

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**OBRAS CIVILES PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA EN
EL RIO RIMAC, PARA EL SUMINISTRO DE AGUA
POTABLE AL NORTE DE LIMA**

INFORME TÉCNICO
POR EXPERIENCIA PROFESIONAL CALIFICADA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. GÁRATE CHIRINOS, CÉSAR FROILAN

LIMA – PERÚ

2021

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	01
MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA BOCATOMA HUACHIPA.....	02
1. Disposición de las Estructuras.....	03
2. Descripción de los Componentes de la Bocatoma.....	03
2.1. Barraje Móvil.....	04
2.2. Barraje Fijo.....	11
2.3. Presa no Vertedora.....	13
2.4. Captación.....	14
2.5. Dique de la Margen Derecha.....	20
2.6. Depósitos para Ataguías.....	21
2.7. Sistema de Drenaje.....	21
PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA LAS ESTRUCTURAS	
HIDRAULICAS.....	26
A. Desvío de río – Primera Fase.....	26
B. Movimiento de Tierras.....	28
C. Obras de Concreto – Primera Fase.....	32
D. Acabados en Barraje Móvil.....	53
E. Desvío de río – Segunda Fase.....	56
F. Obras de Concreto – Segunda Fase.....	58
CONCLUSIONES.....	63
RECOMENDACIONES.....	64
ANEXOS.....	65
Anexo 1: Instructivos de Trabajo.....	65
Anexo 2: Planos del Proyecto	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Vista General de Ubicación.....	02
Figura 02: Vista de Planta General.....	03
Figura 03: Vista aérea de la Bocatoma.....	04
Figura 04: Ingreso de Agua.....	05
Figura 05: Vista del ingreso al Barraje Móvil	06
Figura 06: Canales de Ingreso.....	08
Figura 07: Estructura de Regulación aguas abajo.....	09
Figura 08: Vista aguas abajo del Barraje Móvil.....	11
Figura 09: Barraje Fijo.....	12
Figura 10: Presa No Vertedora.....	14
Figura 11: Canal Desripador en Construcción y en Funcionamiento.....	15
Figura 12: Vista Aérea del Bocal, Cámara de Rejillas y la Transición.....	17
Figura 13: Sistema de Desagüe de Captación.....	19
Figura 14: Vista de las Compuertas Radiales de Captación.....	20
Figura 15: Vista del dique margen derecha.....	21
Figura 16: Sistema de Drenaje de Poza.....	23
Figura 17: Sistema de Drenaje Agrícola.....	24
Figura 18: Vista desde aguas abajo.....	25
Figura 19: Vista General Antes y Durante la Construcción.....	27
Figura 20: Excavación Poza de Disipación.....	29
Figura 21: Rellenos Margen Derecha.....	30
Figura 22: Enrocado en Poza de Disipación.....	31
Figura 23: Enrocado Aguas Arriba Margen Derecha.....	32
Figura 24: Solado en Canales de Ingreso.....	34
Figura 25: Vaciado de Estructuras.....	35
Figura 26: Poza de Disipación.....	36
Figura 27: Sistema de Drenaje Poza de Disipación.....	38
Figura 28: Losas de Concreto en Poza de Disipación.....	39
Figura 29: Armado típico de acero de refuerzo en muros.....	39
Figura 30: Estructura de Regulación de la Captación.....	40
Figura 31: Encofrados con detalle de los Insertos.....	41
Figura 32: Poza de Disipación.....	42

Figura 33: Muros de la Poza de Disipación.....	43
Figura 34: Poza de Disipación.....	44
Figura 35: Armado de Acero de Poza de Disipación.....	45
Figura 36: Vaciado de Muros de Poza de Disipación.....	46
Figura 37: Desencofrad de Muros de Poza de Disipación.....	47
Figura 38: Solado en Vertedero.....	48
Figura 39: Encofrado en Vertedero.....	49
Figura 40: Vaciado de Primera Fase en Vertedero.....	50
Figura 41: Armado de Acero en Muros del Aliviadero.....	51
Figura 42: Encofrado en Muros del Aliviadero.....	52
Figura 43: Vaciado de Segunda Etapa de Losa de Aliviadero.....	53
Figura 44: Enchape de Piedra Labrada en Poza de Disipación.....	54
Figura 45 - Vista General de Poza de Disipación.....	55
Figura 46: Vista General Bocatoma.....	57
Figura 47: Ingreso del Flujo del Rio por Primera vez.....	58
Figura 48: Muros de Aliviadero Fijo.....	59
Figura 49: Losas de Aliviadero Fijo.....	60
Figura 50: Encofrado de dados de disipación en Aliviadero Fijo.....	61
Figura 51: Vista General de Aliviadero Fijo Finalizado.....	62

INTRODUCCIÓN

Lima Metropolitana, aumentó su capacidad de abastecimiento de agua potable, a través del tratamiento de 5 m³/s de agua superficial en una primera etapa y su conducción hacia áreas al norte de Lima, en la margen derecha del Río Rímac, en donde la actual Planta de Tratamiento de La Atarjea no puede suministrar por gravedad y actualmente atiende mediante sistemas de bombeo y rebombeo.

El proyecto de los Lotes 1, 2 y 3 del Proyecto de Mejoramiento Sanitario de las Áreas Marginales de Lima, está constituido básicamente por una bocatoma de 10m³/s (mas el 20%) de capacidad en el Río Rímac a la altura de Huachipa, una Planta de Tratamiento de 5m³/s de capacidad inicial, y una conducción por gravedad a presión denominada Ramal Norte de aproximadamente 27 km de longitud, incluyendo 10 km de túneles de 2m de diámetro y 4 reservorios de compensación de volúmenes comprendidos entre los 2000 m³ y los 9000 m³ de capacidad.

El presente documento, presenta inicialmente una memoria descriptiva sucinta de la denominada Bocatoma Huachipa, con el fin de dar a conocer la finalidad de esta estructura y los diferentes elementos que la constituyen.

A continuación, se detalla con el apoyo de imágenes, el proceso constructivo para las obras de excavación y concreto de las estructuras hidráulicas del mencionado proyecto.

El autor del presente informe participó de este proceso como responsable de producción full time, experiencia que se detalla en el capítulo respectivo.

Finalmente, el autor describe las conclusiones más representativas de dicho proceso y detalla las recomendaciones para futuros emprendimientos de similares características.

MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA BOCATOMA HUACHIPA

El Lote 1, denominado Bocatoma Huachipa, ha contemplado el diseño y la construcción de un barraje en el cauce del río Rímac, el mismo que eleva el nivel del embalse de aguas arriba y permite la derivación del caudal necesario hacia los desarenadores, que luego de ser procesados, son conducidas hacia la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

La Bocatoma Huachipa está ubicada sobre el río Rímac (ver Figura 01), a unos 2.0 km aguas arriba del puente de cruce con la Av. Cajamarquilla, en el distrito de Lurigancho - Chosica, provincia y departamento de Lima y constituye la obra de cabecera del Proyecto: “Mejoramiento Sanitario de las Áreas Marginales de Lima, Lotes 1, 2 y 3”, dimensionada para derivar un caudal de 10 m³/s y hasta 12 m³/s del río Rímac y permitir el paso de la avenida milenaria por la estructura sin ocasionar daños en la misma.

Para cumplir con este propósito, la Bocatoma dispone de los siguientes componentes: (1) Barraje Móvil, (2) Barraje Fijo, (3) Presa No Vertedora, (4) Captación (5) Dique de la Margen Derecha, (6) Depósitos de Ataguías, (8) Sistema de Drenaje y Edificaciones Complementarias, los cuales son detalladas más adelante.



Figura 01: Vista General de Ubicación

Fuente: Google Maps – Foto Aérea

1. Disposición de las Estructuras

El sistema de la bocatoma Huachipa está conformado por varias estructuras las cuales han sido nombradas por su función o ubicación.

Para mejor orientación durante el desarrollo del presente informe, la Figura 02, muestra los elementos que serán abordados en las siguientes páginas:

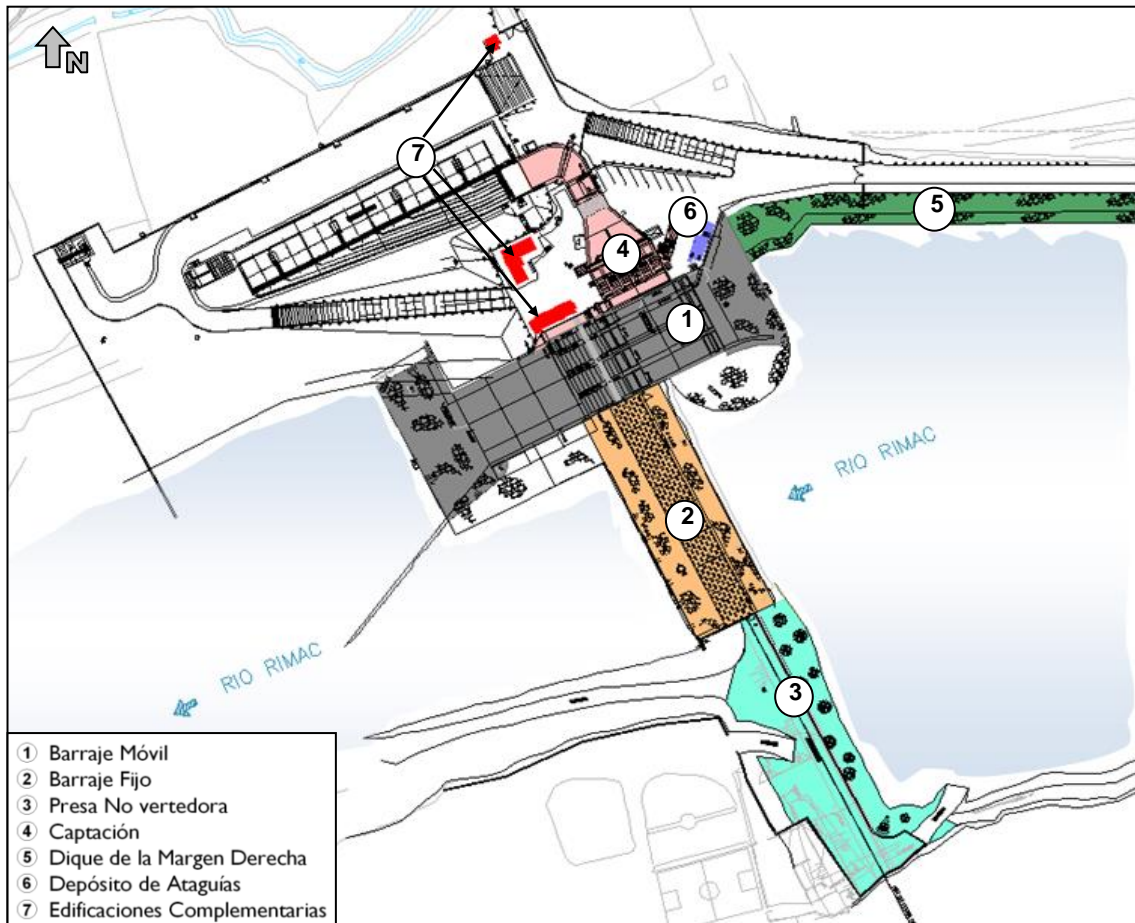


Figura 02: Vista de Planta General

Fuente: Expediente Técnico del Proyecto

2. Descripción de los Componentes de la Bocatoma

Los componentes de la Bocatoma Huachipa son los siguientes:

- Barraje Móvil
- Barraje Fijo
- Presa No Vertedora
- Captación
- Dique de la Margen Derecha

- Depósitos de Ataguías
- Sistema de Drenaje
- Edificaciones Complementarias

2.1. Barraje Móvil

El barraje móvil se ubica sobre la margen derecha del río, junto a la captación como se muestra en la Figura 03. Su función consiste en mantener el nivel de agua en el río en la cota 417.84 msnm (Nivel de Aguas Máxima Ordinaria, NAMO) para posibilitar la captación y además, regular las descargas que sean necesarias para el abastecimiento de la Planta de Tratamiento de La Atarjea.

En avenidas extraordinarias, su función principal es permitir el paso del caudal de crecida, incluso huaycos, sin ocasionar daños mayores en la estructura y evitando también la acumulación de sedimentos frente a las ventanas de captación.

De aguas arriba hacia aguas abajo, consta de los siguientes elementos:

- Protección de aguas arriba
- Estribo de aguas arriba de la margen derecha
- Muro de encauzamiento al lado izquierdo
- Canales de Aproximación
- Estructura de Regulación
- Poza de Disipación de Energía
- Colchón de enrocado de salida de poza

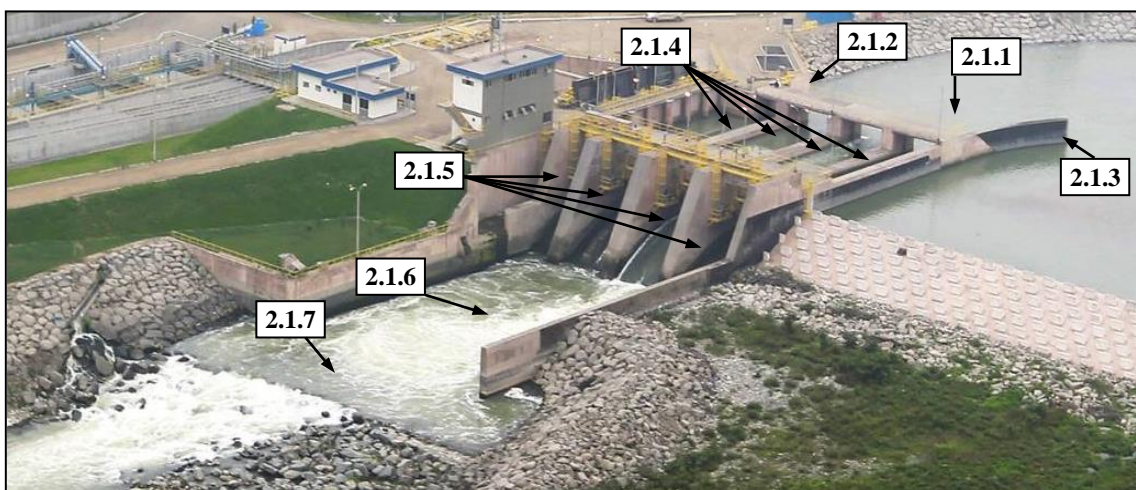


Figura 03: Vista aérea de la Bocatoma

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

2.1.1. Protección de aguas arriba:

En el ingreso al barraje móvil (ver Figura 04), la estructura cuenta con un colchón de enrocado de 1.20 m de espesor que se extiende 15.00 m aguas arriba. La capa de enrocado se apoya sobre una capa de arena de 0.20 m de espesor, asentada a su vez sobre un filtro de geotextil.

Para facilitar el arrastre de los sedimentos de fondo hacia el barraje móvil y evitar obstrucciones que puedan alterar la captación del caudal hacia la PTAP, el ingreso cuenta con losa de fondo de concreto de 5.00 m de longitud y 0.30 m de espesor ubicada inmediatamente aguas arriba del inicio de los canales de aproximación. La losa está protegida con un revestimiento de piedra labrada de 0.30 m espesor.

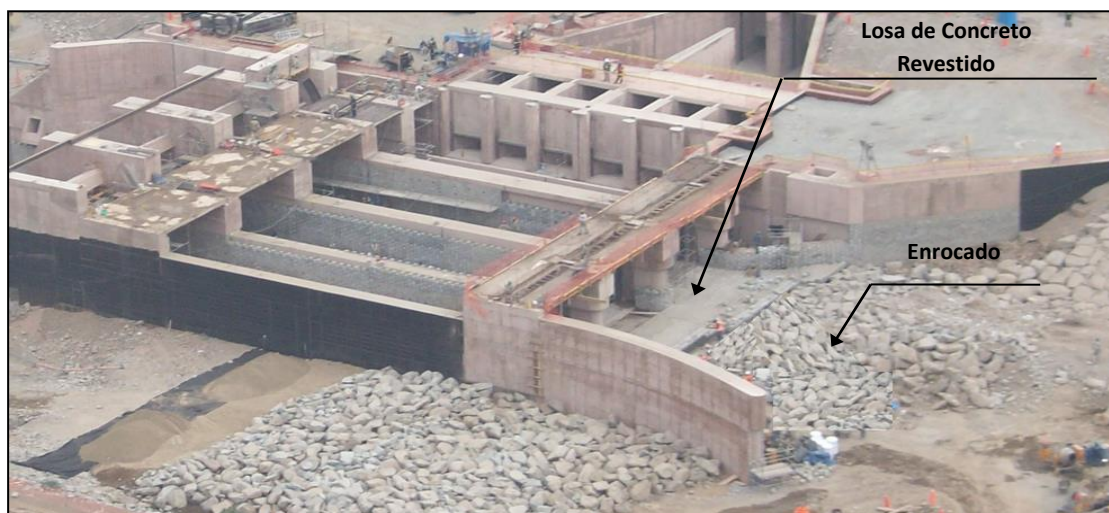


Figura 04: Ingreso de Agua

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

2.1.2. Estribo de aguas arriba de la margen derecha:

Muro de concreto armado con cota superior en 420.60 msnm, que permite conectar la entrada de la Bocatoma con el dique de encauzamiento de aguas arriba.

El estribo tiene una longitud total de 25.02m, en sus primeros 6.00 m, el muro dispone de un alineamiento paralelo al eje del aliviadero de compuertas, el fondo se ubica en la cota 412.56 msnm y forma parte del vertedero del canal de limpia; los 19.02 m restantes, el muro forma un ángulo de 45° con dicho eje y empalma en su extremo con el dique de la margen derecha. La cota de fondo es variable entre 412.55 y 420.60 msnm.

2.1.3. Muro de encauzamiento al lado izquierdo:

Con el fin de mejorar las líneas de corriente del flujo al ingreso de los canales de aproximación y reducir turbulencias y flujos cruzados, se ha construido un muro de encauzamiento ubicado aguas arriba del muro de apoyo izquierdo del puente de aproximación como se muestra en la Figura 05. El muro proyectado tiene un desarrollo en planta en forma de arco de círculo (Long= 16 m y radio=33.0 m) a la cara exterior del muro; en corte, el muro tiene un espesor de 1.00 m y una zapata de 0.70 m de espesor.

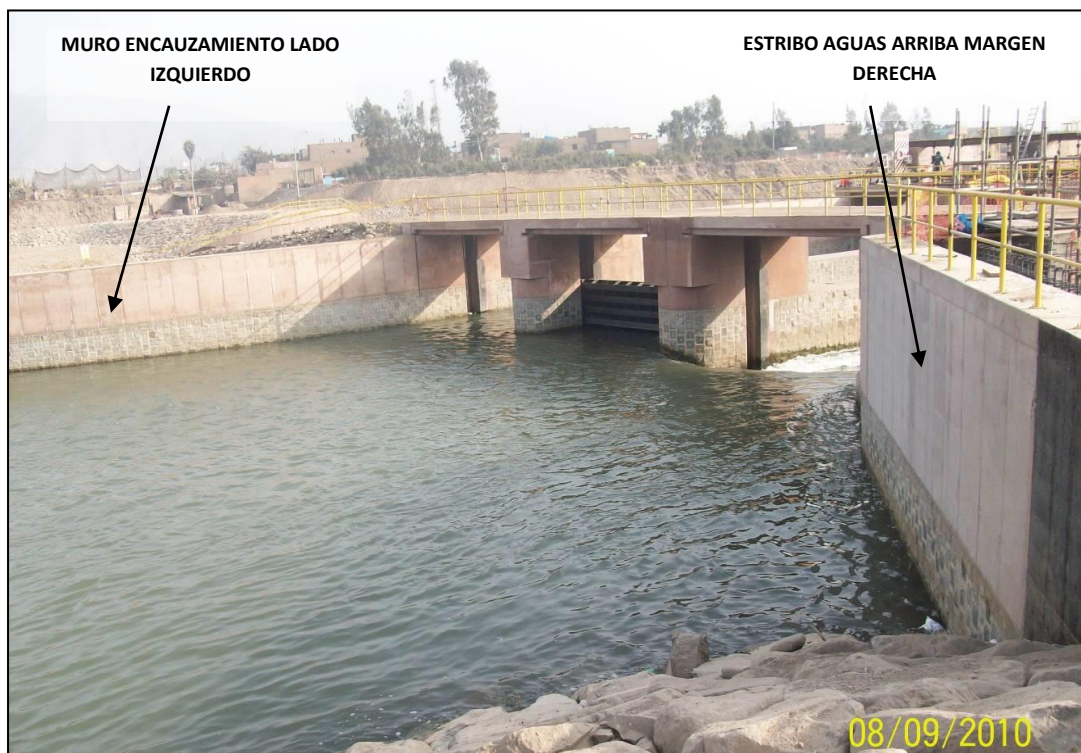


Figura 05: Vista del ingreso al Barraje Móvil

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

2.1.4. Canales de Aproximación:

Esta estructura consta de 4 canales de sección rectangular, uno por cada compuerta del barraje móvil. Tres de ellos, que corresponden al aliviadero de compuertas tienen un ancho de 5.80 m, mientras que el restante, que corresponde al canal de limpia, tiene 3.00 m de ancho. Todos los canales de aproximación tienen una pendiente de 1.9% y una longitud de 26.42 m.

Al inicio de la estructura, se ha dispuesto de un arreglo que permite la colocación de ataguías, las cuales se operan desde un puente (llamado puente

de aproximación) de 5.00 m de ancho cuya losa se encuentra en la cota 420.60 msnm (ver Figura 06).

En los 21.42 m de longitud restantes, de los muros divisorios entre canales tienen su cota superior variable. El muro divisorio entre el aliviadero de compuertas y el fijo, tiene su cota superior en 420.10 msnm; los dos siguientes muros mirando hacia aguas abajo, tienen su cota superior en 417.95 msnm y finalmente, el muro izquierdo del canal de limpia tiene su cota superior en 418.35 msnm.

El piso y las paredes laterales de los muros, llevan un enchapado de piedra labrada de 0.30 m y 0.25-0.35 m de espesor, respectivamente. La fila de piedras del enchapado del piso ubicados al inicio y final de los canales de aproximación, llevan anclajes en todos sus elementos mientras que el resto llevan anclajes cada 5 m² en arreglo tipo tresbolillo, es decir, anclajes dispuestos en filas paralelas de modo que los de cada fila correspondan al medio de los anclajes de la fila inmediata. Por su parte, las paredes laterales llevan anclajes cada 5 m² y cada piedra del enchapado de los muros redondeados en su extremo de aguas arriba tendrá sus respectivos anclajes.

El canal de aproximación que corresponde al canal de limpia tiene en su extremo de aguas arriba un muro vertedor de ingreso del caudal de captación hacia el canal de limpia, con cota de la cresta en el nivel 416.75 msnm. El vertedero tiene un alineamiento que forma un ángulo de 45° con respecto al eje del aliviadero de compuertas.

El muro derecho del canal de limpia, es un vertedero con cota de cresta en 417.25 msnm y una altura comprendida entre 2.00 y 2.49 m con respecto al piso del canal de limpia. El muro del vertedero, tiene un ancho superior de 0.50 m e inferior de 1.50 m.



Figura 06: Canales de Ingreso
Fuente: Registro Fotográfico de Obra

2.1.5. Estructura de Regulación:

La estructura de regulación aloja 4 compuertas radiales con izaje hidráulico; 03 de ellas (que corresponden al aliviadero de compuertas) son de 5.80 x 3.687 m y cuentan con una clapeta de 1.00 m de alto y 4.0 m de ancho para la evacuación de los cuerpos flotantes. La cuarta compuerta radial, corresponde al canal de limpia de la captación y tiene dimensiones de 3.0x3.45m con clapeta de 1.00 m de alto y ancho igual al de la compuerta.

Las aberturas para las compuertas están conformadas con pilares de concreto reforzado, que tienen los siguientes anchos (de izquierda a derecha): 1.00 m, 1.70 m, 2.02 m y 1.70 m, todos ellos con la cota superior en 422.50 msnm. La cota de la solera desciende de 414.76 a 407.50 msnm en dos tramos: el primero, es una rampa de 8.20 m de longitud y 1.9% de pendiente, mientras que el segundo tramo de 13.50 m tiene un perfil vertical que sigue la trayectoria del chorro de salida (perfil tipo Creager). La ecuación de la trayectoria es $Y = 0.019X + 0.0377 X^2$.

Los muros y el piso de la estructura de regulación, cuentan con protección de enchapado de piedra de 0.50 m de espesor en el piso y de 0.25 m en las paredes laterales. La primera y última fila del enchapado del piso llevan anclajes en todas las piedras; en el resto del piso y las paredes laterales, los anclajes se han colocado cada 5.0 m² (ver Figura 07).

En el extremo de aguas arriba del canal de limpia, se dispone de ranuras para colocar ataguías. Para la operación de manipuleo de las ataguías y otros trabajos, se tiene un puente de operación de 6.00 m de ancho situado en la cota 420.60 msnm.

Transversalmente, la estructura tiene un ancho de 32.62 m dividido en 2 partes separadas por una junta de dilatación.

El muro divisorio del aliviadero fijo y de compuertas, cuenta con un dentellón de concreto con la misma finalidad que la indicada en los canales de aproximación, cuya cota inferior varía de 408.68 a 405.50 msnm.



Figura 07: Estructura de Regulación aguas abajo
Fuente: Registro Fotográfico de Obra

2.1.6. Poza de Disipación de Energía:

Se ubica a continuación de la estructura de compuertas y tiene como finalidad disipar el incremento de energía que se produce en el río como consecuencia de la implantación de la bocatoma.

La poza de disipación es de concreto reforzado, de 25.80 m de ancho y 35.00 m de longitud, cuyo fondo está colocado en la cota 407.50 msnm; el espesor de la losa varía de 1.50 a 0.50 m.

Los muros laterales tienen su nivel de coronación en la cota 415.45 msnm y están estructurados como muros de contención en voladizo sobre el cual se apoya la losa. La altura de los muros hasta la superficie terminada de la losa, es de 7.95 m.

El piso y los muros laterales llevan un enchapado de piedra, cuyo espesor es de 0.50 m en el piso y 0.25 m en las paredes laterales. Estos bloques están anclados mediante pernos inyectados como se muestra en la Figura 08.

En sentido longitudinal la losa del piso se divide en 3 tramos y en sentido transversal en 4 tramos; en ambos casos los tramos están separados con juntas tipo "JEENE JJ27M".

El final del muro derecho de aguas abajo de la poza, empalma con un muro perpendicular de concreto de 19.03 m de longitud, cuya coronación se ubica en la cota 415.45 msnm y con cimentación variable que asciende de la cota 404.75 msnm a la cota 414.15 msnm.

2.1.7. Colchón de enrocado de salida de la poza:

A la salida de la poza de disipación se ha dispuesto un enrocado de protección de 20.0 m. de longitud, ancho variable de 25.80 a 44.45 m. y cota ascendente que va de 407.50 a 412.0 m.s.n.m.

El espesor de enrocado es de 1.80 m (constituido por piedras de tamaño máximo 1.20m.), el cual descansa sobre una capa de arena de 0.20 m. de espesor que a su vez se apoya sobre un geotextil de densidad 400 gr/m².

Su función principal es proteger la cimentación de la poza de disipación de posibles erosiones regresivas que se presenten durante el período de avenidas. La longitud está calculada para formar una coraza lo suficientemente segura una vez vaya avanzando la retro erosión.

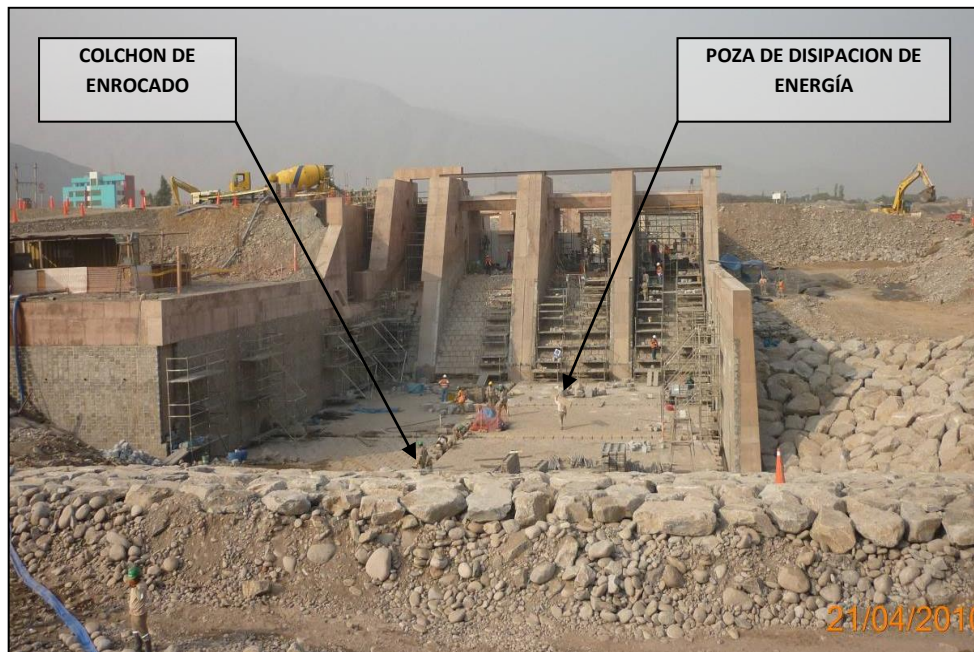


Figura 08: Vista aguas abajo del Barraje Móvil

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

2.2. Barraje Fijo

Se ubica sobre la margen izquierda del aliviadero de compuertas y tiene como función principal permitir el paso de la avenida de diseño sin producir daños mayores a la estructura.

Es un vertedero de superficie cuya cresta está situada ligeramente encima del NAMO, en la cota 417.95 msnm, con lo cual se consigue mantener el nivel de operación constante. Tiene una longitud de 80 m y un ancho de cresta de 1.00 m, luego de la cual se ubica una rampa con dados de impacto para disipar la energía potencial que se produce como consecuencia del remanso.

La longitud total de la estructura en sentido del flujo es 10.90m; la cota del piso va de 417.95 a 413.00 msnm con un talud de 2:1 (H: V). El talud tiene dados de 0.75 m de alto dispuestos en un arreglo con 8 filas separadas 1.50 m en sentido longitudinal y 1.23 m en el sentido transversal. Se tiene en total 260 dados, cuyo ancho varía entre 1.23 y 0.55 m

La estructura cuenta con dentellones o muros pantalla que se han profundizado hasta la cota 410.00 a fin de evitar erosión y brindar factores de seguridad apropiados que garanticen la estabilidad del barraje.

Aguas arriba de la estructura se tiene un colchón de enrocado de 3.00 m de longitud colocado en la cota 416.85 msnm. y que baja hasta el terreno natural con talud 2:1. El espesor de enrocado es 0.60 m y descansa sobre una capa de arena de 0.20m de espesor que a su vez se apoya sobre un geotextil de densidad 400 gr/m². El tamaño de piedra es máximo 0.50m., el 50% es de diámetro mayor o igual a 0.30 m y el 80% es mayor o igual a 0.20 m.

Aguas abajo de la estructura se tiene una protección de enrocado de 1.00 m de espesor y 10.00 m de longitud con rasante en la cota 414.00 msnm. Este enrocado tiene granulometría similar al colocado en la entrada (ver Figura 09).

El muro izquierdo del aliviadero, cuya coronación es variable entre las cotas 420.60 y 418.43 msnm, está vaciado en forma monolítica con el último paño de la rampa con dados.

Hacia aguas arriba, este muro empalma con un muro de concreto armado curvo de 11.20 m. de radio, con cota superior que va de 415.30 a 420.60 msnm. y hacia aguas abajo, el empalme es con un muro de 8.87 m de longitud con cota superior que va de 418.43 a 414.00 msnm.



Figura 09: Barraje Fijo

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

2.3. Presa No Vertedora

La Presa No Vertedora es el componente de la Bocatoma Huachipa destinado a cerrar la parte del cauce del río Rímac que no es ocupado por los barrajes móvil y fijo; se ubica, sobre la margen izquierda del río y cubre una longitud de 94 m desde el final del Muro MBF-3 del Barraje Fijo hasta empotrarse en el estribo izquierdo del cauce del río Rímac (ver Figura 10).

Se ha construido un dique de tierra de sección homogénea conformado con material procedente del propio cauce, de 5.00 m de ancho de corona y taludes del relleno 2:1, tanto para la cara de aguas arriba como la de aguas abajo. El talud de aguas arriba, está impermeabilizado con una geomembrana de HDPE de baja densidad de 1.5 mm de espesor colocada sobre un geotextil de protección contra el punzonamiento (400 gr/m²). Sobre la geomembrana, se ha colocado otro geotextil de las mismas características y luego una capa de arena de 0.20 m de espesor seguida de un enrocado de protección de 0.50 m de espesor.

La geomembrana del talud de aguas arriba está anclada, tanto en la parte superior como en la inferior, a un dado de concreto simple ubicado en el extremo de la corona. En la parte del dique cuyo talud culmina en el muro de aguas arriba del barraje fijo, el anclaje de la geomembrana se ha realizado directamente a placas de PVC dejadas en el muro de concreto.

En el pie del dique (final del talud de aguas arriba), se ha construido una zanja rellena con enrocado, la que además de actuar como elemento antisocavante, tiene como función proteger la estructura rígida donde se ha anclado la geomembrana.

La corona del dique, que se ubica en la cota 420.60 msnm, está proyectada como camino de mantenimiento, por lo cual, está lastrada con una capa de afirmado de 0.20 m de espesor. El camino a lo largo del dique, está interconectado con la calle que llega desde la Carretera Central (cota 423.50 msnm aproximadamente) mediante una rampa. Además, se han construido dos rampas adicionales para disponer de acceso al barraje fijo, tanto al del lado de aguas arriba (en la cota 417.50 msnm), como al de aguas abajo (en la cota 414.00 msnm).

Al lado del acantilado de la margen izquierda del río Rímac, se ha construido un terraplén que llegará hasta la cota máxima del nivel del agua en avenidas, a

fin de evitar que éste sea humedecido (y desestabilizado) con el incremento del nivel de agua permanente y en avenidas.



Figura 10: Presa No Vertedora
Fuente: Registro Fotográfico de Obra

2.4. Captación

La Captación se ubica en la margen derecha del río Rímac, al lado del Barraje Móvil. Su función principal consiste en abastecer de agua cruda a la PTAP Huachipa, realizando la captación con la menor cantidad de carga de sedimentos posible. Consta de los siguientes elementos:

- Canal Desripiador
- Bocal y Cámara de Rejillas
- Transición
- Sistema de Desagüe y Lavado
- Estructura de Compuertas.

2.4.1. Canal Desripiador:

Como se muestra en la Figura 11, es un conducto rectangular ubicado al costado del Bocal de Captación que permite eliminar materiales gruesos que puedan haber pasado sobre la barrera puesta en el Canal de Limpia.

El canal desripador tiene un ancho de 3.00 m y una longitud de aproximadamente 48.48 m, la cota de la solera del conducto desciende de la cota 414.40 a la 413.50 msnm con pendiente del 1.9 % en sus primeros 20.92 m y 1.8% en sus 27.56 m restantes.

El muro izquierdo del canal desripador corresponde al vertedero que lo separa del canal de limpia y su cresta se ubica en la cota 417.25 msnm; por su parte el muro derecho, es el inicio de la cámara de rejillas de la Bocal de Captación y su nivel superior está ubicado en la cota 415.62 msnm.

El canal desripador cuenta con una compuerta radial de 3.00 x 1.60 m de accionamiento hidráulico, que se opera desde una losa de 2.00 m de ancho ubicada en el nivel 420.60 msnm. Esta compuerta, cierra el orificio conformado por una pantalla de concreto armado de 3.50 m de alto.

Aguas arriba de la compuerta, se dispone de ranuras para colocar ataguías; también se ha incluido en el diseño, un acceso a la compuerta desde el puente de operación a través de una abertura en la losa.

El canal desripador desemboca en la poza de disipación; su cota de piso en la entrega, es 413.50 msnm.

El piso del canal desripador está protegido con un enchapado de 0.30 m de espesor.



Figura 11: Canal Desripador en Construcción y en Funcionamiento

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

2.4.2. Bocal y Cámara de Rejillas:

La cámara de rejillas tiene una longitud de 11.00 m, con un ancho neto de 20.42 m y cota de piso que va de 415.62 a 414.75 msnm.

La estructura se inicia con 06 ventanas de 2.65 x 1.20 m cuya solera se ubica en la cota 415.62 msnm. Inmediatamente aguas arriba de estas ventanas, se

dispone de ranuras para colocar ataguías. El piso de las ventanas baja de la cota 415.62 a 414.75 msnm, con una rampa que se desarrolla en una longitud de 4.00 m.

Al final de la rampa indicada, se ubican las 06 rejillas mecanizadas. La basura extraída de las rejillas es transportada por una faja ubicada encima de un puente de 5.0 m de ancho proyectado, hasta depósitos portátiles de basura ubicados al lado derecho de la cámara de rejillas.

Al final de la cámara de rejillas, se han colocado orificios de iguales dimensiones a las consideradas para las ventanas de captación con ranuras tanto aguas arriba como aguas abajo para colocar ataguías. Este arreglo permite efectuar cualquier trabajo de reparación y/o mantenimiento de las rejillas. Las ataguías de aguas arriba, se operan desde una losa de 1.50 m de ancho y la de aguas abajo desde el puente señalado.

2.4.3. Transición:

Como se aprecia en la Figura 12, esta estructura corresponde al empalme entre la cámara de rejillas y la estructura de compuertas; tiene una longitud es 16.00 m y un ancho neto que varía de 20.42 a 7.20 m. El piso es horizontal colocado en la cota 414.75 msnm, mientras que la cota superior del muro se ubica en el nivel 420.60 msnm.

En sus primeros 10.00 m de desarrollo, la transición cuenta con un muro intermedio que tiene función hidráulica.

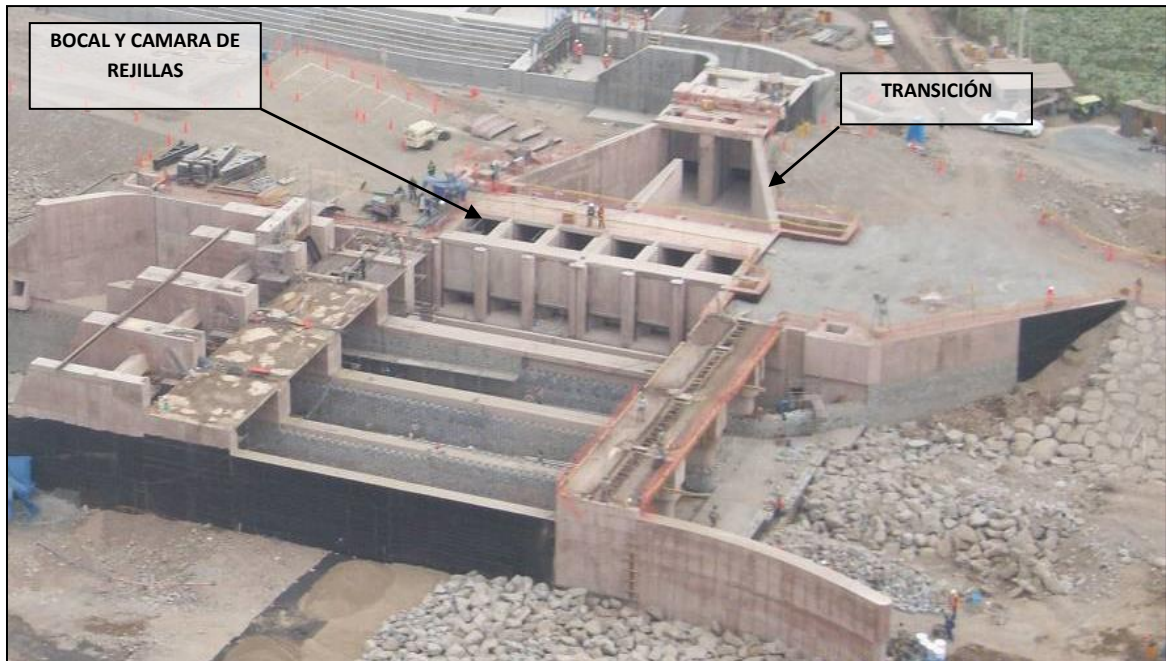


Figura 12: Vista Aérea del Bocal, Cámara de Rejillas y la Transición

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

2.4.4. Sistema de desagüe y lavado:

El diseño de la captación atiende el requerimiento operacional de la PTAP Huachipa, de eliminar los volúmenes de agua que se puedan acumular en la zona de la captación comprendida entre las rejillas y las compuertas de regulación, en la situación que estas últimas sean cerradas debido a alta turbidez o contenidos impropios de las descargas del río Rímac.

Para ello, se cuenta con una compuerta ubicada al lado izquierdo de la captación, al inicio de la transición, que posibilitará la descarga una vez que previamente se hayan abierto las compuertas del aliviadero.

La compuerta es del tipo deslizante y accionamiento manual, de 1.00 x 0.75 m. La cota del piso en la estructura que aloja a la compuerta se ubica en el nivel 414.00 msnm y cuenta además con ranuras para colocar ataguías.

El conducto de descarga ubicado aguas abajo de la compuerta, es de concreto reforzado y tiene una sección de 1.0 x 1.50 m de lado y una longitud de 40.08 m. La cota de la rasante varía de 414.00 a 413.04 msnm con pendiente 2.5 %. La descarga se produce a la poza de dissipación del aliviadero mediante un salto de sky con radio de 5.0 m, ángulo de deflexión de 26.43° y cota de cresta en 413.51 msnm.

Aguas arriba de la compuerta y cubriendo todo lo ancho de la transición, se dispone de una canaleta practicada en el fondo de la misma, que tiene como objeto facilitar la recolección del agua empozada en la captación. Esta canaleta tiene 1.00 m de ancho y cubre una longitud de 20.42 m. La pendiente de su rasante de fondo es 1.0 %, variando esta desde la cota 414.21 msnm en el inicio, hasta la cota 414.00 msnm en la descarga.

Para facilitar la limpieza de la canaleta, la estructura cuenta con una tubería de PVC Clase 10 ϕ 450 mm y 23.50 m de longitud, que capta el agua del río al inicio del canal de limpia en la cota de fondo de 415.30 msnm. En la entrada, se ha colocado una protección con malla de alambre de cocos de acero inoxidable para evitar el ingreso de elementos flotantes (ver Figura 13).

Para el control del caudal, se tienen 02 válvulas de mariposa de ϕ 450 mm, sirviendo la válvula de aguas arriba de emergencia y la de aguas abajo de operación. Están alojadas en una cámara que tiene 4.10 m de longitud, con cota del piso 414.50 msnm y cota superior 420.80 msnm.

La medición de la turbidez se realiza en un buzón ubicado inmediatamente aguas arriba de la tubería descrita, que dispone de una sección de 1.50x1.70 m con cota de piso en 414.50 msnm y cota superior en 420.60 msnm. Cuenta, además, con válvulas de compuertas para cerrarlas cuando se quiere vaciar la poza. El ingreso de agua se efectúa por dos orificios ϕ 100 mm ubicados en los niveles 416.00 y 417.00 msnm. El buzón va en forma monolítica con el muro que conforma el estribo derecho de aguas arriba de la bocatoma.

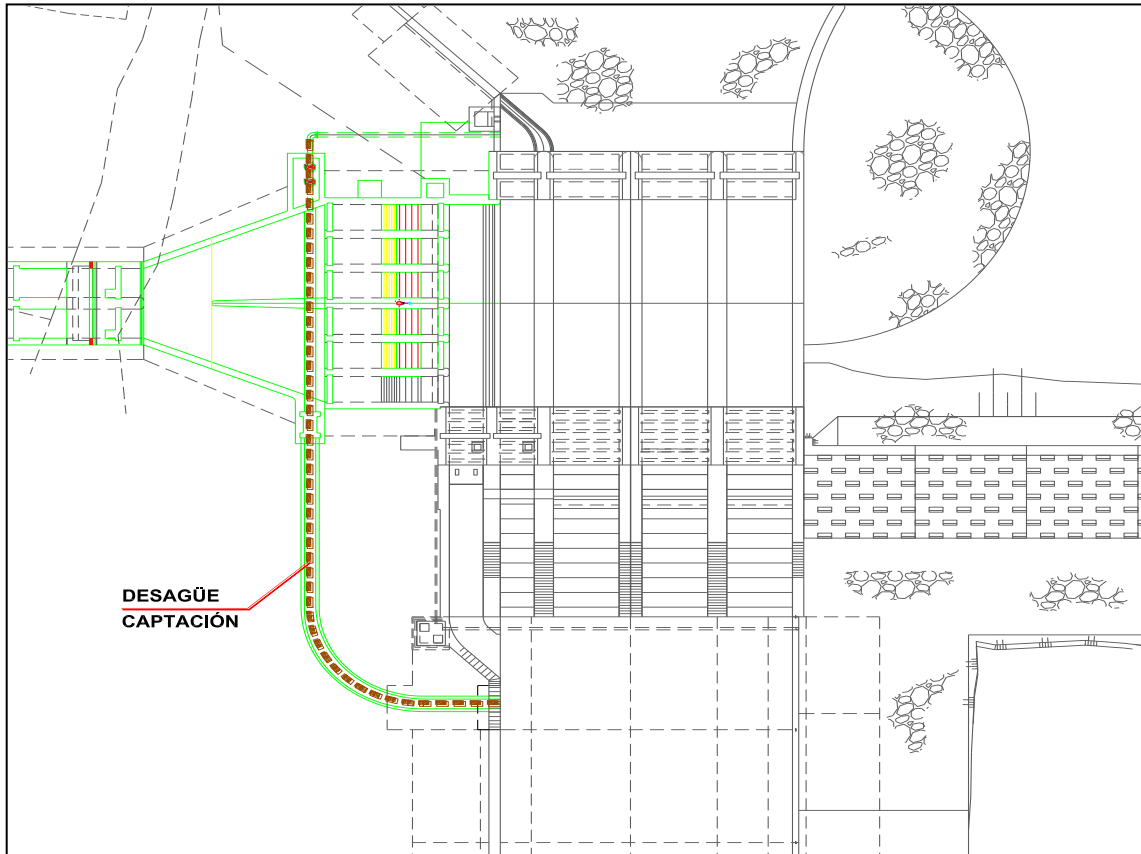


Figura 13: Sistema de Desagüe de Captación

Fuente: Expediente Técnico de Obra

2.4.5. Estructura de compuertas

Como se aprecia en la Figura 14, esta estructura permite la regulación de los caudales derivados mediante 02 compuertas radiales de 3.00 x 1.60 m con izaje hidráulico, que cierran el orificio conformado por una pantalla de concreto. Su longitud es 13.00 m y tiene un ancho interno de 7.20 m con 02 naves de 3.0 m separados por un muro central de 1.20 m de ancho. La cota del piso se ubica en el nivel 414.75 msnm, mientras que la cota superior del muro se ubica en el nivel 420.60 msnm.

Al inicio y final de la estructura se han ubicado ranuras para colocar ataguías. También se tiene un puente de 4.50 m de ancho, que permite la comunicación vehicular de un lado a otro de la captación y además puede ser utilizado para la operación de la ataguía de aguas arriba. Las ataguías de aguas abajo, se operan desde una losa de 1.50 m de ancho.



Figura 14: Vista de las Compuertas Radiales de Captación
Fuente: Registro Fotográfico de Obra

2.5. Dique de la margen derecha

Tiene como objeto, evitar que el remanso que produce la implantación de la bocatoma, inunde los terrenos ubicados en la margen derecha. Es un dique de relleno compactado de 180.00 m longitud, con cota de corona que va de 421.00 a 420.60 msnm (ver Figura 15).

La sección transversal cuenta con un ancho de corona de 5.00 y taludes a ambos lados de 2:1. El talud en contacto con el río está protegido con enrocado de 1.20 m de espesor; el talud opuesto, lleva una protección de grava gruesa de 0.30 m de espesor.



Figura 15: Vista del dique margen derecha

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

2.6. Depósitos para ataguías

La bocatoma cuenta con dos depósitos para almacenar las ataguías, uno para las del aliviadero de compuertas y otra para las del canal de limpia-desripador, de modo de protegerlas del medio ambiente cuando no estén en uso.

Estos depósitos son de concreto reforzado, con dimensiones interiores en planta de 6.94 x 3.30 m y 4.10 m de altura para las ataguías del aliviadero de compuertas y de 2.10 x 4.06 m y 4.10 m de alto, para las ataguías del canal de limpia-desripador.

Los depósitos están provistos de tapas metálicas y el acceso al interior se realiza por medio de una escalera. Su emplazamiento es sobre el terraplén al lado derecho de la bocatoma con su cota superior en 420.90 msnm.

Las ataguías que corresponden a la cámara de rejillas, y estructura de captación, se guardarán colgadas en sus propias ranuras.

2.7. Sistemas de drenaje

Como parte de las obras conexas de la bocatoma se han construido tres sistemas de drenaje que a continuación se describen brevemente:

- Sistema de drenaje de la poza de disipación
- Sistema de drenaje agrícola
- Evacuación de la descarga planta de bombeo aguas servidas

2.7.1. Sistema de drenaje de la poza de disipación:

Como se muestra en la Figura 16, para evitar que las subpresiones levanten la losa de la poza de disipación cuándo se quiera vaciar la poza, se ha construido un sistema de drenaje por debajo de la losa, en base a una capa de concreto poroso de 0.60 m. de espesor en la que están embebidas tuberías de drenaje de PVC corrugadas y ranuradas, de diámetro variable entre ϕ 100 y 250 mm.

El caudal de filtración recolectado es entregado en la cota 404.29 msnm a un ducto de 2.0 x 2.0m y de 18.20 m. de alto, que va de la cota 420.70 a 402.50 msnm y luego, bombeado hacia el embalse aguas arriba de los canales de aproximación por medio de una bomba sumergible alojada en una caseta de operación, cuyo motor eléctrico va sobre una losa colocada al nivel 418.25 msnm.

Para verificar los niveles de agua de la napa freática durante el bombeo, el diseño ha contemplado 2 piezómetros en base a tubos de PVC ranurados ϕ 200 mm que van pegados detrás del muro derecho de la poza de disipación y ubicados a 12.50 y 29.00 m de inicio de la poza. Alrededor de estos tubos, se ha colocado grava gruesa que va envuelta con un geotextil.

El muro derecho e izquierdo de la poza, también cuentan con su sistema de drenaje detrás del muro, en base a tuberías de PVC corrugado con ranuras ϕ 100 mm colocados a todo lo largo de los muros al nivel de 412.00 msnm. Las tuberías están rodeadas con grava gruesa envuelta con filtro geotextil. La salida de drenaje se realiza al exterior del muro, por medio de lloradores ϕ 100 mm colocados a un espaciamiento promedio de 2.70 m.

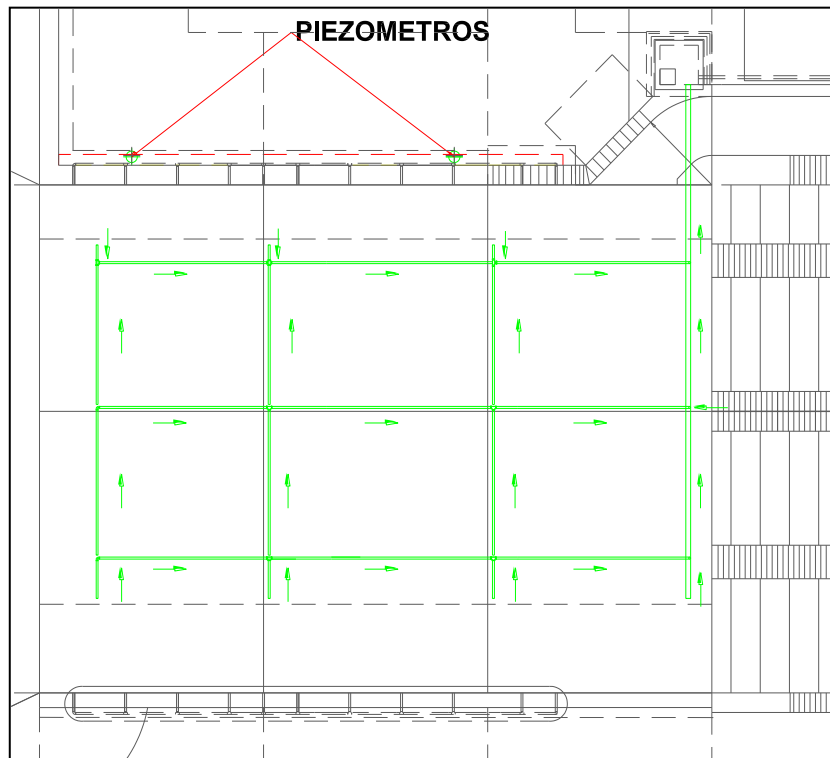


Figura 16: Sistema de Drenaje de Poza

Fuente: Expediente Técnico de Obra

2.7.2. Sistema de drenaje agrícola:

El diseño contempla la construcción de un sistema de drenaje, destinado a evitar la afectación a los terrenos agrícolas ubicados en la margen derecha, debido a la implantación de un nivel de embalse permanente (NAMO) aguas arriba de la bocatoma.

El sistema de drenaje es subterráneo, de 129 m de longitud, con tubería de PVC ϕ 150 mm ranurada, la cual está rodeada de grava gruesa, que, a su vez, va envuelta con filtro geotextil.

En los primeros 93.85 m la tubería tienen una pendiente de 2.665% y la cota de rasante varía de 418.08 a 415.58 msnm; el resto del tramo la tubería tiene una pendiente de 1.705%, descendiendo su rasante de fondo de la cota 415.58 a 414.98 msnm.

En los cambios de alineamiento en planta, se han proyectado 3 buzones; los dos primeros, son de concreto armado de sección circular ϕ 1200 mm y altura de 1.92 y 1.62 m, con su cota de tapa que sobresale del terreno 0.20 m. El tercer buzón, es de concreto armado y sección cuadrada de 1.50x1.50 m y 5.82 m de altura.

El sistema de descarga del drenaje agrícola se integra al correspondiente de la poza de disipación, mediante la colocación de una línea de tubería PVC Clase 5 ϕ 150 mm. Del buzón 3 al 4, la línea tiene una longitud de 34.72 m y la cota de la rasante de fondo del tubo descende de la cota 414.98 a la 414.75 msnm. En el siguiente tramo, entre los buzones 4 y 5, la tubería tiene una longitud de 45.32 m y su rasante de fondo descende de la cota 414.75 a la 414.30 msnm. Los primeros 21.42 m de este tramo, la tubería pasa embebida en el concreto del vertedero de las ventanas de captación que corresponde al inicio de la cámara de rejillas.

Los buzones 4 y 5, son de concreto reforzada de sección cuadrada; el primero tiene una sección transversal de 1.50x1.50 m y 6.05 m de altura y ha sido estructura para trabajar en forma monolítica con la cámara de rejillas en su lado derecho; el buzón 5, corresponde al que recolecta el sistema de drenaje de la poza de disipación del aliviadero de compuertas. La evacuación de las aguas recolectadas por el sistema de drenaje agrícola se realiza por gravedad, a través de un orificio ($\phi=0.20\text{m}$) que se ha practicado en el buzón 5, en la cota 414.00 msnm (ver Figura 17).

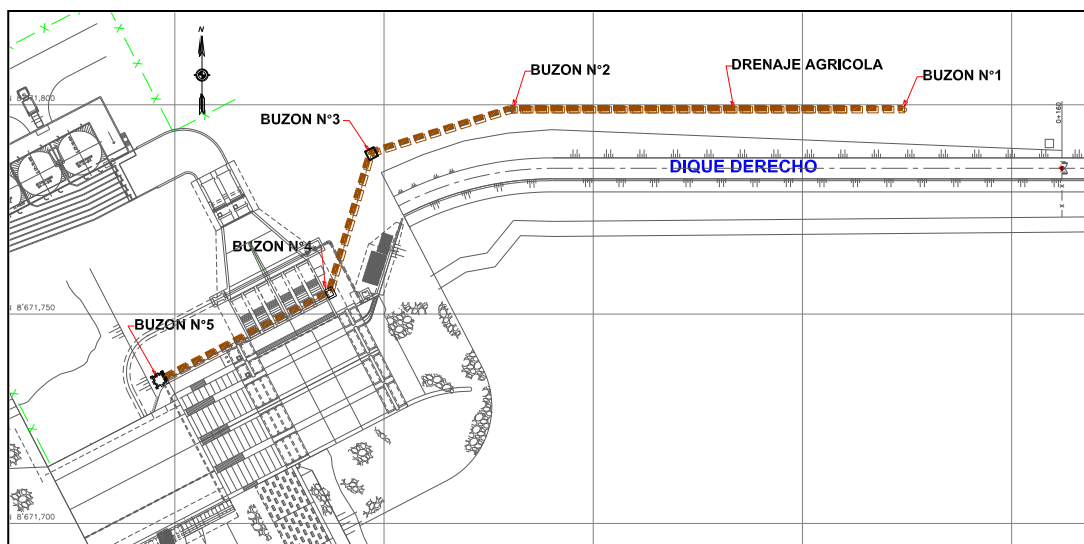


Figura 17: Sistema de Drenaje Agrícola

Fuente: Expediente Técnico de Obra

2.7.3. Evacuación de la descarga planta de bombeo aguas servidas

Con el fin de dar continuidad a la descarga de emergencia de la planta de bombeo de aguas servidas que opera SEDAPAL en la zona, se ha construido

una línea de desagüe con tubería de concreto ϕ 450 mm que pasa por debajo de la curva que empalma la captación con el desarenador y descarga directamente al río Rímac, a la altura de la mitad del enrocado de salida del barraje móvil (ver Figura 18).



Figura 18: Vista desde aguas abajo
Fuente: Expediente Técnico de Obra

Lo descrito en las páginas anteriores, corresponde a un resumen de la Memoria Descriptiva de la Bocatoma Huachipa; el autor, buscando una mejor comprensión de la funcionalidad de objetivo de la obra, ha realizado una selección de los componentes principales relacionados a las estructuras Hidráulicas.

El proyecto, actualmente en funcionamiento, está siendo operado por SEDAPAL, cumpliendo el objetivo principal, que es suministrar más cantidad de agua potable a zonas con carencia o limitación de este recurso.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS ESTRUCTURAS HIDRAÚLICAS DE LA BOCATOMA HUACHIPA

Durante el proyecto, el área de planeamiento manejó un esquema bastante detallado de metas y seguimiento de la obra; el autor del presente informe ha visto por conveniente la siguiente secuencia constructiva con la finalidad de describir mejor el proceso constructivo que el autor desarrolló en la época.

- A. Desvío de Río – 1era Fase
- B. Movimiento de tierras
- C. Obras de concreto – 1era Fase
- D. Acabados en barraje móvil
- E. Desvío de Río – 2da Fase
- F. Obras de concreto – 2da Fase

Para mejor entendimiento del proceso constructivo, se denominará al autor del presente informe como el Responsable de Producción; subordinado directamente al Gerente de Producción de Obras Civiles, en adelante el Gerente de Producción, teniendo ambos en contacto directo con la Gerencia General y con el Supervisor de Obra.

Para el inicio de los trabajos, el responsable de producción asignado junto al gerente de producción define un plan de ataque que se ajuste al planeamiento general, dimensionando mano de obra, equipo pesado y equipos de apoyo para cada actividad.

A continuación, se describe cada uno de los procesos apoyado con imágenes tomadas durante la construcción por el autor y por el área de planeamiento del proyecto.

A. Desvió de Río – 1era Fase

Como dato histórico tenemos que el Río Rímac, presenta caudales que van desde los 15m³/seg en estiaje hasta los 90m³/seg en avenidas existiendo picos para niveles máximos de descarga.

El objetivo de esta primera etapa de construcción fue la de mantener un área segura y relativamente seca, donde se ejecutarían las obras de la Bocatoma Huachipa.

En tal sentido, la gerencia general y la gerencia de producción deciden iniciar las obras realizando un desvío de río en a finales del mes de mayo del 2009 (ver Figura 19), un mes después del término de la época de avenidas aplicando el instructivo de obra HUAIT-023 (ver anexo 1), el cual es aprobado por el supervisor.

El ancho del río es relativamente amplio en la zona de las obras, por lo que los trabajos dirigidos por el responsable de producción se constituyen por una limpieza del cauce (profundización) y un re direccionamiento de las aguas hacia la margen izquierda.



Figura 19: Vista General Antes y Durante la Construcción

Fuente: Google Earth

Juntamente con la profundización, el responsable de producción aprovecha este material para dar inicio al dique de protección y poder conformar una vía.

Durante la época de estiaje no hubo mayor modificación en el dique de protección; sin embargo, durante las crecidas propias de los meses de marzo, se tuvo que realizar reparaciones y reforzamientos con rocas.

Como medida preventiva, cada 2 meses el responsable de producción solicitaba los equipos para realizar una descolmatación del lecho del río, mejorando la fluidez y reduciendo la velocidad en el tramo restringido por las obras.

Como proceso constructivo, se planearon dos desvíos del río, el primero hacia la margen izquierda (1era Fase) permitiendo construir las obras civiles del lado de captación y aliviaderos; una vez terminados, el agua es desviada hacia la margen derecha, (2da Fase) haciendo pasar por las estructuras construidas y permitiendo terminar con las obras de la margen izquierda que son el barraje fijo y la presa no vertedora.

B. Movimiento de tierras

En esta etapa se describen las actividades relacionadas a las excavaciones, rellenos y protección de enrocado de gran diámetro que fueron utilizadas para la ejecución de la obra.

El objetivo de estos servicios fue en primer lugar crear con las excavaciones, un área suficiente para la implantación de las estructuras considerando accesos y taludes seguros; en segundo lugar, los rellenos y enrocados cumplieron un rol de soporte, restricción de flujo y protección de estructuras.

Excavaciones

Estas fueron realizadas principalmente con excavadoras de 30t, las excavaciones menores se realizaron con retro excavadoras. Se utilizó el documento HUAIT-014 referente a las excavaciones a cielo abierto (Ver anexo 01).

Durante las excavaciones de algunos componentes de la obra, el responsable de producción debía hacer las coordinaciones para el rescate de volquetes que quedaban atorados a causa del lodo, solicitando equipos pesados para jalar las unidades tomando todas las precauciones de seguridad.



Figura 20: Excavación Poza de Disipación

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

Para eliminar el riesgo, el responsable de producción solicitó un nuevo acceso, de mayor longitud que permitió un mejor drenaje de agua y por lo consiguiente un mejor material de rodadura.

La parte resaltante del proceso es que las obras de la poza de disipación (ver Figura 20), se realizaron alrededor de 7m por debajo del nivel río, para lo cual fue necesario el uso de bombas sumergibles de gran capacidad para que durante el proceso, el nivel de agua baje y los equipos puedan descender cada vez más.

El responsable de producción solicitó excavar un pozo de 5m de diámetro y 4 de profundidad por debajo del nivel de la poza de disipación, en donde se ubicaron las bombas funcionando en paralelo.

Este achique se realizó con 4 y hasta con 5 bombas sumergibles con una capacidad de 100 l/seg cada una.

Fue necesario mantener un grupo generador encendido las 24 horas del día para atender principalmente las bombas sumergibles.



Figura 21: Rellenos Margen Derecha

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

Rellenos

Como se muestra en la Figura 21, los rellenos fueron realizados predominantemente con material filtrante como over y piedra chancada, inicialmente se planeó que el proceso de esparcido, sería con motoniveladora y el compactado con rodillos lisos en zonas donde el nivel freático está presente. Para conseguir un mejor acomodo y mayor productividad aplicable solo a material filtrante, el responsable de producción solicitó el cambio del uso de motoniveladora y rodillos por tractor de orugas tipo D6, con lo cual se lograba mejor esparcimiento y compactación ya que cada pasada del equipo compactaba el material.

Los rellenos con material seleccionado, normalmente afirmado, fueron compactados con motoniveladora y rodillo en áreas mayores; en áreas no accesibles se utilizaron vibroapisonadores).



Figura 22: Enrocado en Poza de Disipación

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

Enrocados

Este fue utilizado fundamentalmente como elemento fusible, ya que es la primera estructura en tener afectación durante una avenida importante o debido a la persistencia de caudal.

En las Figuras 22 y 23, se puede apreciar parte de este elemento de protección, el cual fue compuesto principalmente por rocas del tipo diorita o granodiorita de 1.0m a 1.5m de diámetro, apoyado sobre una cama de arena o gravilla y un geotextil para evitar el lavado de finos.

Para el proyecto de la Bocatoma Huachipa, este servicio fue utilizado aguas arriba y aguas abajo de las estructuras de concreto, cuyo proceso se describe en el instructivo HUAIT-013 (ver anexo 1).

Durante la colocación, se pudo percibir que el tiempo que demoraba la colocación de las rocas era excesivo por cuenta de las maniobras con la excavadora.

El responsable de producción sugirió cambiar al operador del equipo pesado por uno de mayor destreza y habilidad, reduciendo el tiempo de acomodo a la mitad, aproximadamente 5 minutos por unidad.



Figura 23: Enrocado Aguas Arriba Margen Derecha
Fuente: Registro Fotográfico de Obra

C. Obras de concreto – 1era Fase

Las Obras de concreto que se ejecutaron para la Bocatoma en el Río Rímac, consisten básicamente en todas las estructuras con fines hidráulicos, explicadas en la memoria descriptiva, cuyos elementos individuales comprendían volúmenes de concreto de hasta 250m³ aproximadamente.

El objetivo de las obras de concreto, fue la de conducir y captar el caudal necesario, sirviendo también para albergar los equipos electromecánicos para el control tales como compuertas radiales, rejillas y ataguías de mantenimiento.

El proceso para la construcción de las obras de concreto siguió pasos metódicos y estudiados por el área de gestión de la calidad en referencia a los servicios de vaciado de concreto, armado de acero y colocación de encofrados. Los documentos respecto a estos tres instructivos se pueden consultar en el anexo 1, siendo el HUAIT-007 referente a la colocación de concreto, HUAIT-

011, respecto a colocación de acero de refuerzo y HUAIT-012 referente a los encofrados.

Para la liberación de las obras de concreto dentro de la poza de disipación, canales de entrada y aliviadero, fue necesario contar previamente con las obras de la ataguía de protección.

Las obras de concreto, iniciaron con la bocatoma propiamente dicha, luego del proceso de excavación y rebaje de agua, se atacó en paralelo las estructuras cuya cimentación se encontraba por encima y por debajo del nivel de agua del río.

El responsable de producción fue el encargado de definir un plan de ataque o secuencia constructiva, la cual luego de varias reuniones se aprobó, visando no solo tener una mejor facilidad para las obras civiles, sino también para el montaje de elementos electromecánicos.

Luego de ejecutadas las obras de excavación, las obras civiles inician con la limpieza del piso del terreno natural, eliminando rocas sueltas y dejando la superficie lo más firme posible.

El piso una vez limpio, fue recubierto con una capa de concreto de baja resistencia (10MPa), cuya finalidad es rellenar los espacios vacíos y brindar una plataforma nivelada para los trabajos de colocación de acero (ver Figura 24).

La colocación de este concreto fue manual, directamente desde el mixer, ya que este concreto no requiere vibración o compactación.

Al tener un material permeable de lecho de río, constituido principalmente por over, arenas y gravas, el paso de vehículos y personas era dificultoso dentro del área a construir; el responsable de producción decidió la colocación de una capa piedra chancada de 10cm de altura, donde se podía colocar las estacas para marcar la cota de solado.

Luego de la marcación topográfica de las geometrías, se dispone a la colocación del acero de refuerzo, el cual fue transportado al sitio de las obras mediante camiones grúa.

Al tener elementos a colocar de longitud completa 9m y hasta 12m; el responsable de producción solicitó el apoyo de una grúa telescópica sobre llantas de una capacidad de 30t. que fue importante en el acarreo de materiales.

La colocación del acero fue manual y se empezó con el acero de la losa de fondo y arranques de muro o estructuras verticales.



Figura 24: Solado en Canales de Ingreso

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

Una vez colocado el acero de refuerzo se procedió con la colocación de encofrado recto vertical y curvo donde correspondía.

El encofrado usado fue metálico con cara de triplay fenólico, denominado Nevi, del proveedor de encofrados ULMA; también se usó madera tratada.

El responsable de producción en coordinación con la oficina de ingeniería y el proveedor de encofrados, definían los elementos para alquilar y su reaprovechamiento.

El responsable de producción recibía los planos de encofrados emitidos por ULMA y realizaba algunas modificaciones respecto a las medidas de los paneles, buscando optimizar los encofrados con el material existente en campo.

Luego de asegurado el encofrado, se realizaba una inspección por parte del responsable de producción juntamente con el capataz de encofrados; además también era revisado por el área de Control de Calidad y seguridad, con el fin

de tener un documento interno que autorizaba a la planta de concreto comenzar el despacho.



Figura 25: Vaciado de Estructuras

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

Una vez autorizado, el responsable de producción firmaba el protocolo de despacho, documento con el cual el concreto podía ser enviado desde la planta dedicada.

El vaciado de concreto estructural se realizó casi al 100% con el apoyo de una bomba pluma ya que las áreas de las losas eran relativamente extensas y debía tenerse un control y secuencia del vaciado del concreto como se muestra en la Figura 25.

El responsable de producción fue el encargado de coordinar el horario de la bomba pluma, en función a los tiempos de vaciado, uso de este equipo en otro frente o el alquiler de una segunda unidad.

Las coordinaciones se realizaban con el gerente de producción y con el responsable de producción de otros frentes.

Era imprescindible para el éxito operativo del día que las programaciones se respeten ya que el hecho de liberar la bomba de concreto una o dos horas después de lo previsto podría significar que se postergue el vaciado programado, muchas veces por el tiempo de vaciado de un elemento.

Para las estructuras civiles, se utilizó concreto de 28MPa con la característica de ser tipo I puzolánico, el cual cuando endurecía, presentaba una tonalidad rosada.

Todos los elementos verticales fueron curados mediante medios químicos, y las losas mediante mantas de yute, arena y agua.

El responsable de producción fue la persona encargada de disponer los recursos necesarios para aplicar y mantener el proceso de curado de concreto en campo, de acuerdo a los instructivos de trabajo generados para la obra.

Al ser una obra hidráulica, es muy importante la impermeabilidad de la estructura, debiendo proteger el acero de refuerzo del agua que pudiera infiltrarse.

El responsable de producción fue el primer inspector del servicio, revisando de manera unilateral el armado del acero y los cuidados respectivos que garanticen la calidad de la estructura.



Figura 26: Poza de Disipación

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

Con la finalidad de evitar la mayor cantidad de juntas de construcción, se decidió realizar los vaciados de concreto por elemento completo.

Visando garantizar la durabilidad de la estructura, era importante realizar un tratamiento de juntas de construcción entre las losas y los muros.

Para esto, durante los primeros vaciados, se decidió realizar un pequeño picado en el área de encuentro entre la losa de cimentación y los muros; sin embargo, el trabajo se tornó en una gran cantidad de mano de obra, ya que los espesores de muro variaban de 0.40 hasta 1.20m de ancho.

Ante esta situación se decidió utilizar una técnica llamada “corte verde”, la cual consistía en que una vez vaciada la losa de cimentación y antes de ocurrir la fragua inicial, se aplicaba un retardante de fragua de bajo espectro como Sikament 306.

La aplicación no era pareja en todo el ancho de la junta, por lo que el responsable de producción solicitó la compra de 2 aspersores manuales para agricultura, en donde se llenaba con una solución de retardante de fragua y agua, en proporción 50/50.

Esta técnica permitía que la película superficial de concreto, al día siguiente, sea lavada con una hidrolavadora de alta presión de la marca Kartcher con una presión máxima de 3,000 psi (ver Figura 26).

Se facilitó el trabajo y además se mejoró el tipo de encuentro, ya que luego de utilizar la hidrolavadora, se conseguía una superficie limpia, rugosa que exponía el agregado grueso.

El diseño de la Poza de disipación (parte más baja de la bocatoma) incluía la incorporación de un elemento de buenas prestaciones a la compresión y altamente filtrante, el concreto poroso fue la solución técnica para aliviar el empuje vertical ejercido por la elevada napa freática de la zona.

Dentro de la capa de concreto poroso, se colocó una tubería perforada que recolectaba el agua y la conducía a una caja de concreto, donde las presiones se equiparaban.

Ya que era un punto de especial cuidado y que cuya función era una medida de seguridad de la bocatoma, el responsable de producción solicitó personal técnico para el armado y acople, así como solicita el control topográfico durante la colocación y antes de la aplicación del concreto poroso.

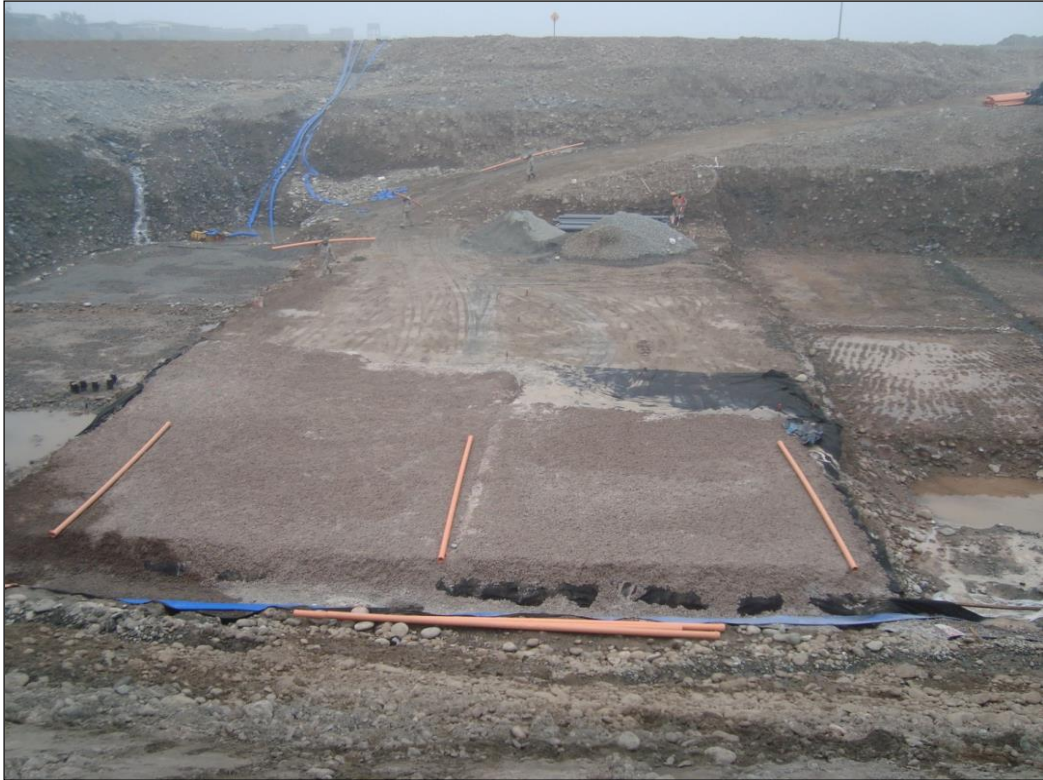


Figura 27: Sistema de Drenaje Poza de Disipación

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

El diseño incluía la incorporación de un elemento de buenas prestaciones a la compresión y altamente filtrante, el concreto poroso (ver Figura 27) fue la solución técnica para aliviar el empuje vertical ejercido por la elevada napa freática de la zona. Se muestra también la presentación de las tuberías perforadas.

Ya que el concreto poroso es una mezcla que no puede bombearse, la aplicación de esta fue directamente desde el mixer. El responsable de producción indico para que los vaciados inicien desde la parte más lejana del acceso.

La colocación del geotextil se realizaba poco antes del ingreso de camiones mixers, evitando así que este material sea dañado por el peso de los equipos. Dentro de la Poza de disipación, se construyeron varias losas de concreto cuyos volúmenes de concreto eran de alrededor de 200m³. Para el vaciado de estos se utilizaron varios equipos como camiones mezcladores (mixers) y bombas tipo pluma.



Figura 28: Losas de Concreto en Poza de Disipación

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

El responsable de producción solicitó equipo pesado para mejorar el acceso a la poza de disipación, permitiendo que equipos neumáticos como mixer, grúas telescópicas, bombas de concreto, camiones grúa y equipos menores puedan ingresar y salir, siendo la única restricción el espacio disponible y de maniobra. (ver Figura 28).



Figura 29: Armado típico de acero de refuerzo en muros

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

Como se muestra en la Figura 29, el armado de acero de refuerzo, predominantemente de diámetros mayores a 5/8", hasta 1", fue aplicado por cuadrillas de obreros utilizando camiones grúa y andamios normalizados.

Luego de evaluar varias alternativas de andamiaje, se optó por mantener al proveedor ULMA para el suministro de andamios.

La línea de andamios utilizada fue la denominada Brio, con elementos de acero galvanizados en caliente y libre de tuercas y pernos.

El responsable de producción fue encargado de solicitar los vehículos de apoyo y cantidad de andamios de acuerdo a la programación semanal y en función al número de obreros involucrados.

Si bien las piezas son de fácil manipulación y armado, una de las problemáticas para el uso correcto fue el de realizar justamente un armado correcto, que pueda sostener con total seguridad a las personas y materiales colocados.

El responsable de producción al percibir que se requiere capacitación técnica, lo solicitó a la gerencia, donde luego de algún tiempo se logró que ULMA enviase un técnico especialista en encofrados y andamios full time para el frente de la bocatoma.

Este técnico no operaba ni manipulaba las piezas, sin embargo, daba las pautas técnicas para un correcto armado, fijación, modos y secuencia de ensamble, optimización de elementos disponibles y cualquier duda técnica respecto a un correcto uso de los equipos.



Figura 30: Estructura de Regulación de la Captación

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

Dentro del proceso de producción, el técnico destinado a la obra, fue instruido por el responsable de producción y prevencionista de todas las prácticas de seguridad y políticas de seguridad, a fin de que su dirección técnica sea basada en parámetros de seguridad exigidos por el contratista.



Figura 31: Encofrados con detalle de los Insertos

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

En varias estructuras (losas y muros) debió dejarse elementos metálicos embebidos en el concreto (ver figuras 30 y 31), insertos metálicos, cuyo propósito es recibir y fijar las estructuras metálicas que requieren las compuertas radiales y ataguías de mantenimiento.

Si bien estos elementos metálicos eran colocados posteriormente, los denominados insertos debían ser colocados con precisión, recordando que las obras de concreto mantenían tolerancias al centímetro (cm), y las obras electromecánicas con tolerancias al milímetro (mm).

El responsable de producción mantuvo especial cuidado con estos elementos, solicitando la verificación topográfica antes del cierre del encofrado; en algunos casos, luego del desencofrado de la estructura, existían elementos que se

habían perdido a causa del proceso de vibrado del concreto o como producto del ingreso de la manguera de la bomba de concreto.

Luego del vaciado de la estructura principal y una vez colocadas las guías para las compuertas radiales o ataguías de mantenimiento; se procedía a realizar un vaciado secundario o de segunda etapa, cuyo objetivo era dejar expuesto con el agua únicamente la cara superficial, embebiendo las soldaduras con un concreto con gravilla de alto slump (7" a 8").

Como dato adicional, entre el concreto estructural y el concreto de segunda etapa, se colocó un puente de adherencia epóxico, cuyo open time era alrededor de los 30'.

Luego de aplicado este puente de adherencia, de ser el caso en muros, se procedía al encofrado previamente habilitado y se seguía con el vaciado.

El responsable de producción estaba siempre presente durante el proceso, ya que las complicaciones podían afectar la calidad del vaciado, tales como el trabamiento de la aguja de vibración, el tiempo de vaciado dentro de los 30 ', la preparación del acceso de los camiones mixer para minimizar traslado interno, etc.



Figura 32: Poza de Disipación

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

Los muros de la Poza de disipación fueron vaciados en dos etapas, primero una de poca altura (1.0m a 1.60m) y luego hasta la cota de muro terminado

(8.45m adicionales). En la Figura 32 se puede ver el proceso denominado “corte verde” mediante una hidrolavadora.

El vaciado se realizó predominantemente con bomba pluma; la caída libre del concreto para las estructuras no sobrepasaba de 1.5m para evitar la segregación del agregado grueso.

Las recomendaciones de ULMA acerca de la velocidad de vaciado para una estructura de estas dimensiones, eran de aplicar una velocidad de vaciado de 1.5m de altura por hora.

El resultado en tiempo para un vaciado completo era de 10.5h efectivas sin contar los preparativos ni el tiempo de despacho de concreto en planta.

El primero de los 6 muros principales, tuvo un vaciado bastante prolongado, que por lo cual el responsable de producción decidió aplicar una técnica de verificación de consistencia del concreto, en la cual se toma una muestra de concreto de cada mixer (entre 15l y 20l) y se deposita en el suelo indicando la hora del vaciado y marcando en el encofrado del muro en que parte se ubica ese concreto (ver Figura 33).



Figura 33: Muros de la Poza de Disipación

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

Esto sirve para conocer el comportamiento del concreto fresco, que tan rápido comienza la fragua realmente cuando está en reposo y cuando es el momento seguro para agregar más concreto al encofrado.

Con estas incertidumbres resueltas, el responsable de producción pudo reducir considerablemente el tiempo de vaciado, quedando entre 7 horas y 9 horas efectivas, que, predominantemente dependían de la temperatura ambiental.



Figura 34: Poza de Disipación

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

El uso de andamios modulares certificados fue determinante, tanto para los trabajos de encofrado, fierriería y vaciado; para este caso se utilizaron del modelo BRIO, comercializados en el Perú por ULMA.

Durante el desarrollo de las actividades, cada cuadrilla armaba y desarmaba su propio andamio, resultando en tiempos muertos ya que un solo muro pasaba por este proceso hasta 3 veces.

El responsable de producción creó una nueva cuadrilla únicamente de andamios, cuya composición era de alrededor de 5 personas cuya función era atender al resto de cuadrillas en sus diferentes servicios. Las estructuras a atacar eran siempre indicadas por el responsable de producción en función al planeamiento de obra.



Figura 35: Armado de Acero de Poza de Disipación

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

En la misma la Figura 33 se muestra el detalle del encofrado del muro, así como los templadores anclados a la losa; el proceso para el armado del primer muro se realizó de manera manual, pieza a pieza, para el resto de muros se utilizó una grúa de 30t.

Dado el gran volumen de concreto para este elemento, y su altura, se tuvo que adecuar ciertas prácticas para garantizar la rigidez del encofrado.

Una de estas prácticas indicadas por el responsable de producción fue la de perforar la losa inferior y anclar varillas de acero, las cuales posteriormente se soldaban con la finalidad de atirantar las tapas laterales de los muros.

Ciertos elementos que se alquilaban a ULMA, específicamente las barras roscadas, debieron ser sacrificadas con la finalidad de no tener problemas durante el proceso de vaciado.

En la Figura 34 se puede apreciar el muro ya vaciado, mostrando el detalle de un pequeño volado en la parte superior, el cual dará continuidad geométrica cuando se coloquen las piedras labradas.

La colocación de acero de refuerzo de los muros de la Poza de disipación se realizó con la ayuda de andamios modulares; y el traslado interno con camiones grúa o grúa telescópica.

En la Figura 35, se puede observar que el acero de refuerzo de dos de los tres muros de la margen izquierda de la poza de disipación se encuentra terminados y se está trabajando el tercero con andamios.

Ya que el trabajo de fierreteria consistía en la colocación de varillas en su mayoría de $\frac{3}{4}$ " a 1", y en piezas enteras de 9m y hasta 12m, no se ejecutaba un servicio de habilitación de acero.

Esta ventaja repercutía en la productividad de la cuadrilla, el responsable de producción a percatarse de la ventaja de avance, decidió en algunos momentos de la obra, reducir la cantidad de obreros de la única cuadrilla que fierreteria y aumentar la cantidad de personal en los trabajos de encofrado; quedando en líneas generales una proporción de 2:1.



Figura 36: Vaciado de Muros de Poza de Disipación

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

Para el vaciado de estructuras verticales de gran altura se utilizaron ventanas intermedias, ver Figura 36, también se realizaba una verificación topográfica para alinear el encofrado durante el vaciado conforme el instructivo de trabajo HUAIT-037 (ver anexo 1).

Para evitar las juntas de construcción, se decidió por un vaciado completo de exactamente 8.45m de altura.

El proceso de vaciado se realizaba por capas de hasta 50cm de mezcla fresca y permitiendo una caída libre del concreto de hasta 1.5m.

El uso de ventanas de vaciado fue fundamental para cumplir la meta de vaciado, al tener dos niveles de ventanas, se vaciaba por la ventana inferior hasta 50cm por debajo de la cota inferior de la ventana, ahí se procedía a vibrar y cerrarla con los paneles ya preparados.

El vaciado continuaba con la ventana superior y finalmente desde el nivel de muro terminado en donde se introducía la manguera de la bomba de concreto.



Figura 37: Desencofrad de Muros de Poza de Disipación

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

El desencofrado fue una actividad en la cual la grúa telescópica de 30t aceleraba el proceso (ver Figura 37).

El responsable de producción solicitó el apoyo de esta grúa telescópica, la cual no solo sirvió para el encofrado o desencofrado, sino también para el acarreo interno de varillas de refuerzo (Figura 38) y materiales diversos de obra, además del movimiento de los campamentos y almacenes de obra ubicados en contenedores de 20'.



Figura 38: Solado en Vertedero

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

Previa a la construcción del aliviadero tipo Creager, se realizó un corte del terreno con equipo pesado y luego un refine de manera manual, para finalizar con la aplicación del solado.

Como se muestra en la Figura 38, el terreno inclinado sirvió para implantar la losa del aliviadero, la cual se tuvo que construir en dos etapas.

Una particularidad que el responsable de producción y la sala técnica evaluaron, fue que los volúmenes de concreto y la inclinación harían dificultosa la aplicación de la mezcla.

Se ideó un plan para completar la losa en dos etapas; la primera en contacto con el solado y que envuelva totalmente el acero de refuerzo inferior; este vaciado tendría una cara superior en forma de escalera como se muestra en la Figura 40.

Luego de este vaciado se concretaron los primeros niveles de los muros del aliviadero y finalmente se completó la segunda etapa de la losa.



Figura 39: Encofrado en Vertedero
Fuente: Registro Fotográfico de Obra

En la Figura 39, se puede apreciar el encofrado lateral, ya que eran dos secciones de losa con sus respectivos muros que trabajaban estructuralmente de manera independiente.

Para conseguir una adherencia en la cara superior de la primera etapa de la losa, se aplicó el método del corte verde, aplicando retardante de fragua y agua para luego ser lavado mediante una hidrolavadora, de acuerdo a lo explicado previamente.

Para lograr la adherencia en los laterales o contrapaso, se colocó como encofrado mayas metálicas con abertura de hasta 1mm, lo que permitía luego de su retiro obtener una superficie vertical rugosa, independientemente de su verticalidad o alineamiento.

La colocación del encofrado en la primera etapa del aliviadero fue en forma diagonal, no es muy común este método, pero el esfuerzo del concreto no

representaba un gran riesgo para las planchas de fenólico ni para el armazón metálico.



Figura 40: Vaciado de Primera Fase en Vertedero

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

Luego del primer vaciado, se colocó la armadura de los muros para su vaciado previo al término de la losa.

La superficie preliminar de la losa del aliviadero, permitía la instalación de andamios y plataformas de trabajo para el proceso de ferrería, encofrado y vaciado de los muros del aliviadero.

En la Figura 41, se puede apreciar la losa de aliviadero en su primera etapa, uno de los muros finalizado en trabajos de ferrería y el proceso de instalación de andamios para continuar con el armado del muro central.



Figura 41: Armado de Acero en Muros del Aliviadero

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

La Figura 42 muestra parte del proceso de vaciado del muro central hasta un nivel intermedio.

Con la experiencia lograda en otros elementos de la obra, el responsable de producción decidió realizar juntas de construcción que permitieran tener vaciados de un máximo de 10 horas, evitando complicaciones innecesarias y hasta accidentes de obra.

Para el encofrado y desencofrado de estas estructuras fue necesaria la participación de una grúa telescópica y andamios con una configuración especial.

Los planos elaborados por el proveedor de encofrados tuvieron que ser modificados en función a la irregularidad de la superficie correspondiente a la primera fase de la losa de aliviadero tipo Creager.

El primer muro del aliviadero que fue vaciado, correspondiente a la Figura 42, presentó complicaciones en el encofrado durante el vaciado, debiendo paralizar el proceso, corregir y asegurar algunos paneles para poder retomar el vaciado con una velocidad mas lenta.



Figura 42: Encofrado en Muros del Aliviadero

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

En la Figura 43 se observa el vaciado que fue directo desde el mixer, en donde se utilizaron medios cilindros para el deslizamiento de la mezcla desde la losa superior.

El encofrado fue diseñado y construido en campo utilizando tuberías de acero, madera y piezas de acero de refuerzo; este encofrado se denomina trepante ya que las piezas de encofrado que se encontraban en la parte inferior eran retiradas y colocadas en la parte superior.

Para verificar la firmeza del concreto, el responsable de producción solicitó a la carpintería que algunas piezas de encofrado tengan una compuerta de 20cm x 20cm.

Esto permitía conocer con certeza el momento para retirar una línea de encofrado y colocarlo en la parte superior para continuar el vaciado.

Ya que luego de este concreto debía colocarse un acabado de piedra labrada, la superficie fue texturizada con escobas de paja.

En la Figura 43, también se muestra como los operarios dan el acabado final del concreto, el cual aún no presenta una dureza final.



Figura 43: Vaciado de Segunda Etapa de Losa de Aliviadero
Fuente: Registro Fotográfico de Obra

Las estructuras hidráulicas de concreto tuvieron en general el mismo procedimiento dependiendo si eran losas o elementos verticales. Una particularidad fueron los elementos dentro de la Poza de disipación los cuales por las longitudes, alturas y espesores fueron los de mayor cuidado y control por parte del responsable de producción.

D. Acabados en barraje móvil

Parte importante de la bocatoma fueron los mecanismos de protección como el tratamiento de las subpresiones, enrocados contra la erosión regresiva y el enchape de piedra contra la abrasión del pase de sólidos por las estructuras.

El objetivo de estos acabados de enchape de piedra fue servir como elementos de desgaste y protección al concreto estructural. El tipo de piedra utilizado de origen volcánico tipo diorita o granodiorita que presentan mayor dureza y resistencia a la abrasión que el concreto utilizado para las estructuras, este servicio se realizó basado en el instructivo de obra HUAIT-003 (ver anexo 1).



Figura 44: Enchape de Piedra Labrada en Poza de Disipación
Fuente: Registro Fotográfico de Obra

La piedra labrada utilizada, fue encomendada a una asociación de picapedreros de la sierra central; luego de realizadas las pruebas que consistían básicamente en geológicas y de dureza, los elementos se encomendaron con una tolerancia de hasta 3cm.

Las piedras de mayor tamaño se colocaron en la base la Poza de disipación (ver Figura 44) y en la losa del aliviadero tipo Creager; estas piedras tenían dimensiones de 50cm x 50cm x 40cm, cuyo peso oscilaba alrededor de los 290kg c/u.

Dadas las dimensiones y formas de los elementos, resulto complicado el transporte interno de las piezas.

La grúa telescópica se retiró una vez terminados los trabajos de concreto de la primera fase, además su uso no hubiese sido eficiente dada la cantidad de elementos.

El responsable de producción solicitó un equipo de otro frente que normalmente es usado en excavación de túneles.

El manipulador telescópico sobre ruedas podía transportar hasta dos piedras labradas del mayor tamaño para el transporte interno y para la colocación, este equipo podía colocar con precisión cada elemento de piso de la poza de disipación y en la caída del aliviadero.



Figura 45: Vista General de Poza de Disipación

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

La colocación de piedras se realizó con subcontratistas que eran entrenados para aplicar el orden correcto, así como realizar la mezcla del mortero de contacto, relleno y fragua (ver Figura 45).

En su mayoría, la personal venía de las canteras de roca, siendo trabajo del responsable de producción observar y corregir actos y condiciones de trabajo, con el fin de evitar incidentes o accidentes del personal.

Una medida, aunque costosa, fue el disponer de juegos de andamios normalizados para que el subcontratista pudiera almacenar piedras y colocarlas a una altura de hasta 6m.

Según diseño, algunas piezas fueron ancladas mediante pernos al concreto de la losa, generando cierta rigidez al conjunto.

La perforación se realizó mediante una compresora y un perforador neumático, siendo ejecutado por operarios mineros de otros frentes de obra.

E. Desvío de Río – 2da Fase

Una de las características del río Rímac es lo cambiante o serpenteante de su recorrido, siendo necesario en esta etapa de un encauzamiento del flujo.

El objetivo de este encauzamiento fue proteger las obras a ejecutarse en la margen izquierda, las cuales, si bien son más superficiales y de menor complejidad que las descritas en páginas anteriores, también requerían mantener un área de trabajo lo más seca posible, basados en el instructivo de trabajo HUAIT-023 (ver anexo 1).

Luego de finalizadas las obras civiles comprometidas para el paso del río, así como los acabados de piedra labrada e instalación de las compuertas principales, se realizó la apertura del río a través de las estructuras, lo cual permite que se puedan ejecutar las obras de la margen izquierda.

En la Figura 46 de satélite; se puede observar que el agua del río pasa por las estructuras principales, canales de aproximación, aliviadero de compuertas y poza de disipación; mientras se construyen las obras de la margen izquierda.



Figura 46: Vista General Bocatoma

Fuente: Google Earth

La Figura 47, muestra como por vez primera, el río atraviesa las estructuras; la apoza de disipación que se encontraba ya sin los equipos de bombeo fue inundada por un agua clara, mientras el río presenta mayor turbidez.

Previo al desvío del río para su ingreso por las estructuras, se realizó una limpieza de del cauce, además de una profundización con la finalidad de obtener la mayor área posible y así conseguir bajar la velocidad del flujo.

Los trabajos se realizaron con equipo pesado de excavación y acarreo de material.



Figura 47: Ingreso del Flujo del Rio por Primera vez

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

F. Obras de concreto – 2da Fase

Estas obras están compuestas principalmente por el aliviadero fijo y la presa no vertedora; el aliviadero fijo se construyó luego del desvío del río hacia las estructuras del barraje móvil.

El objetivo de estas obras es definir el nivel máximo de embalse y posibilitar una descarga segura en caso de máximos caudales mediante estructuras de concreto armado, no necesitando equipos electromecánicos para su funcionamiento.

Para estas obras que fueron más superficiales, no fue necesaria la instalación de sistemas de achique ni de bombeo, contando únicamente con pequeños canales para la descarga del agua proveniente de la napa freática.

La particularidad del aliviadero fijo es la construcción de dados disipadores de energía conectados estructuralmente con la losa inclinada del vertedero.

La Figura 48 muestra los muros aguas arriba y aguas debajo del barraje fijo. El proceso para la construcción de estas estructuras fue similar al del resto de la obra, pero a menor escala; se realizó en un plazo mucho menor al no tener

complicaciones de agua y facilidad de acceso, además de la geometría simple que presentaban.

La misma Figura 48, muestra que por la facilidad de acceso el responsable de producción decidió que se ejecuten trabajos en paralelo, por una parte encofrado, por otra el armado de acero de losa y muros.



Figura 48: Muros de Aliviadero Fijo

Fuente: Registro Fotográfico de Obra

Una vez que las estructuras habían sido completamente vaciadas, se continuó con el relleno de estructuras para el vaciado de la losa inclinada que es por donde fluiría el agua del río.

En la figura 49, se observa cómo se elaboraba el encofrado de la losa inclinada; de manera posterior a la colocación de un solado y el armado del acero de refuerzo.

El proceso de vaciado tuvo que ser acompañado de cerca, puesto que el concreto debía llegar con un slump bien definido; de ser muy fluido era imposible aplicarlo porque la mezcla se extendía muy rápidamente; por el contrario, si presentaba mucha consistencia era de difícil bombeo.

El responsable de producción seleccionaba los mixers que se aplicarían en el vaciado y marcaba las pausas y continuaciones del proceso.

Algunos concretos que se solicitaban entre 2" y 3" llegaban con 4" o 5" para lo cual el responsable de producción indicaba para que se mantenga la mezcla en el mixer y se esperara que el efecto de los aditivos se empiece a perder, siempre dentro del tiempo máximo indicado en normas y recomendaciones del proveedor de concreto.

El vaciado se realizaba en capas de entre 0.20m y 0.30m de ancho, siendo el vibrado con agujas de hasta 2" cuyo radio de acción no llegara al concreto que ya estaba consolidado.

Se tuvo especial cuidado en la colocación del acero de los dados disipadores, ya que estos se ejecutarían en una segunda etapa.



Figura 49: Losas de Aliviadero Fijo
Fuente: Registro Fotográfico de Obra

Luego de el vaciado y curado de la losa (ver Figura 49), se procedió a la construcción de los dados disipadores de concreto. Los arranques de acero previamente embebidos se limpiaron, se terminaron de armar y se encofraron. La Figura 50 muestra un paño encofrado y vaciado y un paño más alejado en armado de acero.

En todo momento se tiene especial cuidado con la geometría, utilizando equipos de topografía para marcar todos los elementos.



Figura 50: Encofrado de dados de disipación en Aliviadero Fijo
Fuente: Registro Fotográfico de Obra

Próximo al término de la ejecución de las obras hidráulicas propias de la Bocatoma Huachipa, una de las últimas estructuras fue la presa no vertedora que estuvo compuesta de,

Finalmente se ejecutó el muro que separa la el barrage fijo de los dados disipadores con la presa no vertedora. El proceso para este elemento fue similar, con unos 40m de largo, la parte aguas arriba presentaba una curva pronunciada que servía como conductor de agua hacia el barrage fijo.

En la Figura 51 el muro ya está culminado, además de los trabajos de enrocado aguas arriba y aguas abajo.



Figura 51: Vista General de Aliviadero Fijo Finalizado
Fuente: Registro Fotográfico de Obra

CONCLUSIONES

- a) Los desvíos del río, en ambas fases, fueron programados en temporada de estiaje facilitando el trabajo del equipo pesado, dichas obras temporales cumplieron su función principal de protección a las áreas donde se ejecutarían las obras definitivas.
- b) Los trabajos de movimiento de tierras fueron separados en tres servicios, excavaciones, rellenos y enrocados. Dada la restricción de área, permanente saturación de los suelos, tipo de material para rellenos filtrantes y dimensiones de elementos del enrocado; tuvieron que aplicarse soluciones en campo que permitieron realizar los trabajos con seguridad y eficiencia.
- c) Las obras de concreto para las estructuras hidráulicas correspondientes a la primera fase fueron las de mayor complejidad. Las extensiones, ubicación y altura de los elementos de concreto sumados a su posición y cercanía respecto a la cota del tirante hidráulico del río Rímac dificultaron el suministro de insumos y la aplicación de los mismos; no obstante, con un adecuado programa y seguimiento se consiguió implantar con éxito todos los muros y losas que conforman la estructura del barraje móvil y captación de agua.
- d) Las obras de concreto de la segunda fase presentaron menos desafíos de construcción, completándolas rápidamente una vez que el flujo del río fue desviado hacia las estructuras ya construidas.
- e) Las obras de acabados referidas específicamente a los enchapes de piedra labrada fueron ejecutados de acuerdo a los planos y especificaciones técnicas, brindando una protección al concreto estructural y sirviendo de elemento o pieza de recambio durante los eventuales mantenimientos.

RECOMENDACIONES

- a) Al ser un proyecto EPC que permitió al Contratista la ejecución mediante un fast track, los planos muchas veces tenían defectos que solo se percibían en el ámbito de la construcción, generando retrasos en obra que pudieron evitarse al poner un filtro que los revisara a detalle antes de lanzarlos a obra.

- b) Para los trabajos de desvió de río que contemplen movimientos de tierra en el mismo cauce, se debe contar con operadores de equipo pesado con experiencia en trabajos en zonas parcialmente sumergidas y/o con caudal de agua.

- c) Para los trabajos de encofrado de elementos de concreto de tamaño considerable, es una mejor opción optar por el alquiler o compra de encofrados modulares con perfiles metálicos, con los que se puede garantizar una uniformidad de acabado y además evitar rompimientos de encofrados durante los procesos de vaciado.

- d) Para estructuras hidráulicas es necesaria la participación de un Topógrafo con trayectoria en obras de concreto. Este tipo de obras no admiten tolerancias muy holgadas ya que hay que respetar niveles y radios indicados en planos.

- e) Debe existir especial cuidado durante el traslado y colocación de los enchapes de piedra labrada; al ser elementos paralelepípedos la sujeción de estos es difícil y representa un riesgo. Los elementos deben ser trasladados por medios mecánicos.

ANEXOS

Anexo 1: Instructivos de Trabajo

Anexo 2:
Planos