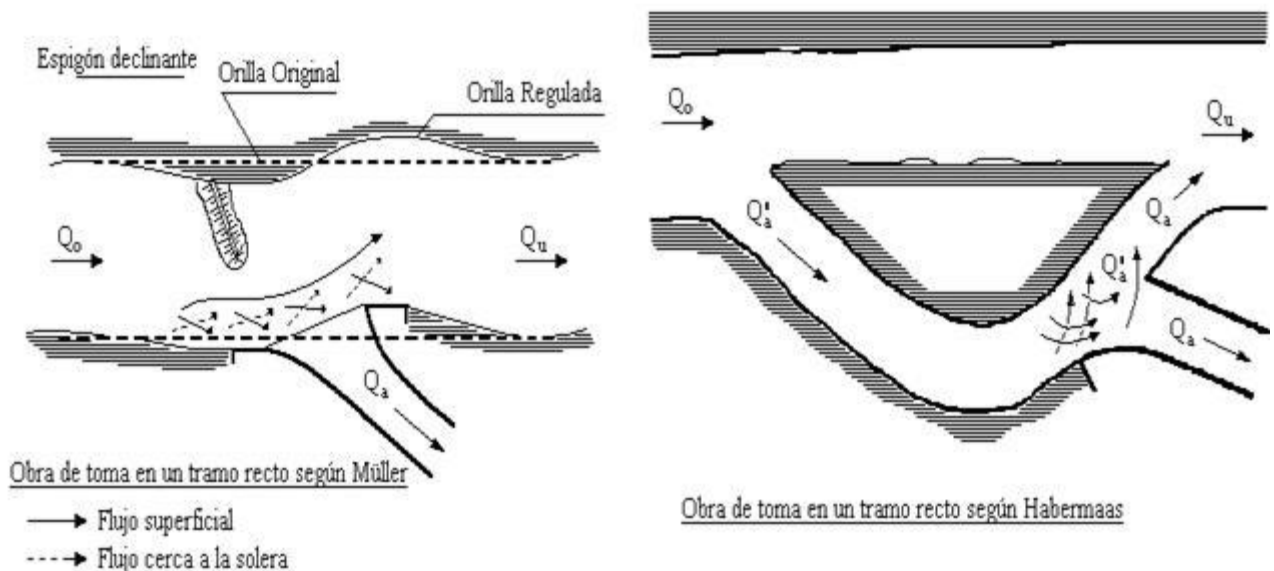


Fig. 2.8 Obras de toma según Müeller y Habermaas

Tendrá que estudiarse en cada caso, las posibilidades físicas de aplicación de esta solución, resolviendo al mismo tiempo las consecuencias sobre el escurrimiento en el tramo

considerado, principalmente en lo que al transporte de sedimentos se refiere.

Para la elección del tipo de obra de toma, considerando el movimiento de los sedimentos es necesario considerar los dos siguientes conceptos:

- **Desviación de los sedimentos:** Para este caso los estudios de investigación indican que el sedimento, a través de la aplicación de obras apropiadas (travesas, muros guía, esclusas de fuga, canales de fuga), puede ser alejado de la toma con éxito, dependiendo del diseño de estas obras.

- **Conducción del sedimento:** Con este método, se logra conducir las dos fases de flujo (flujo líquido y flujo sólido) a la toma y luego separar la fase sólida para su posterior evacuación. Para tal propósito podrá utilizarse sistemas de toma con doble solera y muros de separación horizontales.

Además de lo indicado, debe considerarse la incorporación de obras hidráulicas (desgravadores y desarenadores) que permiten atrapar el sedimento para luego evacuarlos del sistema de aducción. Esta posibilidad no se enmarca dentro de los principios de captación de agua sin material de arrastre, sino que se mantiene como obra complementaria, dependiendo de la calidad del agua.

Grischin plantea una pared curvada a manera de espigón, cuya misión es conducir las aguas hacia la toma y al mismo tiempo generar corrientes secundarias.

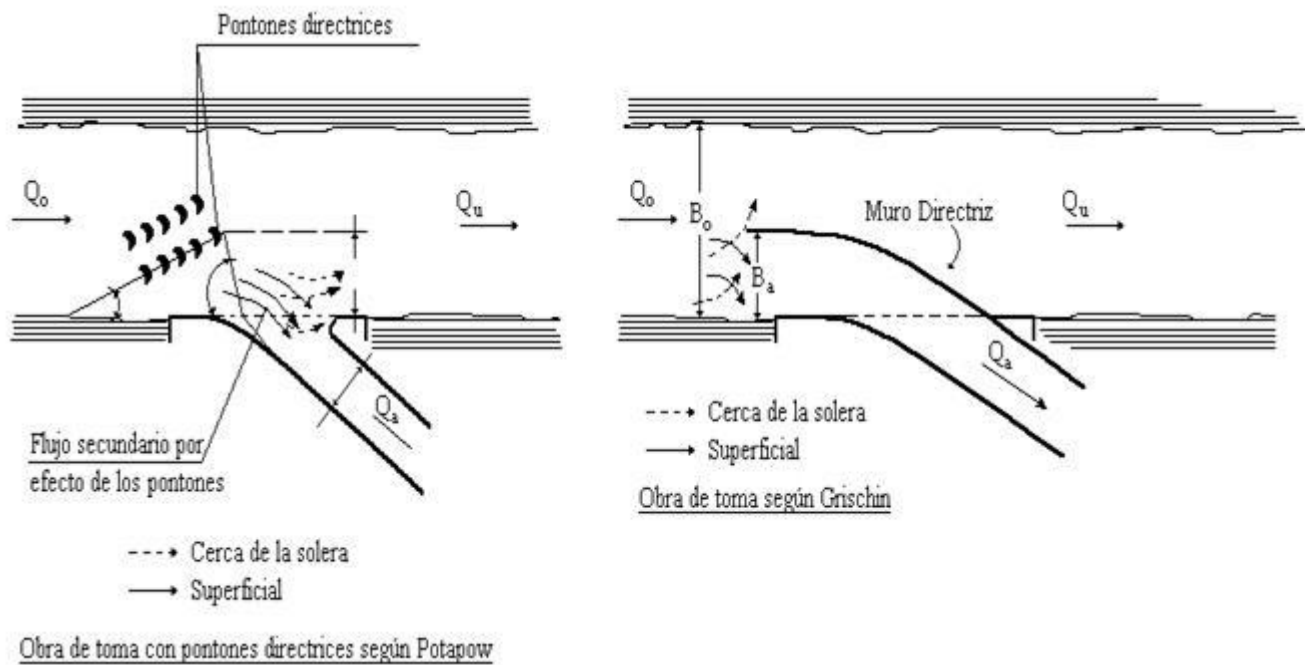


Fig. 2.9 Obras de toma según Potapov y Grischin

La diferencia principal con un espigón convencional consiste en que esta obra pretende dosificar el caudal de toma. Lo cual se consigue manteniendo las siguientes relaciones:

$$\frac{Q_a}{B_a} < \frac{Q_0}{B_0} < \frac{Q_u}{B_0 - B_a}$$

Rouvé plantea un principio similar que consigue el mismo efecto buscado por Grischin, pero al mismo tiempo logra una gran independencia del caudal de toma. Para este caso se recomienda mantener las siguientes relaciones:

$$\frac{Q_a}{B_a} < \frac{Q_0}{B_0} < \frac{Q_0 - Q_a}{B_0 - B_a}$$

Con la ayuda del órgano de regulación es posible alcanzar mejores condiciones de la relación Q_a/B_a en correspondencia con las condiciones límites que establecen los caudales Q_0 y Q_a .

Una clásica solución para desviación del sedimento es la incorporación de un travesaño de fondo delante de la entrada a la bocatoma.

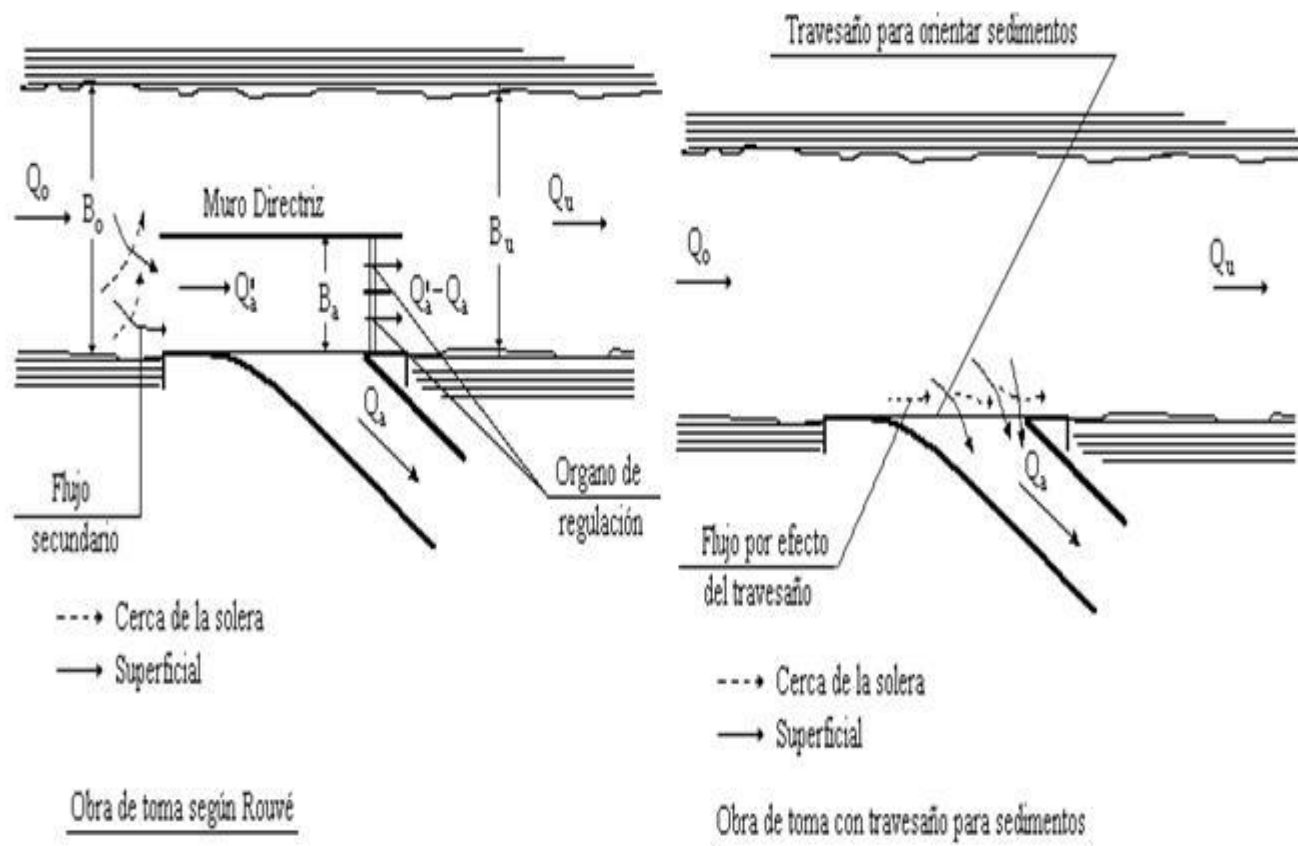


Fig. 2.10 Obras de toma con travesaño para sedimentos (Rouvé)

Con este sencillo método se busca generar también un flujo secundario, por cuanto en la solera el escurrimiento agua-sedimento continúa según la trayectoria original, mientras que en la zona de influencia directa de la bocatoma el flujo presenta un desvío hacia la misma,

reduciendo las posibilidades de ingreso de material de acarreo. Sin embargo en la práctica el desarrollo del flujo es más complejo, por cuanto será función de factores como: Caudal sólido, caudal líquido, altura del travesaño, inclinación de la toma, rugosidad de la solera, rugosidad del perímetro mojado del sistema de aducción, etc.

El travesaño por sí solo, no logrará los objetivos deseados, por lo que en general se complementa con una estructura transversal que incorpore al mismo tiempo un vertedero de excedencias y una estructura de limpieza de sedimentos.

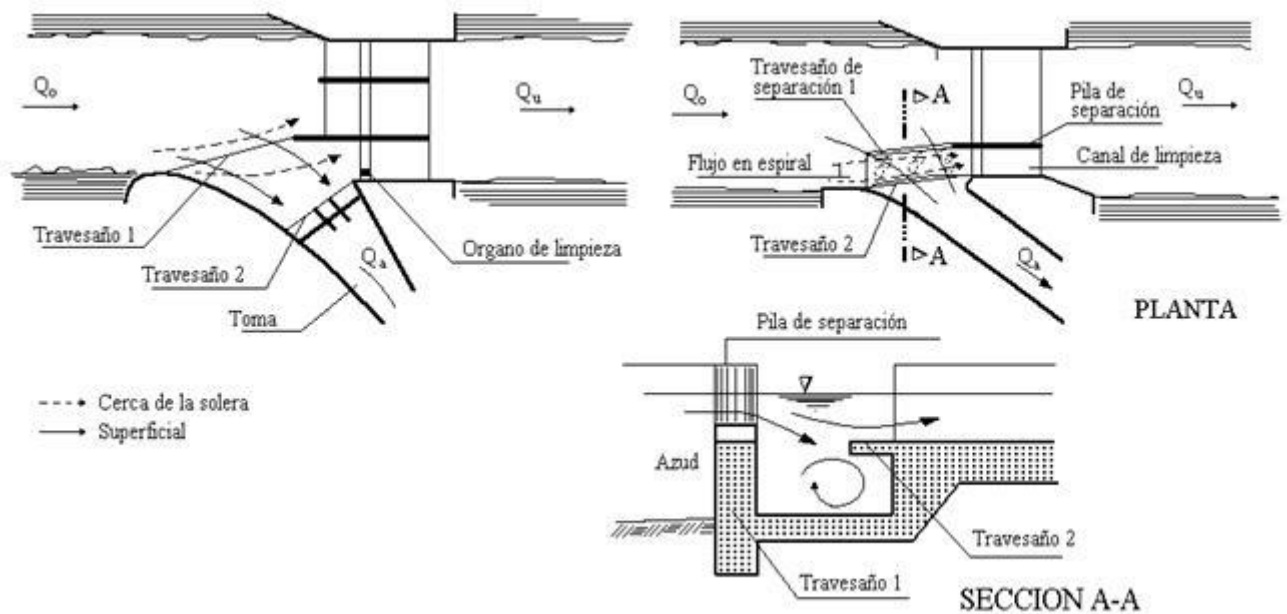


Fig. 2.11 Obras de toma con travesaño y órgano de limpieza

La incorporación de los elementos indicados tiene los siguientes efectos:

- La combinación de la toma con una estructura transversal o azud otorga gran flexibilidad frente a un sistema sin regulación y permite asimismo tomar medidas de limpieza.
- La incorporación del azud logra una desviación del flujo similar al logrado por una curva.
- El travesaño oblicuo refuerza este efecto en combinación con compartimentos que habilitan las pilas intermedias del azud sin modificar en gran manera la sección útil del flujo.
- Con ayuda del canal de limpieza entre el azud y la toma se logrará controlar la evacuación del sedimento que logre sedimentar en la zona de la toma.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, estas obras de toma de derivación directa son las más adecuadas para cuencas de montaña, por lo cual son las que nos interesan en el caso de obras hidráulicas en laderas andinas.

Sin embargo, existen otros dos tipos de obras de toma superficiales, que en algunos casos

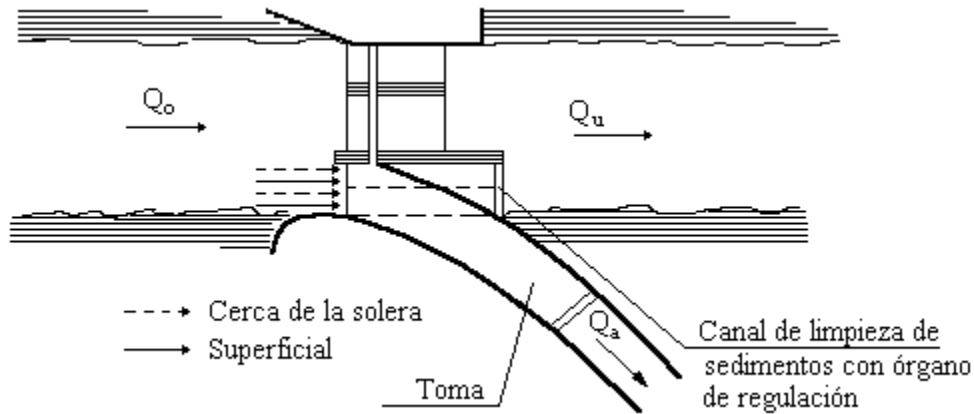


Fig. 2.13 Obras de toma frontal con limpieza continua

A primera vista no existiría gran diferencia entre este tipo de toma y la toma por derivación superficial, sin embargo ambos principios son muy diferentes. En el primer caso, la toma se fundamenta en el aprovechamiento o generación de corrientes secundarias que por un lado ofrecen tirantes mayores para la derivación y por otro alejan los sedimentos de la zona de la bocatoma. En el caso de la toma frontal, se espera que el sedimento, en forma de acarreo, escurra cerca de la solera, por lo que no se evita la aparición de cualquier forma de corriente secundaria.

El acoplamiento de un azud en este tipo de toma es indispensable, porque de esta manera se podrá lograr, en la zona de movimiento de sedimentos, pendientes favorables a la evacuación de los mismos.

Los principios de este tipo de toma fueron desarrollados por ÇeÇen y Garbrecht, muchos de ellos fueron construidos en la República de Turquía.

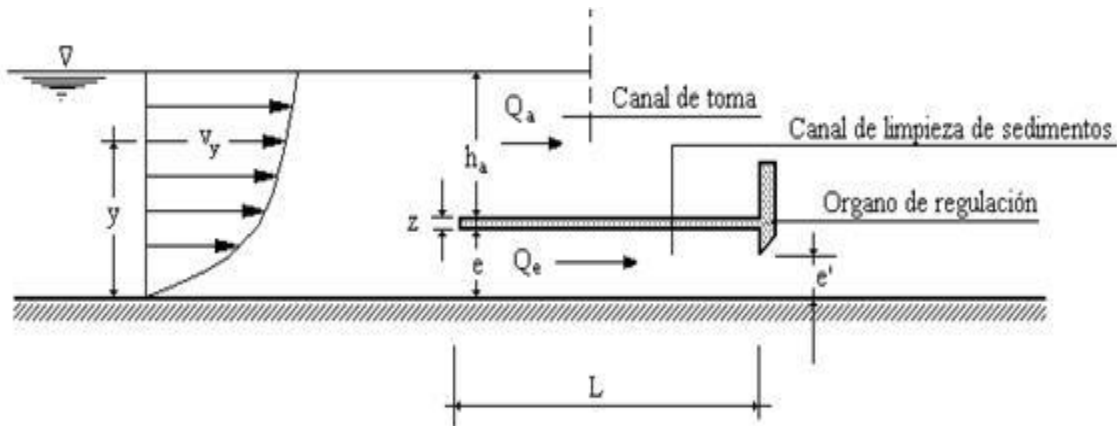


Fig. 2.14 Esquema de obra de toma con limpieza continua de sedimentos

Con:

B_a Ancho del canal de aducción

B_e Ancho del canal de evacuación de sedimentos

B_e ' Ancho del canal de evacuación de sedimentos en la zona de protección

Despreciando el efecto de abatimiento generado por las paredes:

$$Q_a = B_a \cdot \int_0^{h_a} v_Y \cdot h_{ay} \cdot dy = B_a \cdot h_a \cdot v_{am} \quad (6)$$

$$Q_e = B_e \cdot \int_0^e v_Y \cdot e_Y \cdot dy = B_e \cdot e \cdot v_{em} \quad (7)$$

Se puede aceptar la siguiente aproximación:

$$v_{am} \approx v_{y=e} ,$$

Por lo que:

$$v_{y=e} = \frac{Q_a}{B_a \cdot h_a} \quad (8)$$

Asumiendo una distribución parabólica de la velocidad en la que $e): \leq y \leq$ zona inferior de la sección 0

$$Q_e = B_e \cdot e \cdot \frac{2}{3} \cdot v_{y=e} = \frac{2}{3} B_e \cdot \frac{Q_a}{B_a} \cdot \frac{e}{h_a} \quad (9)$$

Para un escurrimiento libre, aguas abajo de la zona de protección, y despreciando pérdidas por fricción:

$$Q_e = \mu_d \cdot B_e \cdot e \cdot \sqrt{2g \cdot (h_a + e + z)} \quad (10)$$

De donde resulta la altura óptima e' del órgano de regulación, en función del caudal de captación:

$$e' = \frac{2}{3} \cdot \frac{Q_a}{B_a} \cdot \frac{B_e}{B_{e'}} \cdot \frac{e}{h_a} \cdot \frac{1}{\mu_d \cdot \sqrt{2g'(h_a + e + z)}} \quad (11)$$

El valor del coeficiente de descarga puede obtenerse. La magnitud de las pérdidas de carga en el canal de desfogue puede ser considerado como una reducción del tirante h_a .

Para el funcionamiento óptimo del desfogue de fondo, es necesario considerar que la dimensión del material granular no deberá superar el valor de e' , es decir:

$$e' > d_{\max} \quad \text{y} \quad e_{\min} > e' \quad (12)$$

La distancia L desde el umbral de la bocatoma hasta la sección de control, dependerá del diseño geométrico del conjunto de la obra de toma, empero la necesidad de reducir las pérdidas de carga por fricción requiere que esta longitud sea lo más corta posible.

En los casos en los que la longitud L supere los 20 m. será necesario que el desfogue de fondo pueda ser inspeccionable, por lo que sus dimensiones transversales no podrían ser menores a 0.80 m.

En el diseño, debe tomarse en cuenta además, que el "acercamiento" del sedimento no se presenta de manera homogénea, así como tampoco es homogénea la distribución del material componente del sedimento. Por un lado se requiere dimensiones mínimas para el paso del sedimento y por otro lado un sobredimensionamiento podría dar lugar a procesos de sedimentación en esta zona.

El ancho de la entrada al canal de aducción y el ancho del desfogue de fondo deben tener las mismas dimensiones, ya que solo de este modo es posible mantener una turbulencia homogénea y evitar la generación de corrientes secundarias.

ÇeÇen recomienda reducir el ancho de la sección del canal de desfogue en el sector del órgano de control hasta valores del orden de $B_{e'} = 0.5B_e$ sin perjudicar el desplazamiento del sedimento.

Obras de toma en solera

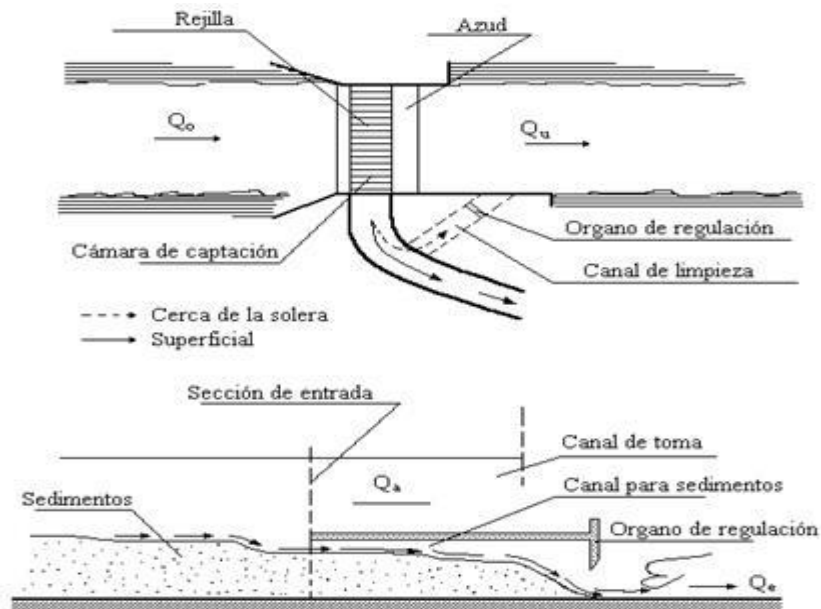


Fig. 2.15 Obras de toma en solera

Aunque no son tan utilizadas en obras hidráulicas para cuencas de montaña como las obras de toma superficiales, dentro de las obras de toma en solera, encontramos un tipo conocido como obras de toma en tirol, las cuales tienen algunas aplicaciones importantes para estos casos, y podrían ser aplicadas perfectamente en las cuencas de montaña de las laderas andinas.

El principio de este tipo de obra de toma radica en lograr la captación en la zona inferior de escurrimiento. Las condiciones naturales de flujo serán modificadas por medio de una cámara transversal de captación.

Esta obra puede ser emplazada al mismo nivel de la solera a manera de un travesaño de fondo. Sobre la cámara de captación se emplazará una rejilla la misma que habilitará el ingreso de los caudales de captación y limitará el ingreso de sedimento. El material que logre ingresar a la cámara será posteriormente evacuado a través de una estructura de purga.

La obra de toma en solera se denomina también azud de solera u obra de toma tipo Tirolés y puede ser empleada en cursos de agua con fuerte pendiente y sedimento compuesto por material grueso.

Este tipo de obra de toma ofrece como ventajas, la menor magnitud de las obras civiles y ofrece menor obstáculo al escurrimiento. Por otro lado, no juega un papel fundamental la ubicación de la obra, tal como sucede en las obras de toma con azud derivador.

La hidráulica del sistema diferencia dos estados de flujo a saber:

- Flujo a través de las rejillas
- Flujo en la cámara de captación

El cálculo del caudal de captación del sistema comprende la definición del desarrollo del espejo de agua y la distribución de los caudales a lo largo de las rejillas.

Para tal efecto se considera dos hipótesis:

- Nivel de energía constante = Línea de energía horizontal
- Altura de energía constante = Línea de energía paralela a la superficie de la rejilla

En el caso de rejillas horizontales, ambas hipótesis resultan idénticas, empero en la práctica la rejilla se dispone con una inclinación hacia aguas abajo.

Hipótesis. Nivel de energía constante

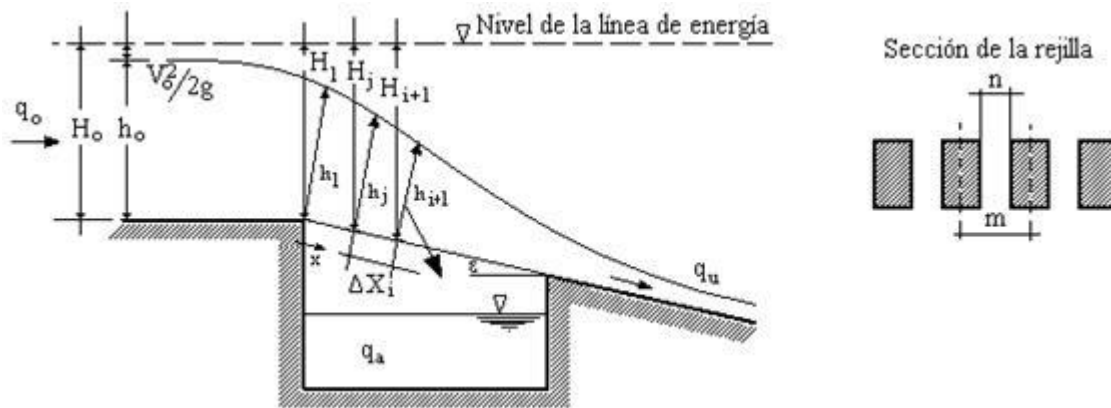


Fig. 2.16 Esquema de flujo sobre la rejilla para nivel de energía constante

Se considerará un ancho unitario de 1 m.

De la ecuación de la energía:

$$q = h \sqrt{2g \cdot (H - h \cdot \cos \alpha)} \quad (13)$$

Para el flujo a través de las rejillas y para flujo paralelo, puede considerarse la condición de escurrimiento a través de un orificio bajo presión:

$$\bar{q} = \varepsilon \cdot \sqrt{h} \quad (14)$$

Con

$$\varepsilon = \Phi \cdot \mu \cdot \sqrt{2g' \cos \alpha}$$

$$\Phi = \frac{n}{m} \text{ (relación de espaciamiento)}$$

El coeficiente μ depende de la forma de las barras de la rejilla y del tirante. Para rejillas de perfil rectangular, las investigaciones de Nosedá dan como resultado la siguiente relación empírica:

$$\mu = 0.66 \Phi^{-0.16} \cdot \left(\frac{m}{n} \right)^{0.13}$$

Relación que es válida entre los límites $3.5 > h/m > 0.2$.

Ya que no es posible una solución del sistema formado por las ecuaciones anteriores, el cálculo del desarrollo de tirantes y la distribución de caudales a lo largo de las rejillas se realizarán en forma iterativa.

Según Frank, se puede considerar que los tirantes sobre las rejillas siguen una trayectoria elipsoide

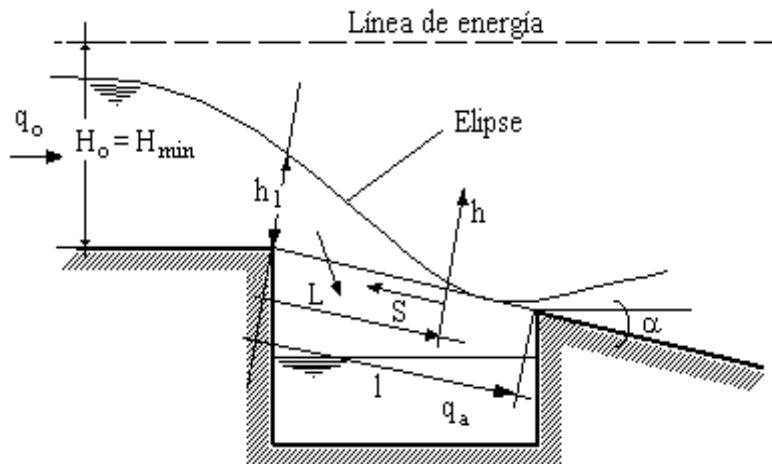


Fig. 2.17 - Condiciones hidráulicas sobre las rejillas según Frank

Este es el caso en el que $q_0 = q_a$, es decir que la obra capta todo el caudal del curso natural, por lo que el tirante al final de la rejilla alcanza el valor de 0. La longitud L y el tirante h resultan ser los ejes de la elipse, por lo que:

$$\frac{s^2}{L^2} = 2 \frac{h}{h_1^2} - \frac{h^2}{h_1^3} \quad (15)$$

Para obtener L puede utilizarse la expresión anterior, a través de la integración de la ecuación de la elipse:

$$L = 2.561 \cdot \frac{q_0}{\varepsilon \cdot \sqrt{h_1}}$$

Al inicio de la rejilla, a pesar de ser la sección con energía mínima, en la práctica el tirante resulta algo inferior al tirante crítico, a saber:

$$h_1 = c \cdot \frac{2}{3} \cdot H_0$$

El factor de reducción c es dependiente de la pendiente de las condiciones geométricas de la rejilla, que para una distribución hidrostática de la presión, vale:

$$2 \cos \alpha \cdot c^3 - 3c^2 + 1 = 0 \quad (16)$$

Tabla No. 2.2 - Factor de reducción en función de la pendiente según Frank

α (grados)	C	α (grados)	C
0	1.0	14	0.879
2	0.980	16	0.865
4	0.961	18	0.851
6	0.944	20	0.837
8	0.927	22	0.825
10	0.910	24	0.812
12	0.894	26	0.800

La ecuación de la elipse también puede ser usada para el caso $q_o > q_a$ de la siguiente manera: Con ayuda de los datos de entrada q_o y H_0 se obtiene el largo total L del eje de la elipse, el mismo que es mayor al largo de la rejilla.

El final de la rejilla se obtiene de:

$$s_e = L - l$$

Con la ecuación (17) se calcula el tirante al final de la rejilla. El caudal de captación q_a resulta de la integración considerando las nuevas condiciones límites (inicio y final de la rejilla)

$$q_a = 1.707 \cdot q_0 \cdot \left(1 + \frac{h_e}{h_1} \right) \cdot \sqrt{2 - \frac{h_e}{h_1}} - 2.415 \quad (17)$$

En el inicio de la rejilla no se presenta el vértice de la elipse, sino que se desplaza en un valor Δx_0 hacia aguas arriba.

La excentricidad Δx_0 se obtiene de la siguiente ecuación

$$\frac{\varepsilon}{2} \left(\sqrt{\frac{2}{3} c \cdot (H_1 - \Delta x_0 \cdot \text{sen } \alpha) + \sqrt{h_1}} \right) \cdot \Delta x_0 + q_1 = 0.3849 \sqrt{2g} \cdot (H_1 - \Delta x_0 \text{sen } \alpha)^{3/2} \quad (18)$$

Dónde:

$H_1 = H_0 + \Delta l \text{ sen } \alpha$ Altura de energía al inicio de la rejilla

$q_1 = q_0$ Caudal al inicio de la rejilla

h_1 Tirante de agua al inicio de la rejilla, que se obtiene de la siguiente relación:

$$q_1 = h_1 \sqrt{2g \cdot (H_1 - h_1 \cos \alpha)} \quad (19)$$

Con ayuda de la excentricidad Δx_0 se pueden obtener los correspondientes valores ficticios a partir del vértice de la elipse:

$$H_0 = H_1 - \Delta x_0 \cdot \text{sen } \alpha$$

$$q_0 = 0.3849 \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2}$$

$$h_0 = c \cdot \frac{2}{3} \cdot H_0$$

Estos valores no consideran pérdidas y condiciones de flujo especiales que se presentan en condiciones reales.

Frank plantea una metodología de cálculo basada en la experiencia ganada en la construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas. El cálculo según Frank, supone un tirante crítico sobre el coronamiento de entrada, situación que se cumple plenamente cuando el sistema incluye un disipador a manera de una antecámara.

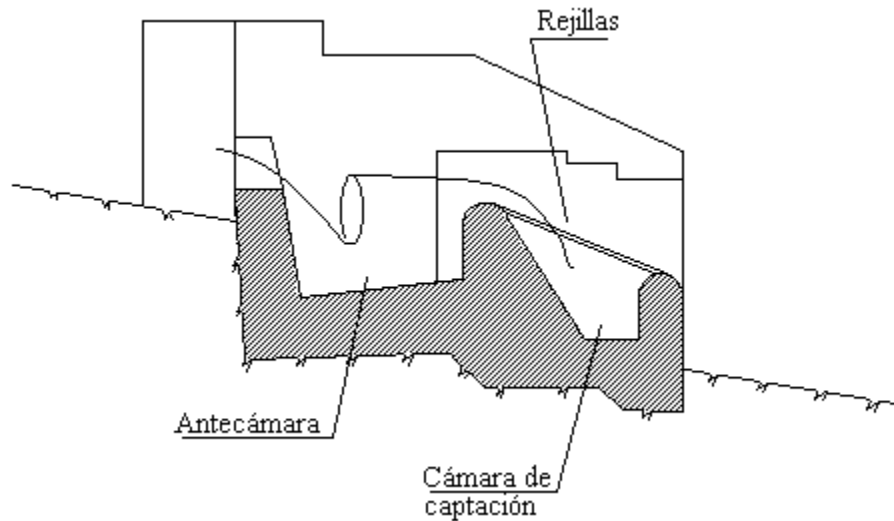


Fig. 2.18 - Obra de toma tipo tiro con antecámara

Con el ancho de captación efectiva B y el caudal Q se calcula el caudal específico q y el tirante crítico h_{crit} .

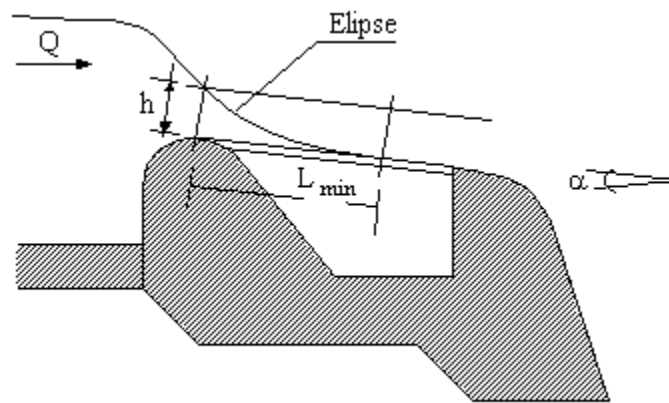


Fig. 2.19 - Condiciones hidráulicas sobre la rejilla

El tirante al inicio de la rejilla es función del tirante crítico h_{crit} , del ángulo de inclinación de la rejilla α y su correspondiente coeficiente c .

Este coeficiente puede ser obtenido por medio de la ecuación de Bernoulli, con la altura de energía al inicio de la rejilla bajo la condición de pequeña inclinación y por lo tanto con una distribución hidrostática de la presión.

De la observación de sistemas en funcionamiento, se asume que la superficie del chorro se aproxima a una elipse, con los ejes h al inicio de la rejilla y el largo de la

rejilla L_{min} respectivamente. De este modo se obtiene no solamente el desarrollo de tirantes a lo largo de la rejilla, sino también la longitud mínima para captar el caudal requerido; sobre esta base se podrá tomar decisiones respecto a las dimensiones finales de la obra.

3. DESARROLLO

3.1 Cierre de la compuerta y desconexión de la bomba

Lo principal fue cerrar la compuerta en su totalidad para evitar el paso del agua y poder realizar el mantenimiento de la unidad 4.

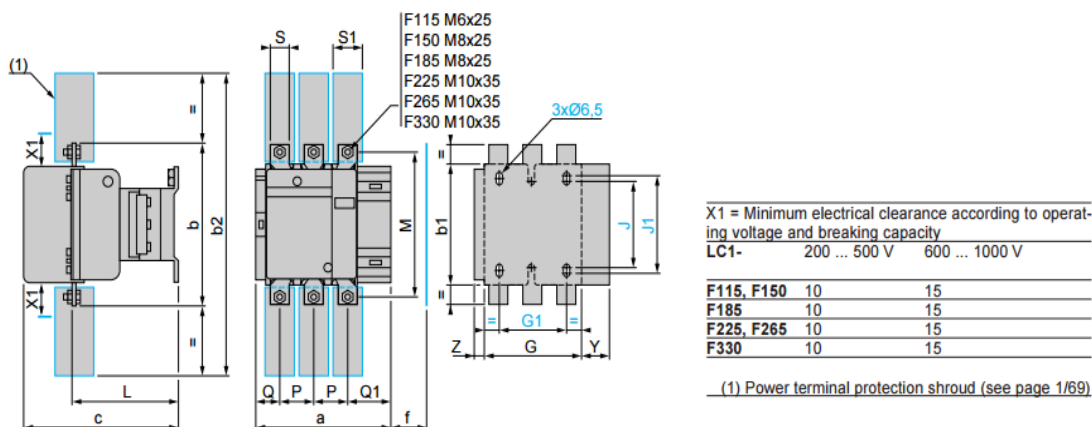
Desconexión de la bomba de la compuerta

Se desconecta la bomba de la compuerta por seguridad y para evitar que la compuerta se abra y ocasione accidentes a los trabajadores y para evitar daños en la tubería y en los alabes de la turbina.

3.2 Desconexión del control y cambio de unos elementos

- Principalmente se desenergizó el interruptor principal para no tener corriente en el control de la compuerta.
- Se procedió a desconectar los contactores que eran de la marca ASEA que se sustituyó por uno de la marca Schneider electric Lc1f115, El LC1F115 es un contactor TeSys F de 3 polos que ofrece un rendimiento probado para cargas resistivas o aplicaciones de arranque de motores grandes. Configuración de contactos 3PST-NO Voltaje soportado por impulsos de 8kV 0,37 mΩ a 50 Hz de impedancia media, Soporte para montaje en placa, Terminales de conexión de tornillo.

LC1-F115 to F330



LC1-		a	b	b1	b2	c	f	G	G1	J	J1	L	M	P	Q	Q1	S	S1	Y	Z
F115	3P	163.5	162	137	265	171	131	106	80	106	120	107	147	37	29.5	60	20	26	44	13.5
	4P	200.5	162	137	265	171	131	143	80	106	120	107	147	37	29.5	60	20	26	44	13.5
F150	3P	163.5	170	137	301	171	131	106	80	106	120	107	150	40	26	57.5	20	34	44	13.5
	4P	200.5	170	137	301	171	131	143	80	106	120	107	150	40	26	55.5	20	34	44	13.5
F185	3P	168.5	174	137	305	181	130	111	80	106	120	113.5	154	40	29	59.5	20	34	44	13.5
	4P	208.5	174	137	305	181	130	151	80	106	120	113.5	154	40	29	59.5	20	34	44	13.5
F225	3P	168.5	197	137	364	181	130	111	80	106	120	113.5	172	48	21	51.5	25	44.5	44	13.5
	4P	208.5	197	137	364	181	130	151	80	106	120	113.5	172	48	17	47.5	25	44.5	44	13.5
F265	3P	201.5	203	145	375	213	147	142	96	106	120	141	178	48	39	66.5	25	44.5	38	21.5
	4P	244.5	203	145	375	213	147	190	96	106	120	141	178	48	34	66.5	25	44.5	38	21.5
F330	3P	213	206	145	375	219	147	154.5	96	106	120	145	181	48	43	74	25	44.5	38	20.5
	4P	261	206	145	375	219	147	202.5	96	106	120	145	181	48	43	74	25	44.5	38	20.5

f = minimum distance required for coil removal

Fig. 3.1 esquema del contactor F115

Junto con el contactor se conectó también un contacto auxiliar de la marca Schneider modelo LADN20 y un relé de sobre carga modelo LR9F5363 de la misma marca. El LADN20 es un bloque de contacto auxiliar con composición de contacto de polo 2 NO y terminales de tornillo, apto para contactores y arrancadores D-Line. El bloque de contacto auxiliar tiene un voltaje máximo de 600VAC y un valor de corriente de 10A. Montaje en clip (frontal) Operación de contactos auxiliares instantáneos. 17V tensión de conmutación mínima. Corriente mínima de conmutación de 5 mA. Tiempo de superposición de 1,5 ms. Grado de protección IP2x.

El LR9F5363 es un Relé térmico de la serie LR9-F Relés térmicos diferenciales y compensados. Relés compensados: con pantalla de disparo, para AC, para montaje directo o separado del contactor. Clase 10 ó 10 A. Acoplamiento directo o separado del contactor. Protección de circuitos trifásicos o monofásicos. Función de alarma para anticipar el disparo.

Los relevadores que se cambiaron tenían la marca borrada porque están desde que se inauró la central se cambiaron por unos de la marca ABB NF22E-13 que fueron 4 del mismo tipo y 1 NF44E-13.

Los relés contactores NF se utilizan para Circuitos auxiliares y de control. Contactor NF

Relés incluyen una interfaz de bobina electrónica Aceptando una tensión de control amplia $U_c \text{ min.} \dots U_c \text{ máx.}$ Sólo cuatro bobinas cubren el control Tensiones entre 24-500 V 50/60 Hz o 20-500 V DC. Los contactores NF pueden Manejar grandes variaciones de voltaje de control.

Una bobina se puede utilizar para diferentes controles Voltajes utilizados en todo el mundo sin bobina cambio. Los relés contactores NF incorporan Protección contra sobretensiones y no requieren supresores de sobretensiones adicionales.

Circuito de control: AC o DC.



Fig. 3.2 contactor shneider Lc1F115

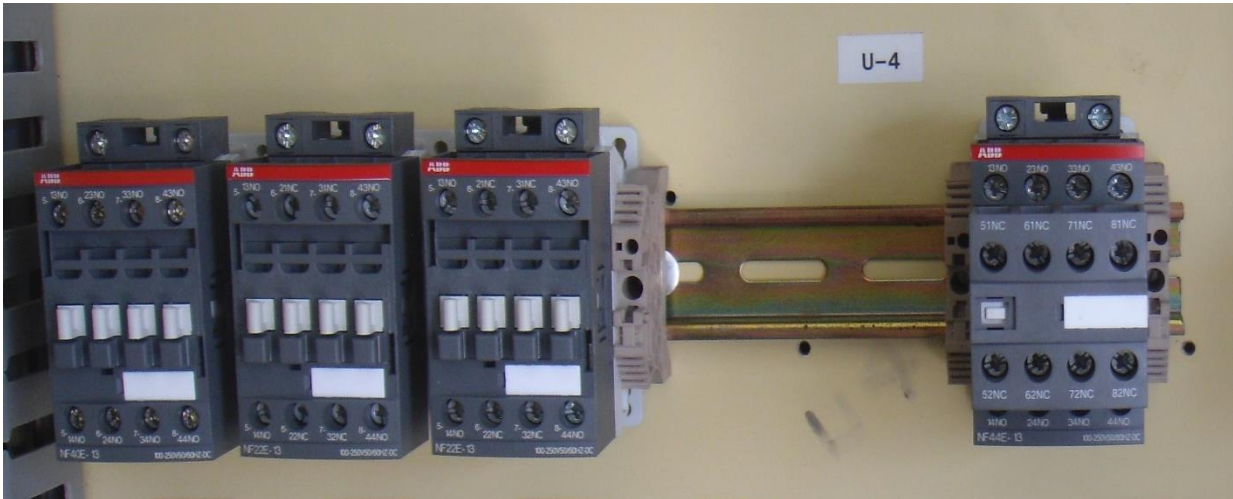


Fig. 3.3 relevador ABB NF22E-13 y NF44E-13

- Otro elemento que se cambio fue el temporizador que era de la marca schnider y se instaló un temporizador LE4SA de la marca AUTONICS:

Funciones actualizadas

- * Ahorro en espacio de montaje gracias a su diseño compacto: minimizado aprox. un 22% de profundidad en comparación con modelos existentes (La longitud del panel en la parte trasera es de 56mm)
- * Capaz de ajustar cada valor y rango de tiempo por separado al seleccionar Flicker (FK, FK I) ó ON-OFF Delay (ON OFF D, ON OFF D I) modo de salida.
- * Agrega el modo Flicker 1 (LE4SA)
- * Ajuste de tiempo de salida de un pulso (0.01 a 99.99seg.)
- * El rango de tiempo es configurable (Rango de tiempo a 9.999seg.)
: Capaz de ajustar a 0.001seg. (Modelo existente: 0.01seg.)
- * Elección de la señal de entrada min.: 1ms ó 20ms (Modelo existente: Fijo 20ms) (LE4S)
- * Tiempo de regreso mejorado: 100ms (Modelo existente: 300ms, 500ms)
- * Función de encendido/apagado de fondo

Características originales

- * Amplio rango de tiempo (0.01seg. a 9999horas)
- * Función de ajuste de bloqueo para guardar el valor de ajuste
- * Función de ajuste mediante teclas suave
- * Display de alta visibilidad con luz de fondo



Fig. 3.4 timer AUTONICS LE4SA

Los únicos elementos que se cambiaron fueron el contactor, contactos auxiliares, relés, relevadores de sobre corriente y el temporizador los demás elementos del control de la compuerta quedaron funcionando de la misma manera pero en esta modernización se cableo con cable color azul número 14 con el motivo de localizar de una forma más rápida el control ya que en el mismo gabinete se encuentra el control de la unidad 5.

3.3 Conexión de elementos reutilizados.

Estos elementos no se cambiaron ya que se reutilizaron para el mismo control de la compuerta:

Transformador reductor- 440v a 127v

43S- selector (manual-automático)

43SLP- selector (local-PLc-fuera)

RA- contactor (apertura)

RRA- contactor (recarga)

RTSO- contactor (By-pass)

X99Q- contactor (nivel tanque de aceite)

XPS- contactor (tubería presión llena)

Dis. 15- presión 100% acumulador (inserto-excuso)

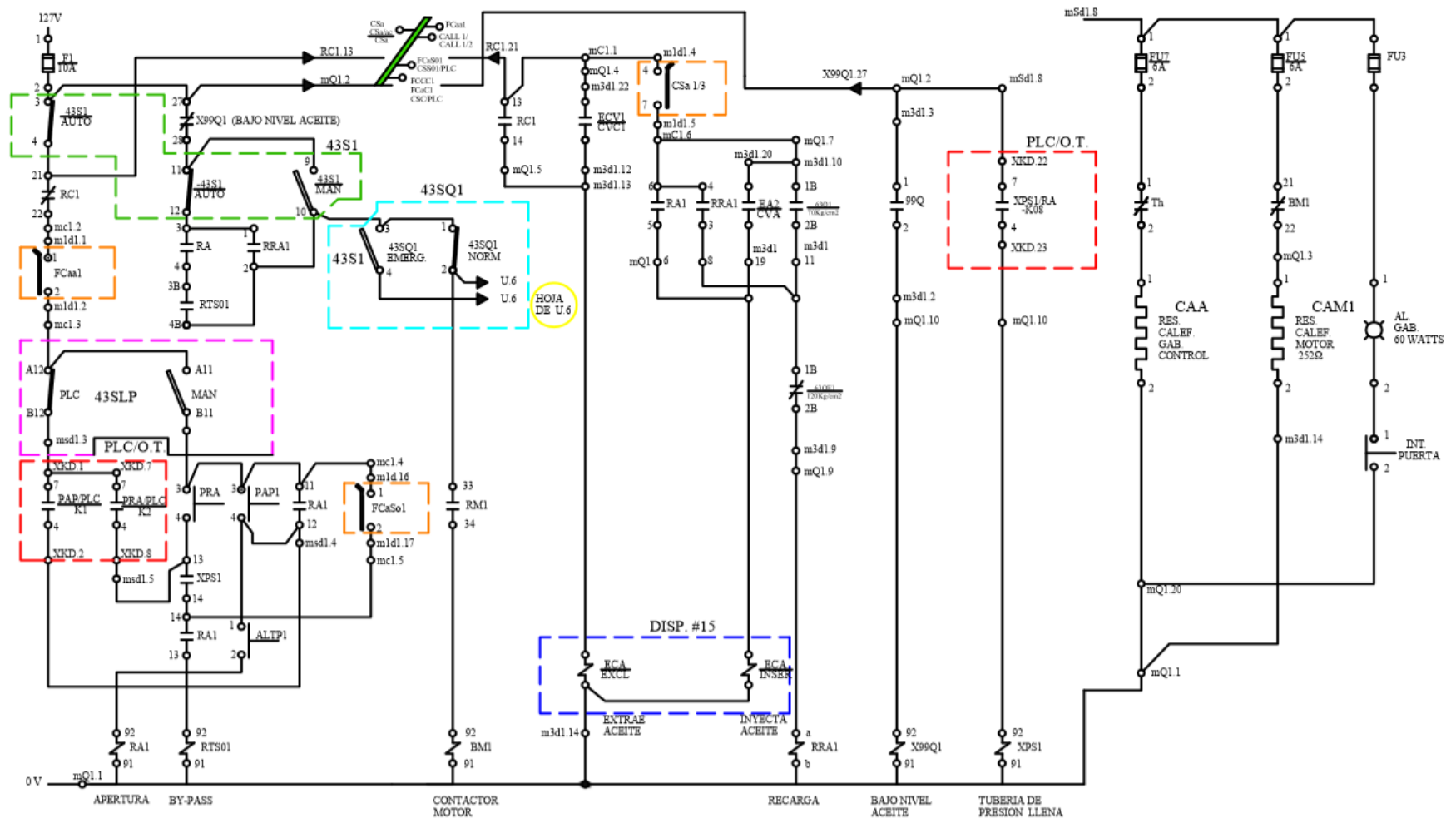
Dis. 16- mando de compuerta (cerrar-abrir)
63QI- presostato (70kg/cm²)
63QE- presostato (120kg/cm²)
43SQ- selector bomba (Normal-Emergencia)
PRA- botón (apertura total de la compuerta)
PAP- botón (apertura de la compuerta)
ALTP- botón (paro apertura de la compuerta)
PCP2- botón (cierre de compuerta)

Después de cablear todo lo antes mencionado se cablearon los microswitch que son los sensores que van en el bastago de la compuerta que son los que indican la apertura y cierre de la compuerta al mismo tiempo se ajustaron para tener una mejor señal.

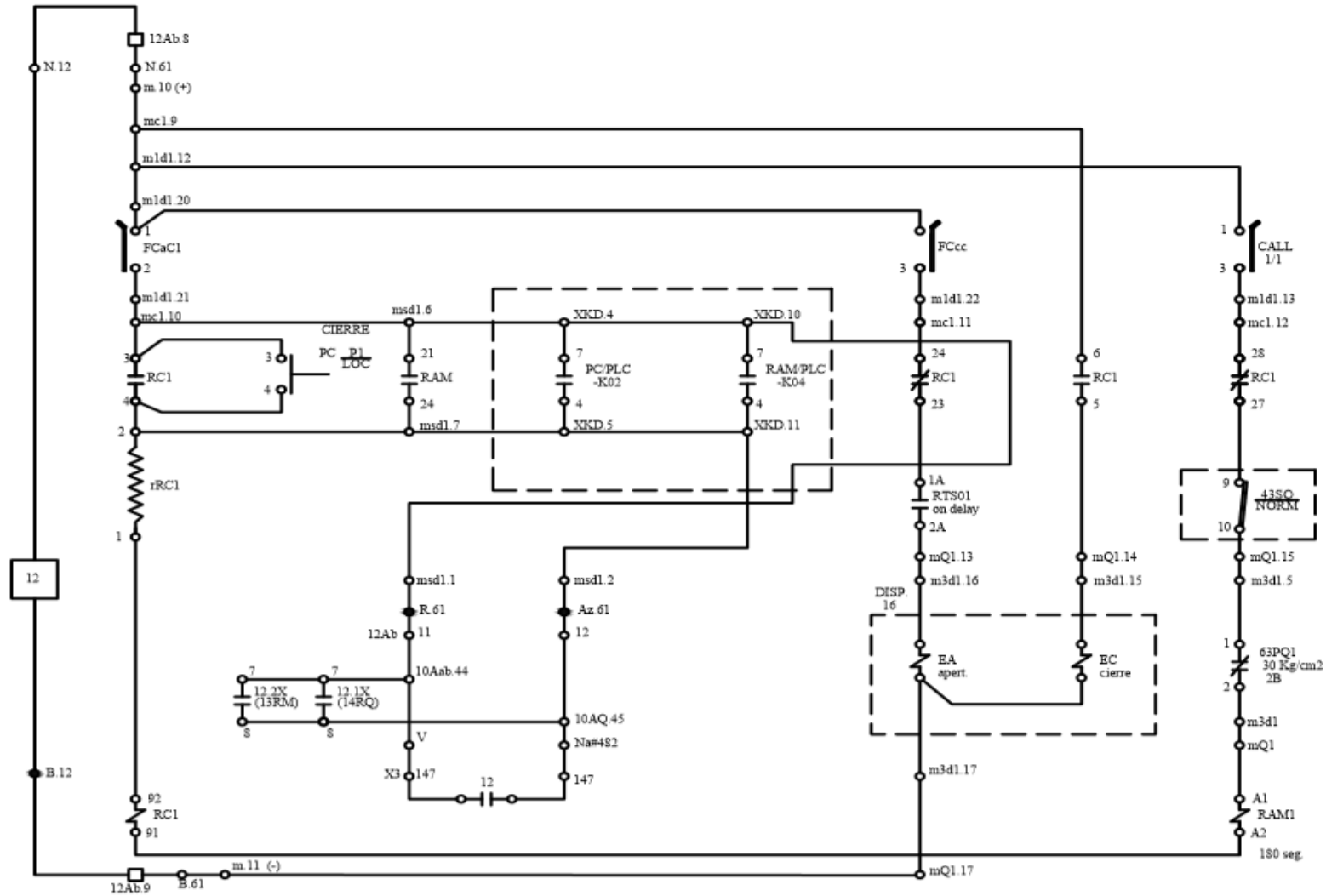
Por último se alimentó el control para checar que no hubieran fallas solo el motor no se conectó por seguridad de los trabajadores que se encontraban realizando trabajos en el caracol de la unidad 4, el motor se conectó hasta el día que se empezaron a realizar las pruebas en la unidad para llenar la tubería y poder excitar la máquina.

3.4 Diagramas de control.

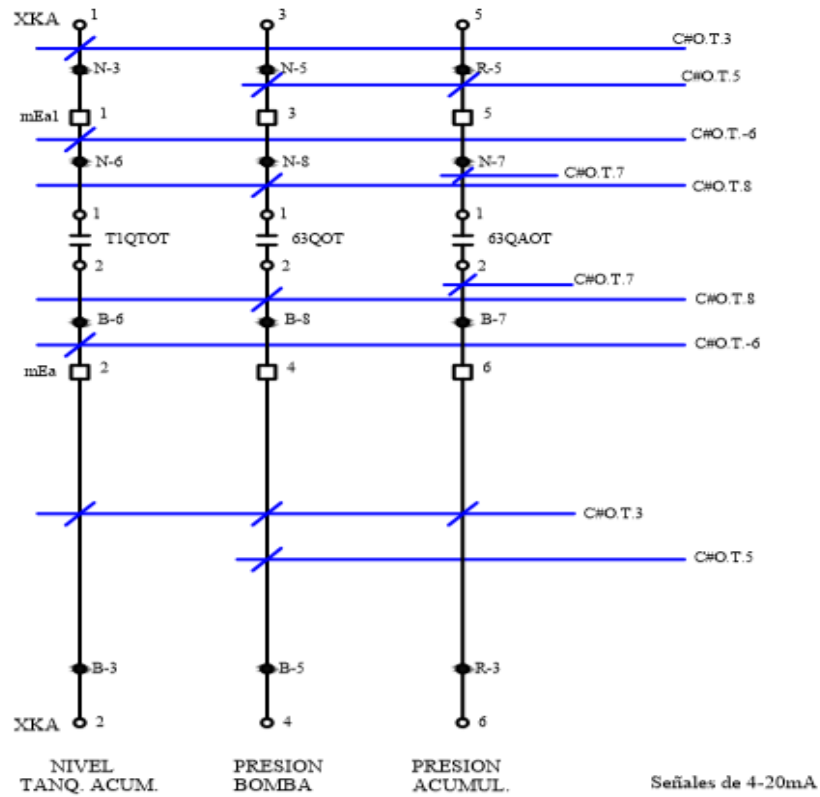
Circuito de apertura de la compuerta de la unidad 4.



Circuito de cierre de la compuerta de la unidad 4.



Estados analógicos de la compuerta de la unidad 4.



3.5 Apertura de la compuerta de obra de toma.

Modo manual

- 43S en posición manual
- 43SLP2 en posición manual

Para iniciar la apertura se presiona el botón de apertura (PAP) se energiza el relevador de apertura (RA) y a su vez el relevador de by-pass (RTSO).

Energizados estos dos se energiza la bobina del contactor (BM) y hace que se energice el motor para iniciar a levantar la compuerta. La electroválvula del dispositivo 15 se posiciona en exclusivo para poder hacer la inyección de aceite hacia la parte interior de la cámara del servomotor. Ya con esto la compuerta se tiene que abrir entre 10 y 12 cm y ahí detenerla, esto lo hace el micro de by-pass.

Una vez en esta posición la compuerta, se espera a que se llene la tubería, el relevador de tubería llena (XPS) se energiza y con esto ya se puede iniciar la reapertura, presionando el botón de reapertura (PRA), este se suelta hasta que la señalización se haya quitado, de ahí en adelante la compuerta sube hasta llegar al micro (compuerta abierta) y al último micro que detiene el control de apertura, cuando se opera el micro de compuerta abierta este eléctricamente hace que se posicionen las electroválvulas para direccionar el aceite al acumulador hasta llegar a tener una presión de 120 Kg/cm^2 y ahí se detiene todo el control de apertura.

Conclusion

En conclusión mi estancia en la central hidroeléctrica Manuel Moreno Torres me sirvió para ver lo que se realiza en una central, ver nuevas cosas que no conocía en el ramo de la electricidad, conocí elementos eléctricos de control, participe en la modernización del control de la compuerta de obra de toma de la unidad 4.

A utilizar 2 o más voltajes en un control ya que varios elementos de control funcionan a 12V, 24V, 27V, 220V y 250V de corriente continua, y 110V, 127V, 220V y 440V de corriente alterna. La corriente directa se puede controlar por medio de un banco de baterías, y la corriente alterna por medio de transformadores.

Al igual en mi estancia en la central observe que se puede trabajar en equipo con varias ramas de la ingeniería me toco observar el mantenimiento menor de la unidad 4 y se ve que trabajan bien en equipo para poder realizar los trabajos y no tener ningún accidente.

Referencias bibliográficas

Consultas de internet.

^[1]www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/FICHA%20TECNICA_OBRAS%20DE%20TOctMA.pdf (21 de octubre del 2016)

^[2]<https://es.wikipedia.org/wiki/Contactor> (11 de noviembre del 2016)

^[3]<https://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9> (25 de noviembre del 2016)

^[4]<http://www.schneider-electric.com.mx/es/> (2 de diciembre del 2016)

TIMER LE4S AUTONICS manual



■ Caution for your safety

※ Please keep these instructions and review them before using this unit.

※ Please observe the cautions that follow;

⚠ Warning Serious injury may result if instructions are not followed.

⚠ Caution Product may be damaged, or injury may result if instructions are not followed.

※ The following is an explanation of the symbols used in the operation manual.

⚠ caution: Injury or danger may occur under special conditions.

⚠ Warning

- In case of using this unit with machineries(Nuclear power control, medical equipment, vehicle, train, airplane, combustion apparatus, entertainment or safety device etc), it requires installing fail-safe device, or contact us for information on type required.**
It may result in serious damage, fire or human injury.
- This unit must be mounted on panel.**
It may give an electric shock.
- Do not repair or checkup when power on.**
It may give an electric shock.
- Do not disassemble and modify this unit, when it requires.**
If needs, please contact us.
It may give an electric shock and cause a fire.
- Lithium battery is used for memory retention in this product, therefore do not disassemble or burn up. Please contact Autonics to replace battery.**
It may cause explosion.

⚠ Caution

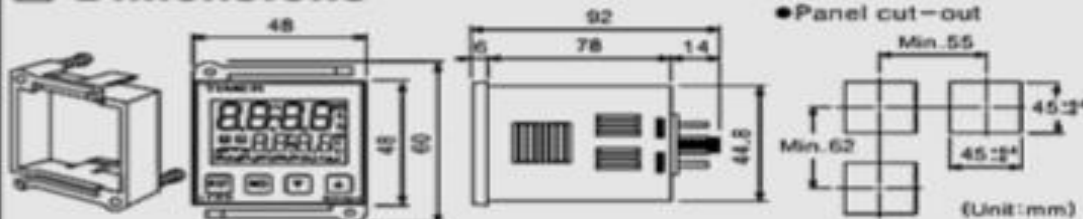
- This unit shall not be used outdoors.**
It might shorten the life cycle of the product or give an electric shock.
- When wire connection, No.20AWG(0.50mm²) should be used and screw bolt on terminal block with 0.74N·m to 0.90N·m strength.**
It may result in malfunction or fire due to contact failure.
- Please observe specification rating.**
It might shorten the life cycle of the product and cause a fire.
- Do not use the load beyond rated switching capacity of Relay contact.**
It may cause insulation failure, contact melt, contact failure, relay broken, fire etc.
- In cleaning the unit, do not use water or an oil-based detergent.**
It might cause an electric shock or a fire.
- Do not use this unit at place where there are flammable or explosive gas, humidity, direct ray of the sun, radiant heat, vibration, impact etc.**
It may cause explosion or a fire.
- Do not inflow dust or wire dregs into inside of this unit.**
It may cause a fire or mechanical trouble.

■ Ordering information

L E 4 S □

□	Time limit 1c
A	Time limit 2c, Instantaneous 1c+Time limit 1c(Selectable)
S	DIN Size W48×H48mm
4	9999(Digit)
E	Timer
L	LCD Display(Backlight)

■ Dimensions

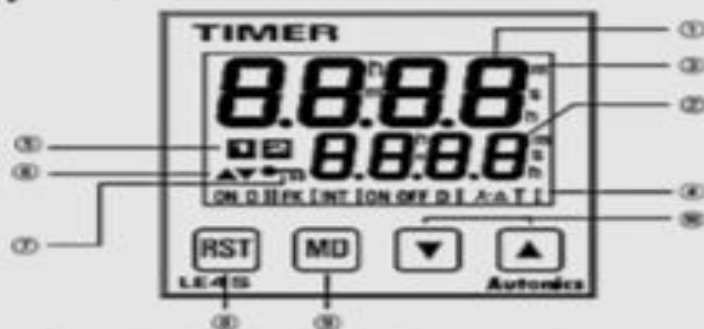


※ The above specification are changeable without notice anytime.

■ Specifications

Model		LE4S	LE4SA
Power supply		100-240VAC 50/60Hz, 24-240VDC	
Display method		LCD Display(Backlight)	
Allowable voltage range		90 to 110% of rated voltage	
Power consumption		Max. 5VA(240VAC 50/60Hz), Max. 3W(240VDC)	
Return time		Max. 200ms	
Min. input signal	START input	Min. 20ms	
	RESET input	—	
Input	START input	* No-voltage input	
	RESET input	Short-circuit impedance:Max. 1kΩ	
	INHIBIT input	Residual voltage:Max. 1V Open-circuit impedance:Min. 100kΩ	
Con-trol output	Type	Time limit SPDT(1c)	Time limit DPDT(2c), Time limit SPDT(1c) + Instantaneous SPDT(1c) Selectable
	Capacity	NO : 250VAC 3A, NC : 250VAC 2A resistive load	
Output mode		13 kinds of operating mode(See operation mode)	
Ambient temperature		-10 to 55°C (at non-freezing status)	
Storage temperature		-25 to 65°C (at non-freezing status)	
Ambient humidity		35 to 85%RH	
Repeat error		Power Start : Max. ±0.01% ±0.05sec Signal Start : Max. ±0.005% ±0.03sec	
Setting error			
Voltage error			
Temperature error			
Memory retention		10 years at 25°C and when LCD and input key turns OFF, 40 days at 25°C and when LCD and input key turns ON continually	
Insulation resistance		Min. 100MΩ (at 500VDC)	
Dielectric strength		2000VAC 50/60Hz for 1 minute	
Noise strength		±2kV the square wave noise(pulse width:1μs) by the noise simulator	
Vibra-tion	Mechanical	0.75mm amplitude at frequency of 10 to 56Hz in each of X, Y, Z directions for 1hour	
	Malfunction	0.5mm amplitude at frequency of 10 to 55Hz in each of X, Y, Z directions for 10 minutes	
Shock	Mechanical	300m/s ² (30G) in X, Y, Z directions for 3 times	
	Malfunction	100m/s ² (10G) in X, Y, Z directions for 3 times	
Relay life cycle	Mechanical	Min. 10,000,000 times	
	Electrical	Min. 100,000 times(NO-250VAC 3A, NC-250VAC 2A resistive load)	
Weight		Approx. 126g	Approx. 130g

■ Front panel identification

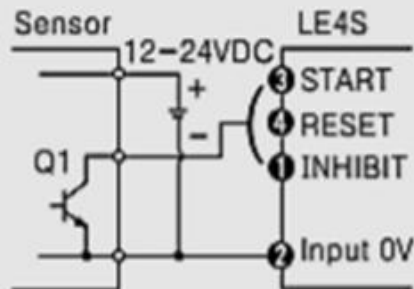


- ① Time progressing display : It displays the current time.
- ② Time setting display : It displays the setting time.
- ③ Time unit : It displays the time unit. (h:hour) (m:min) (s:sec)
* When the time is progressing, it is flickering by turn (0.5sec.)
- ④ Operation mode: It displays the current operation mode.
(Ex: ON D=ON delay)
- ⑤ Output display: It displays the status of output contact.
- ⑥ UP/DOWN : It displays time progressing UP(▲), DOWN(▼).
- ⑦ Key lock display : It displays the status of key lock.
- ⑧ RESET key : Used for initializing time progressing and output return.
- ⑨ MODE key : Used for time setting and function setting.
- ⑩ DOWN(▼)key, UP(▲)key: Used for changing time and mode move.

Input connection

LE4S is No-voltage input(Short-circuit and open) type.

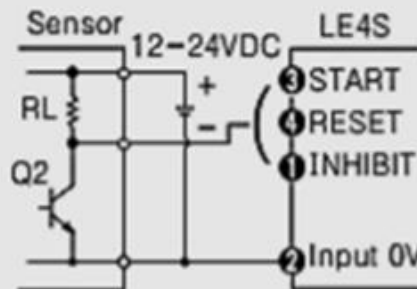
●Solid-state input



- Q1 is ON:Operating
- Sensor:PNP open collector output

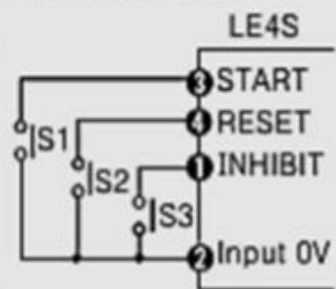
●Short-circuit level
(Transistor:ON):
Residual voltage:Max. 1V,
Impedance:Max. 1k Ω

●Open-circuit level(Transistor:OFF):
Impedance:Min. 100k Ω



- Q2 is ON : Operating
- Sensor : NPN universal output

●Contact input



- S1, S2, S3 is ON:
Operating
- Please use a relay
contact can allow
5VDC 1mA.

※Be sure that it is not insulated between power input and input terminal block.

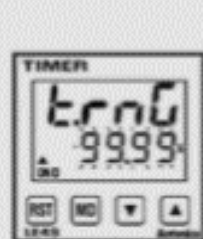
Time range and function setting

t r n G (Time Range)	Select time range.
o u T F (Out Function)	Select output mode.
U-d (Up-Down)	Select UP(▲) or DOWN(▼). (Time progressing)
c o n t (Contact)	Select output contact. ① Time limit 2C, Time limit 1C+Instantaneous 1C: LEISA only.
LoFF (Lock Off)	Lock mode turns off.
Loc 1 (Lock 1)	[MD] Key cannot use.
Loc 2 (Lock 2)	[▲] [▼] Key cannot use at setting time range and mode. But time setting and change are available at Lock mode or RUN mode.
Loc 3 (Lock 3)	[MD] Key, [▲] / [▼] Key cannot use (Lock1+Lock2) [▲] [▼] is able to lock or unlock with [MD] Key only.

Connections

Time Range

Off press [MD] key for 3sec, it is moved to the time range mode.



TIME RANGE specification	
99.99s	0.01sec. to 99.99sec.
999.9s	0.1sec. to 999.9sec.
9999s	1sec. to 9999sec.
99m59s	1min. 01sec. to 99min. 59sec.
999.9m	0.1min. to 999.9min.
9999m	1min. to 9999min.
99h59m	1hour 01min to 99hour 59min.
99.99h	0.01hour to 99.99hour
999.9h	0.1hour to 999.9hour
9999h	1hour to 9999hour

Operation mode

Off press [MD] key for 3sec, it is moved to output mode.



NO	Indication	LE4S	LE4SA
1	ON D	ON DELAY	
2	ON D I	ON DELAY (One shot out)	Non function
3	ON D S/O	ON DELAY (One shot out)	Non function
4	FK I/O	FLICKER	
5	FK I/O S	FLICKER	Non function
6	INT	INTERVAL-DELAY	
7	INT I	INTERNAL-DELAY	Non function
8	ON OFF D	ON-OFF DELAY	Non function
9	ON OFF D I	ON-OFF DELAY	Non function
10	OFF D	OFF DELAY	Non function
11	A-A	Non function	A-A TIMER
12	T	Non function	TWIN TIMER
13	T I	Non function	TWIN TIMER

(1-1) One-shot output is fixed as 0.5sec. (ON D S mode)
 (1-2) When selected [FK] [FK I], T-ON and T-OFF time can be set separately.

The setting and status when cut power off

- LCD display and output will be OFF when power off.
- If press any keys in front, previous setting mode and setting time will be displayed.
 *After LCD is ON, if no key touched for 30sec., then LCD will be OFF.
- Enable to set each mode and setting time of each mode in above status.
 (But LCD backlight and external signal input, relay output are disable)
- When supply power again, the mode and setting value changed in above status will be saved, the time progressing value will be initialized.

Factory specification

LE4S	LE4SA
●OUT MODE : ON delay	●OUT MODE : ON delay
●UP/DOWN MODE : UP	●UP/DOWN MODE : UP
●Output contact : Time limit 1c	●Output contact : Time limit 1c+Instantaneous 1c
●Time Range : 99.99sec	●Time Range : 99.99sec
●Lock key : LoFF	●Lock key : Loc1 [MD] Key cannot use
Lock mode turns off	

■ Mode setting

[*trng*] : Time Range setting (LE4S, LE4SA)

Press **[MD]** key for
3sec at RUN status



※ If press **[MD]** key in the desire time range, the range will be set then return to RUN mode.

[*out.F*] : Operation mode setting (LE4S)

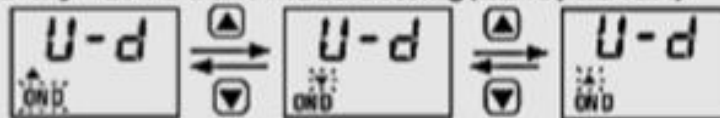
Press **[MD]** key for
5sec at RUN status



※ If press **[MD]** key in the desire operation mode, the operation mode will be set then enter into UP-DOWN mode.

※ LE4SA can select 7 kinds of mode from ON D mode to T I mode. (See operation mode)

[*U-d*] : UP-DOWN mode setting (LE4S, LE4SA)



※ If press **[MD]** key in the desire specification, UP or DOWN mode will be set then (LE4S: Enter in to the key lock mode, LE3SA: Enter in to the output contact selection mode)

[*cont*] : Output contact setting (LE4SA only)

Time limit 2C, Instantaneous limit 1C + Time limit 1C selectable.
Instantaneous limit 1C + Time limit 1C are factory specification.

[Instantaneous : **1** (⑥-④), Time limit : **2** (①-③)]



Instantaneous 1c
+ Time limit 1c

Time limit 2c

Instantaneous 1c
+ Time limit 1c

※ If press **[MD]** key in desire specification, output contact will be selected then enter into key lock mode.

※ *cont* mode is not displayed in LE4S.

※ If press **[MD]** at RUN mode, setting mode of output contact displayed.

(If press **[MD]** key for 3sec, [*trng*] mode displayed.)

[*Loc*] : Lock mode setting and unlock (LE4S, LE4SA)



Lock mode
turns off.

[RST] key
cannot use

[▲], [▼] key
cannot use

[RST] key, **[▲]/[▼]** key
cannot use

※ If press **[MD]** key in desire specification, key lock will be selected then return to RUN mode.

※ Release key lock: After pressing **[MD]** key at RUN mode for 5sec. select *LoFF* at Lock selection mode and key lock will be released by pressing **[MD]** key and return to RUN mode.

■ The time setting

- Output operation mode : [ON D], [ON D I], [ON D II], [INT], [INT I], [ON OFF D], [ON OFF D I], [OFF D]



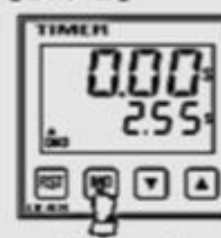
(Picture 1)



(Picture 2)



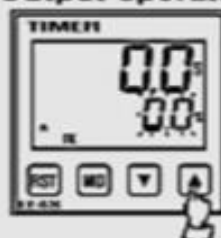
(Picture 3)



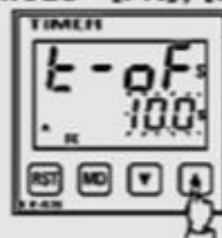
(Picture 4)

1. Display of setting time will be flickering when press \downarrow or \uparrow Key at RUN mode. (Picture 1)
2. And then set the setting time with \downarrow or \uparrow Key. If press \uparrow Key once, it will increase as number of pressing, but if keep pressing more than 2sec., it will increase faster. (Picture 2) If press \downarrow key once, it will decrease as number of pressing, but if keep pressing more than 2sec., it will decrease faster. (Picture 3)
3. When complete the setting, it will be saved and return by pressing MD key. (Picture 4)
 - ※ It is able to change the setting time during the time progressing, but be sure about the time progressing while changing of the time.
 - ※ If set the value is 0, "Err" will be displayed. ("Err" will be removed by pressing \downarrow , \uparrow key)
 - ※ If no key touched for 30sec., it will return to RUN mode.

- Output operation mode : [FK], [FK I] (There is no [FK I] in LE4SA)



(RUN mode)



(T-OFF Time setting)
Set by \downarrow \uparrow Key



(T-ON Time setting)
Set by \downarrow \uparrow Key

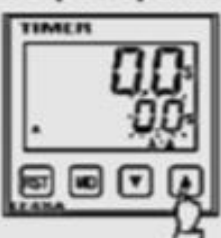


(RUN mode)

\uparrow / \downarrow → MD → MD →

- ※ It is able to change the setting time during the time progressing, but be sure about the time progressing while changing of the time.

- Output operation mode : STAR-DELTA[λ - Δ] (LE4SA only)



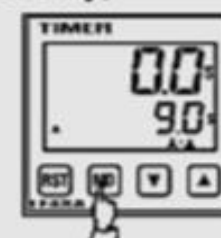
(RUN mode)



(T1 Time setting)
Set by \downarrow \uparrow Key



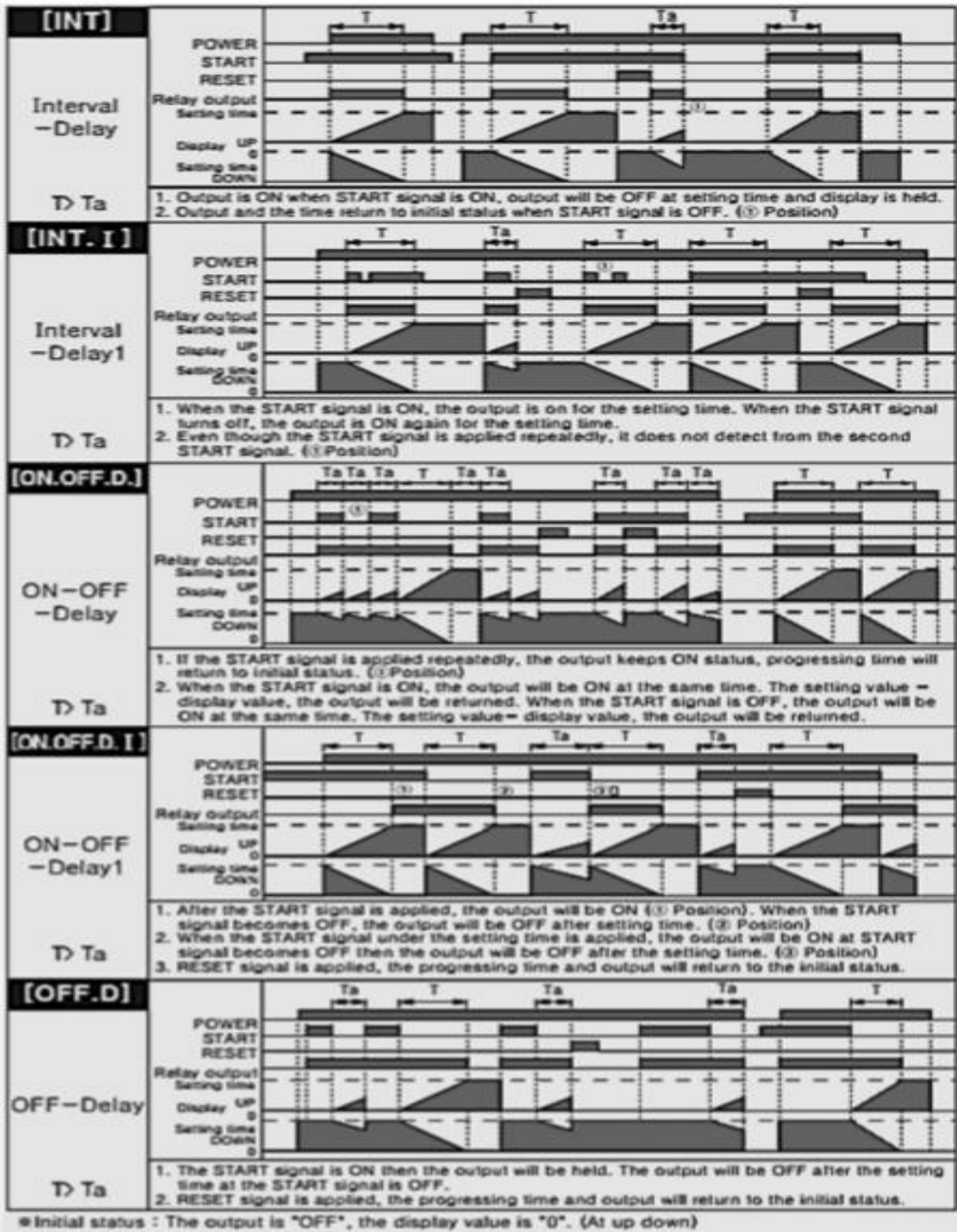
(T2 Time setting)
Set by \downarrow \uparrow Key



(RUN mode)

\uparrow / \downarrow → MD → MD →

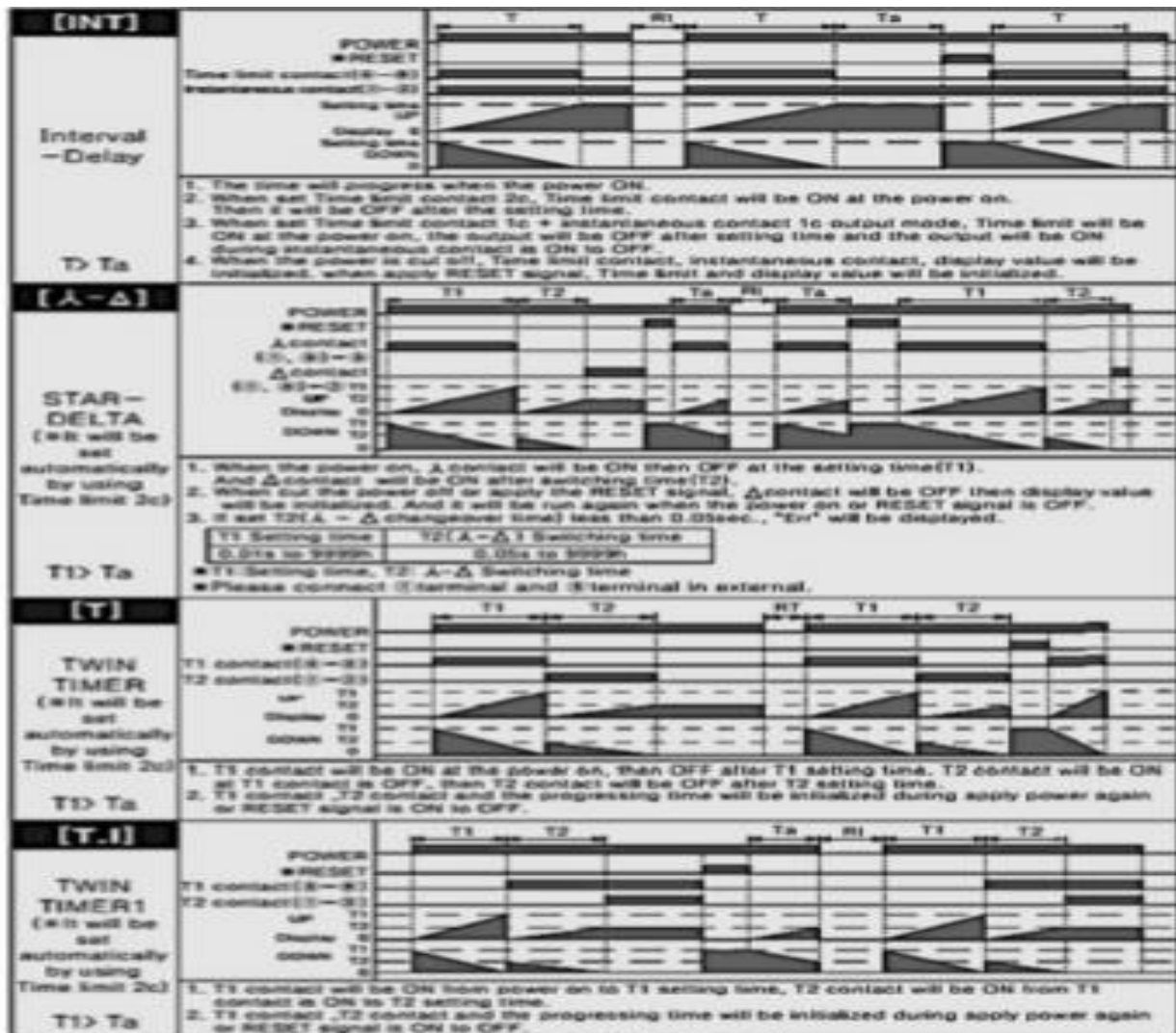
- ※ It is able to change the setting time during the time progressing, but be sure about the time progressing while changing of the time.
- ※ T1 : Setting time, T2 : λ - Δ switching time



●LE4SA

*Rt=Over than return time(200ms), T:Setting time

Mode	Time-chart	
[ON.D]		
ON-Delay		
	<ol style="list-style-type: none"> 1. The time will progress when the power ON. 2. Time limit contact will be ON, when the progressing time reaches to the setting time at the Time limit 2c output mode. 3. When set Time limit contact 1c + Instantaneous contact 1c output mode, Time limit will be ON at the setting time, instantaneous contact will be ON and OFF by power on and off. 4. When the power is cut off, Time limit contact, instantaneous contact, display value will be initialized. When apply the RESET signal, Time limit and display value will be initialized only. 	T > Ta
[ON.D. II]		
ON-Delay2 (One-shot output)		
	<ol style="list-style-type: none"> 1. The time will progress when the power ON. 2. When set Time-limit contact 2c output mode, Time-limit contact will be ON at the setting time. 3. When set Time-limit contact 1c + instantaneous contact 1c output mode, Time-limit will be ON at the setting time then OFF after One-shot output [Fixed 0.5sec.]. The instantaneous contact will be ON and OFF by power on and off. 4. When the power is cut off, Time-limit contact, instantaneous contact, display value will be initialized. When apply the RESET signal, Time-limit and display value will be initialized only. 	T > Ta
[F K]		
Flicker (T-ON= T-OFF=T)		
	<ol style="list-style-type: none"> 1. The time will progress when the power ON. 2. When set Time-limit contact 2c, Time limit contact will be OFF for T-OFF setting time then ON for Ton setting time after T-OFF time. It will be ON/OFF for the setting time (T-OFF/T-ON) before cut RESET signal or power. 3. When set Time limit contact 1c + Instantaneous contact 1c output mode, Time limit will be ON/OFF repeatedly for T-OFF/T-ON setting time. 4. It is able to set T-OFF/T-ON individually, T-OFF time is progressing first. 5. Please set the setting time min. 100ms. 	T > Ta, Tb



● Initial : The output is "OFF", the display value is "0". (At UP mode)
● Front reset key can be used at **Leff**, **Lee2** only of LOCK mode.

■ Caution for using

- Power connection
 - ① AC Power : It is able to connect power to the terminals(2 to 7) without distinguish the polarity.
 - ② DC Power : Be sure the polarity of ②-(-) , ①-(+)
 - ③ LE4S can be operating stably due to free power voltage type. (Please connect the power line separate from high voltage line in order to avoid inductive noise)
 - Input signal line
 - ① Shorten the cable distance between the sensor and this product.
 - ② Please shielded wire for input signal needed to be long.
 - ③ Please wire input signal line separated from power line.
 - When test dielectric voltage and insulation resistance of the control panel with this unit installed.
 - ① Please isolate this unit from the circuit of control panel.
 - ② Please make all terminals of this unit short-circuited.
 - Do not use this unit at below places because of product damage
 - ① Place where there are severe vibration or impact.
 - ② Place where strong alkalis or acids are used.
 - ③ Place where there are direct ray of the sun
 - ④ Place where strong magnetic field or electric noise are generated.
 - Installation environment
 - ① It shall be used indoor
 - ② Altitude Max. 2000m
 - ③ Pollution Degree 2
 - ④ Installation Category II.
- ※ It may cause malfunction if above instructions are not followed.