

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil



“PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO - CHILLON”

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO CIVIL

MIGUEL AUGUSTO RIOS ZARZOSA

Lima - Perú

2007

CONTENIDO

INTRODUCCION	4
CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO	
1.10 GENERALIDADES	5
CAPITULO II: MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO	
2.10 GENERALIDADES	8
2.11 NOMBRE	8
2.12 UBICACIÓN	8
2.13 OBJETIVO	8
2.14 IMPORTANCIA	8
2.20 DESCRIPCION	8
2.30 PLAN DE EJECUCION	22
CAPITULO III: PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	
3.10 GENERALIDADES	23
3.11 CONCEPCION GENERAL DEL PROYECTO Y DEL TEMA	23
3.12 MATERIALES UTILIZADOS EN OBRA	24
A. EN LA OBRA DE CAPTACION	24
B. PARA LA LINEA DE CONDUCCION	35
C. EN EL RESERVORIO DE COMPENSACION	38
3.20 OBRAS DE CAPTACION - BOCATOMA	43
3.21 OBRAS PROVISIONALES	45
3.22 TRABAJOS PRELIMINARES	48
3.23 MOVIMIENTO DE TIERRAS	57
3.24 LINEA DE CONDUCCION	70
3.25 OBRAS DE CONCRETO	70
3.25 E.1a CONCRETO SIMPLE	71
3.25 E.1b CONCRETO ARMADO	75
3.25 E.2 ENCOFRADOS	87
3.25 E.3 ARMADURA	93
3.26 VARIOS: Compuertas, defensa ribereña	97

3.30	LINEA DE CONDUCCION: Bocatoma - Planta Potabilizadora	104
3.31	OBRAS PROVISIONALES	107
3.32	TRABAJOS PRELIMINARES	107
3.33	MOVIMIENTO DE TIERRAS	109
3.34	LINEA DE CONDUCCION	120
3.40.	RESERVORIO DE COMPENSACION	129
3.41	OBRAS PROVISIONALES	134
3.42	TRABAJOS PRELIMINARES	136
3.43	MOVIMIENTO DE TIERRAS	139
3.43	C.1 EXCAVACION MASIVA EN MATERIAL SUELTO	141
3.43	C.2 EXCAVACION EN ROCA SUELTA	143
3.43	C.4 PREPARACION DE LA CAMA PARA LAS TUBERIAS	144
3.43	C.5 RELLENO CON MATERIAL PROPIO, Y	
3.43	C.5 RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	145
3.43	C.7 NIVELACION, RIEGO y COMPACTADO	148
3.43	C.8 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	152
3.44	LINEA DE CONDUCCION	152
3.44	D.1 SUMINISTRO Y COLOCACION DE LA TUBERIA	152
3.45	OBRAS DE CONCRETO	154
3.45	E.1a CONCRETO SIMPLE	154
3.45	E.2a CONCRETO ARMADO	156
3.45	E.2b ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, Y	
3.45	E.2c ARMADURA	156
3.45	VARIOS	163
3.47	PAVIMENTACION ASFALTICA	176
	CONCLUSIONES	183
	RECOMENDACIONES	186
	BIBLIOGRAFIA	187

INTRODUCCION

En vista de la escasez de agua que viene sufriendo la Ciudad de Lima, debido al crecimiento poblacional, SEDAPAL está ejecutando diversos proyectos para lograr incrementar las aguas, siendo una de éstas el proyecto de la Planta de Tratamiento del Río Chillón, aprovechando sus aguas subterráneas y superficiales de la cuenca.

El proyecto "Planta de Tratamiento Chillón", comprende las obras del aprovechamiento de las aguas subterráneas por medio del equipamiento de 28 pozos profundos; y, de las aguas superficiales con la ejecución de obras de captación, la línea de conducción, las obras de almacenamiento, la planta potabilizadora, reservorio de regulación y las dos pozas de secado de lodos.

El presente Informe, muestra los procedimientos constructivos utilizados para la construcción de la planta en mención, centrándose sólo en las obras de captación (bocatoma) constituido por un barrage en el río y las obras de toma al margen izquierdo del mismo, la línea de conducción de agua cruda desde la bocatoma a la planta potabilizadora y al reservorio de compensación de agua cruda ubicada aguas arriba de la planta potabilizadora.

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO

1.10 GENERALIDADES

1.11 El Consorcio Agua Azul, mediante la firma del Contrato de Concesión el 07 de abril de 2000, asumió el compromiso para la desarrollo del diseño definitivo del proyecto, su construcción, reparación, mantenimiento y operación de la Planta de Tratamiento Chillón, durante 27 años, así como de la Prestación del Servicio a SEDAPAL. El Consorcio gozará del aprovechamiento económico y del derecho de uso de aguas superficiales y subterráneas del río Chillón, con el propósito de producir agua potable para su venta en bloque a SEDAPAL, quien es la entidad responsable de la distribución y comercialización hacia los distritos beneficiados. Una vez cumplida la vigencia de la Concesión, toda la infraestructura será transferida al Estado.



FOTO 01.- Ingreso a la Planta de Tratamiento ubicado en Carabayllo, Km 27 de la carretera Lima – Canta, donde se observa la Pileta con el símbolo del Consorcio ejecutor de la obra.

1.12 el diseño definitivo del proyecto y su ejecución, Comprendió las siguientes etapas:

I Etapa.- Se desarrolló desde mayo del 2000 al 16 de mayo de 2001, permitió la interconexión del sistema de agua con la línea matriz Atarjea – Comas. El 13 de junio de 2001, el Consorcio Agua Azul S.A. inició la operación del Sistema de Pozos, mediante la entrega de agua potable para el abastecimiento de los distritos de Comas y Carabayllo.

Se han equipado baterías de 28 pozos profundos para extracción de agua subterránea a 1,2 m³/seg, de los cuales 15 poseen equipo de cloración propio y 13 no, por lo que son clorados en el mismo reservorio. Se tendieron 21.3 Km. tuberías de impulsión, conducción y distribución de agua potable; se construyó una línea de transmisión eléctrica en 10 Kv. de 15.0 km. de longitud para el abastecimiento de energía.

En esta Etapa, se adelantó la construcción del edificio principal para la administración y laboratorio, casa de cloración, caseta de bombas, sub-estación y generador, así como las instalaciones necesarias para el control remoto de la operación de los pozos desde la sala de control, el que se encuentra integrado al sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) y permite la automatización y control de cada pozo mediante la transmisión de datos.

Concluida esta etapa, se entregó a SEDAPAL el Sistema de Interconexión, a partir de la salida de la Cámara de Macromedición, para su debida reparación, conservación, mantenimiento y operación.

Con la puesta en marcha de la operación del Sistema del Proyecto para el "Aprovechamiento Optimo de las Aguas Superficiales y Subterráneas del Río Chillón", 800 mil peruanos se beneficiarán con el resultado del primer Proyecto otorgado en concesión por el Estado Peruano al sector privado, con la construcción de la infraestructura necesaria para el mejoramiento de un servicio tan vital como es el agua.

II Etapa.- Iniciada el 17 mayo de 2001 e inaugurada el 27 de mayo del 2002, comprendió la construcción de: una Planta de Tratamiento de Agua, se concluyó la implementación Potable de 2.5 m³/seg de capacidad con posibilidad de ampliación a 5 m³/seg; una estructura de derivación hacia una bocatoma en el río Chillón de 5 m³/seg con previsiones de expansión hasta 10 m³/seg; un reservorio de compensación con capacidad de almacenamiento de 200,000 m³; dos reservorios de regulación de 7,000 m³ de capacidad cada uno; 34.8 Km. de tendido de tuberías de conducción y distribución de agua potable incluyendo derivaciones y empalmes; y, seis reservorios de almacenamiento local con capacidad de 9,000 m³. Además,

un sistema que permitirá la recuperación de la napa freática mediante lechos de infiltración.

En esta etapa del sistema SCADA, el mismo que permite el control y monitoreo de los puntos más importantes del sistema, así como la lectura instantánea de datos a través del enlace entre los centros de control Chillón – Atarjea – Comas. Al término de esta etapa, se hará entrega a SEDAPAL del Sistema de Interconexión, a partir de la salida de la Cámara de Macromedición de la línea Huacoy – Ancón, para la atención fijada en el Contrato de Concesión.

1.13 Actualmente, con el término de las obras, se está ampliando la capacidad de abastecimiento de agua potable hacia los distritos de Ventanilla, Puente Piedra, Santa Rosa y Ancón, los que suman una población de aproximadamente 800,000 habitantes del Cono Norte de Lima, equivalente al 12% de la población de Lima.



Gráfico 01.- Se observa la ubicación en el Cono Norte de Lima, de los pozos por captación de las aguas subterráneas y la planta de tratamiento por captación de las aguas superficiales del río Chillón, para la ejecución del proyecto.

CAPITULO II: MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

2.10 GENERALIDADES

2.11 NOMBRE.- El proyecto se denomina: “Planta de Tratamiento Chillón” .

2.12 UBICACION.- El área del proyecto está ubicado en el Cono Norte, al Nor Este y Norte de la Ciudad de Lima, Capital de la República del Perú; comprendiendo extensiones de los distritos metropolitanos de Carabayllo, Comas, Puente Piedra y Ancón.

2.13 OBJETIVO.- El objetivo del presente proyecto es aprovechar los recursos de aguas cruda del Río Chillón y transformarlos en agua potabilizada en beneficio de los habitantes del Cono Norte de Lima.

2.14 IMPORTANCIA.- La importancia del proyecto Chillón radica, en la ejecución de la infraestructura necesaria en dos años, su reparación, operación y mantenimiento durante 25 años la cual cumplido dicho plazo se transferirá al Estado. De acuerdo al Contrato de Prestación de Servicios firmado con SEDAPAL, el volumen de agua producido por estas instalaciones será entregado a ellos, quienes tendrán la responsabilidad de su distribución y comercialización. Al finalizar la concesión, los activos se incorporarán a SEDAPAL.

Entre los meses de Mayo a Noviembre se distribuirán 1.0 m³/s y de Diciembre a Abril 2.0 m³/s.

2.20 DESCRIPCION

El proyecto comprende las siguientes obras:

a.- Obras de Captación del agua cruda, denominada también Bocatoma, tiene las siguientes partes:

- i. El barraje, de tipo fijo en el río Chillón, dimensionada para una avenida máxima de 420 m³/s, y
- ii. La obra de toma lateral, ubicada en la margen izquierda del río Chillón, construida para una capacidad de 5 m³/s que se podrá ampliar a 10 m³/s, y a su vez comprende:
 - **Un doble canal de limpia**, que permite la eliminación del material sólido que se acumula a la entrada de la obra de toma.

- **Un desarenador**, constituido por dos canales de sedimentación, que permite la eliminación del material sólido de tamaño superior a 0,3 mm, y
- **Una cámara de carga**, de donde sale la línea de conducción al reservorio de compensación.



Foto 02.- La función de la Bocatoma es elevar el nivel de las aguas del río, para permitir su captación mediante una obra de toma lateral y luego conducir el agua cruda hacia la Planta de Tratamiento.

b.- Línea de Conducción del agua cruda, desde la bocatoma hasta la planta potabilizadora, con una longitud de 1,500 m, de una tubería de concreto armado pretensado de 1,400 mm de diámetro, que transporta un caudal de $4 \text{ m}^3/\text{s}$, en consideración de las cotas existentes. Poco antes de llegar al reservorio de compensación, se construyó una cámara de by pass, para conectar directamente la obra de toma a la planta potabilizadora, sin pasar por el reservorio.

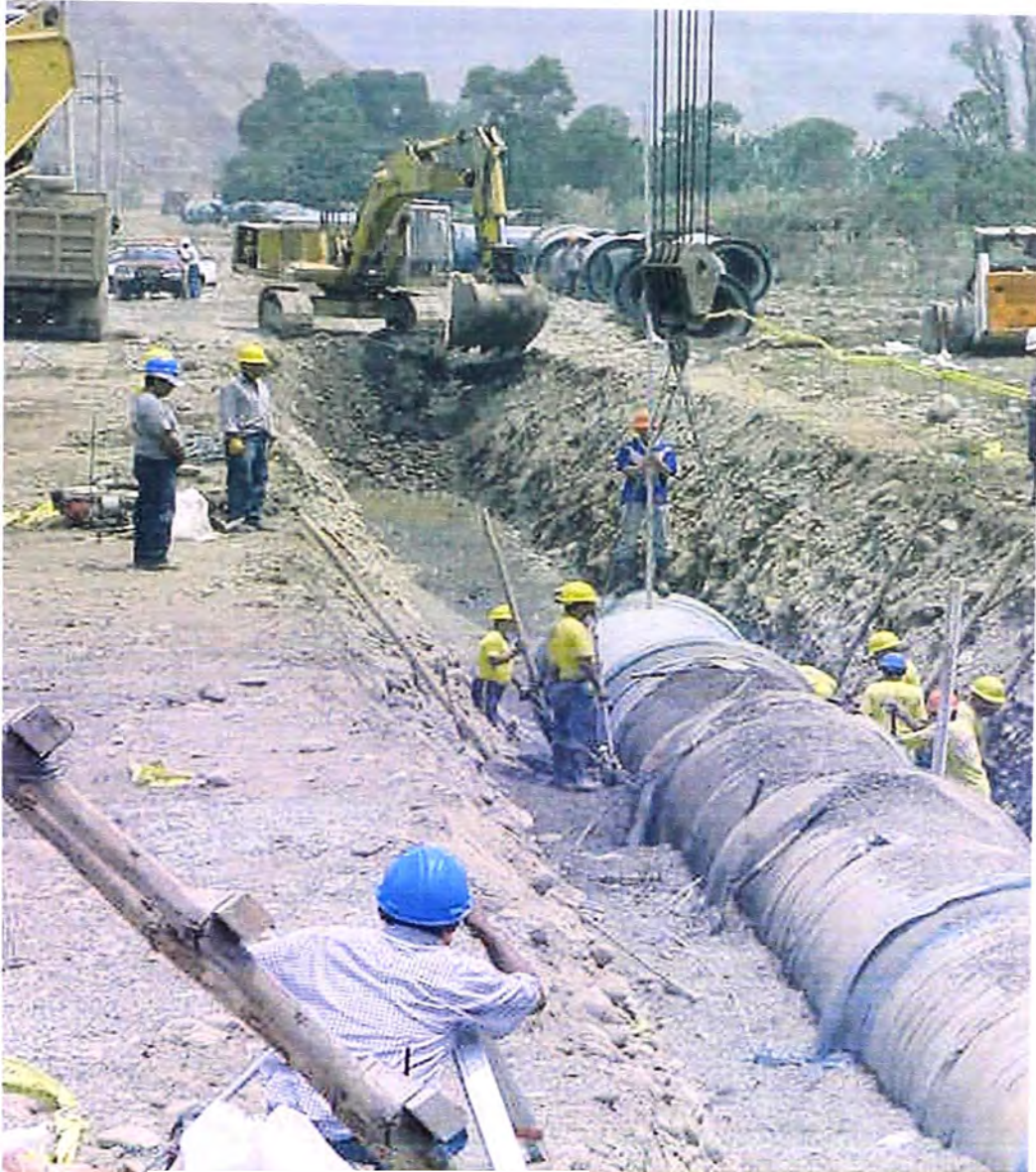


FOTO 03.- Línea de conducción, desde la bocatoma al reservorio de compensación, con tuberías de concreto armado CAP de diámetro de 1400 mm.

c.- De Almacenamiento del agua cruda, constituido por el Reservorio de Compensación, ubicado aguas arriba de la planta potabilizadora, tiene una capacidad de 200.000 m^3 y está constituido por **dos tanques contiguos**, que son operados separadamente, donde se realiza todas las actividades de mantenimiento aún en el periodo de derivación del agua.

La doble obra de salida del reservorio tiene una estructura con pozo y toma a dos niveles. La descarga se realiza por el fondo y por rebose: el conducto de drenaje atraviesa el relleno, el plano de apoyo del conducto está poco debajo del plano de apoyo del relleno. Afuera del reservorio, las tuberías de descarga de los dos tanques se conectan y

se dirigen hacia un pozo separador. Mediante dicho pozo las aguas de rebose son enviadas al dren general, mientras que las aguas de la descarga de fondo de los tanques se envían a la poza de lodos.



FOTO 04.- El Reservorio de Compensación, cumple los siguientes objetivos: almacenamiento de agua cruda, sedimentación de arena y finos, reducción de carga bacteriana y aplicación de polielectrolito.

d.- La Planta Potabilizadora, ha sido construida para un caudal de 2.5 m³/s con posibilidades de ampliación en una siguiente etapa hasta 5 m³/s.

La cota representativa de la Planta de Tratamiento del Río Chillón está a 321.00 m s.n.m. dando posibilidades a dominar una importante área de Lima Norte de la Ciudad.

La concepción del anteproyecto de la Planta es que ésta sea compacta, eficiente y de mínimos costos de operación.

Las obras requeridas, para realizar el proceso tecnológico de potabilización del agua cruda proveniente del Río Chillón a través del reservorio de compensación, es como a continuación se indica:

- **Obra de entrega de agua cruda**; con una cámara donde desemboca la tubería de llegada del reservorio de compensación y donde está instalada una válvula automática motorizada de aguja para regulación y control del caudal de entrada.
- **Unidad de mezcla rápida de coagulantes**; obra de entrega que alimentará seis canales en paralelo, cada uno equipado con un

sistema tipo Parshall, con tubos para el suministro de los químicos donde se dosifican normalmente, los siguientes productos químicos: la solución de sulfato de aluminio como coagulante y la solución de polielectrolito como ayudante de coagulación, complementado con el equipo para la medición y transmisión de la señal a la unidad SCADA. Y, la dosificación del ácido clorhídrico se realiza en el pozo que se encuentra antes del canal de alimentación de los seis canales Parshall, para controlar el pH alto en el agua cruda.

La mezcla del coagulante se hace aprovechando el resalto hidráulico en los canales "Parshall" sin auxilio de agitadores mecánicos.



FOTO 05.- Se observa la Unidad de Mezcla Rápida de Coagulantes, que se hace aprovechando el resalto hidráulico en los canales "Parshall" sin auxilio de agitadores mecánicos, la unidad es equipada con 6 canales de este tipo que tienen un gradiente de velocidad de 1.5 s^{-1} y un tiempo de mezcla de aproximadamente de 3 s.

- **Unidades de floculación hidráulica;** consta de tres unidades en paralelo, dividida en dos tanques rectangulares de $5.80 \times 28.60 \text{ m}$ cada unidad. La cual cuentan con tres secciones que tienen gradientes decrecientes para asegurar la mejor calidad de los grumos o flóculos.

El agua ingresa a la unidad o canal por un vertedero, y corre por el canal pasando, alternativamente, por encima de una pantalla transversal apoyada sobre el fondo del canal, y luego, por una

ventana formada por el borde inferior de la pantalla siguiente a una cierta distancia del fondo, de esta manera se forma un flujo vertical que baja en un compartimento y sube en el siguiente. El volumen útil de cada canal es de 440 m³ y el total de floculación de 2,650 m³.

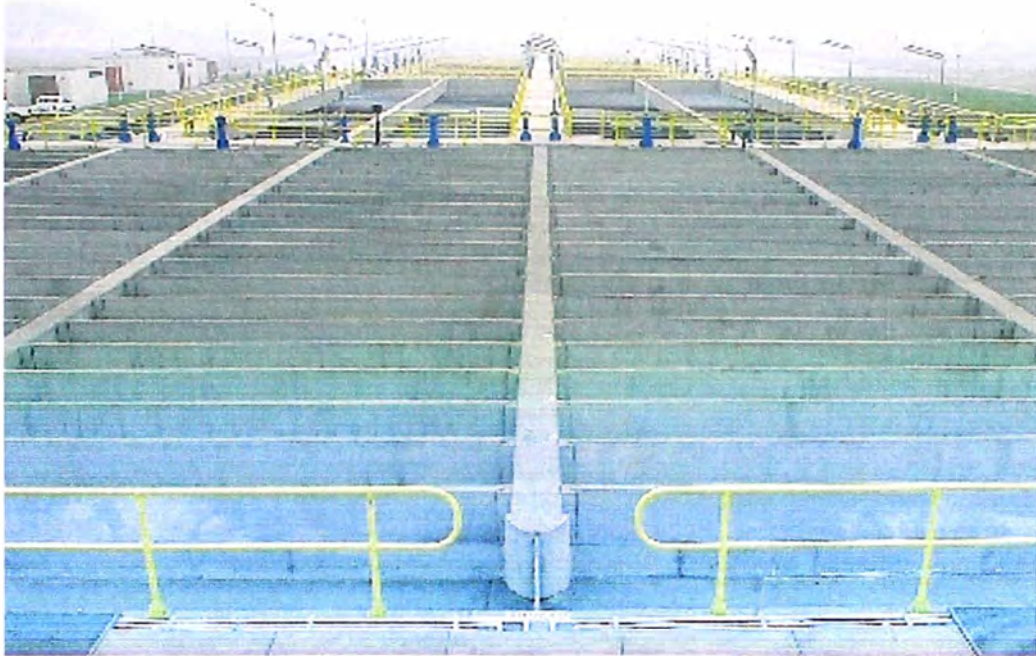


FOTO 06.- El flujo ingresa a las unidades de floculación hidráulica a través de un vertedero, con un flujo tipo carrusel a través de pantallas verticales.

- **Sedimentadores laminares de placas;** constan de tres unidades en paralelo, con flujo ascendente a través de placas separadoras, cada unidad de sedimentación laminar cuenta con dos secciones paralelas (naves) de placas inclinadas, está dividida en dos tanques de decantación rectangulares, separados por medio de un canal central abierto, de entrada y salida, donde se vierte el agua.

La longitud de cada nave es de 40.00 m, su ancho de 5.00 m y su capacidad hidráulica es de 417 m³. La placas están inclinadas a 60 grados y son de polipropileno.

Cada nave tiene 16 tolvas de recolección de lodos con tuberías de salida y válvulas automáticas de drenaje de los mismos lodos

El tiempo de drenaje de las tolvas es automatizado a través del Sistema SCADA.



FOTO 07.- Sedimentadores laminares de placas, donde cada sedimentador cuenta con dos secciones paralelas (nave) de placas inclinadas, separadas por un canal a dos niveles: el inferior que alimenta los sedimentadores y el superior donde se vierte el agua clorificada.

- **Filtros de gravedad** (autolavables); sistema que permite la regulación del ciclo de retrolavado de los lechos de filtros de arena manteniendo un tirante de agua filtrada en el canal aguas abajo de los mismos filtros, suficiente para la operación de lavado a una velocidad apropiada, que garantiza constantemente un efluente cuya calidad cumple con los estándares más estrictos. Constan de 16 unidades de filtración distribuidas en dos filas paralelas, cada unidad tiene medidas de 7.30 x 10.50 m. El filtro contará con arena seleccionada y el lavado se efectuará por gravedad aprovechando el desnivel con otros filtros.

Los filtros son de taza declinante, es decir que cuentan siempre con un nivel hidrico constante y no existe desconexión hidráulica entre el nivel del agua en el filtro y el del canal de salida.

En condición de retrolavado el nivel del agua disponible alrededor del filtro a lavar tiene la presión suficiente para permitir la abertura de los granos de la arena y quitarle los lodos atrapados.



FOTO 08.- Filtros de gravedad, en el marco de la utilización de la energía del agua, para el proceso de retrolavado se ha diseñado un sistema de filtración que no requiere equipo mecánico.

- **Edificio de químicos;** estación para almacenamiento y dosificación de insumos que consta de tres partes, la central cuya dimensión es de 8.0 x 12.0 m, donde se ha instalado los tanques de mezcla y/o las bombas de los productos químicos y el equipo de polielectrolito, y los dos laterales adjunto a la estación central se encuentran también techadas para el almacenamiento de los químicos: sulfato de aluminio y ácido clorhídrico, cuyas dimensiones son 20.0 x 8.00 m y 4.0 x 8.0 m respectivamente.

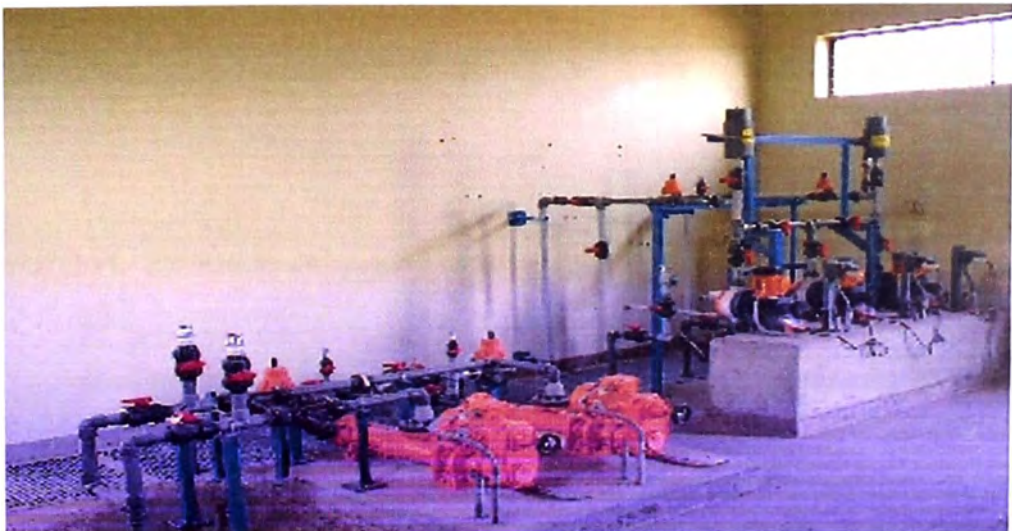


FOTO 09.- Estación de químicos parte central, donde se observa interiormente las bombas de los productos químicos.

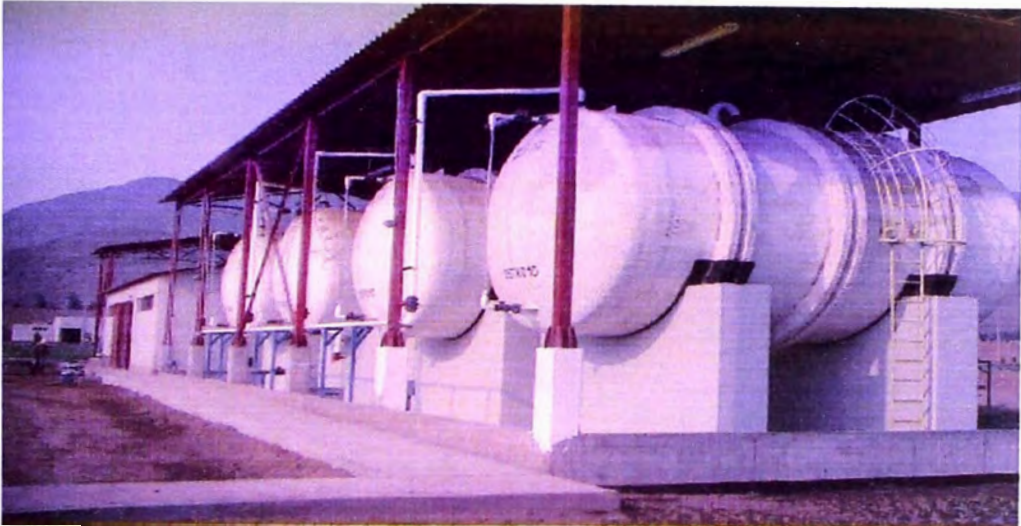


FOTO 10.- Estación de químicos parte lateral, donde se observa un ala lateral para el almacenamiento del sulfato de aluminio.

- **Edificio de cloración** (pre y post cloración); caseta rectangular de 8.90 x 18.50 m en el cual se almacenan los tanques de cloro de 1 ton. La estación cuenta con una viga carrilera con grúa y está equipado con cloradores, bombas tipo booster y sistemas de seguridad para la protección contra fugas.



FOTO 11.- Edificio de cloración, donde se observa la caseta, almacén del cloro.

El proceso de tratamiento prevé tanto la precloración como la postcloración para la desinfección del agua. La **Precloración** se hace al ingreso del reservorio de compensación, a la entrada de los canales Parshall y a la entrada de los sedimentadores; y, la **Postcloración** se hace al final del proceso poniendo una dosis de cloro entre 0.8 y 1.4 mg/l.

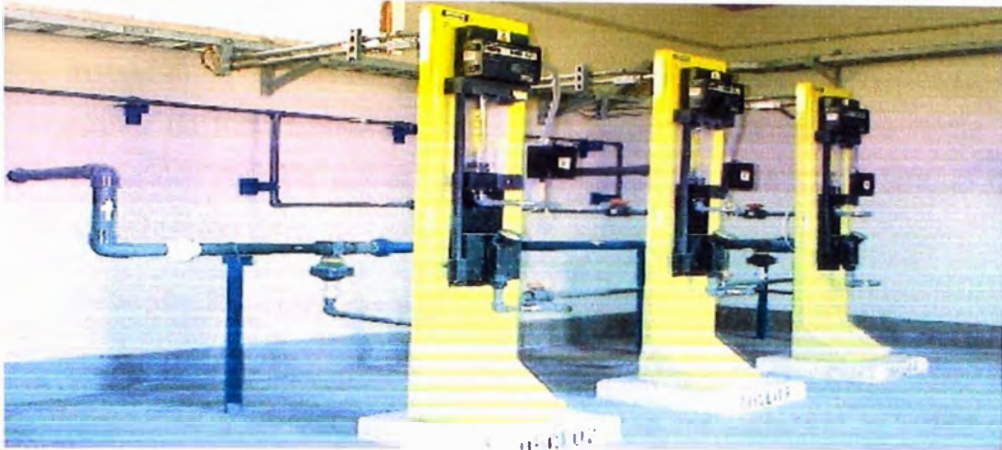


FOTO 12.- Interior del edificio de cloración, se observa los equipos cloradores.

- **Tanque de re-circulación de aguas de lavado de los filtros;** Tanque de recolección y recirculación de agua de lavado de filtros de alta turbiedad de 1,000 m³ de capacidad, de dimensión rectangular de 12.0 x 24.0 m. dividido en dos cámaras iguales. El tanque se completa con un pozo húmedo enlazado para la instalación de las bombas de re-circulación del agua.
- **Pozas de secado de lodos;** son dos pozas paralelas con capacidad de 40,000 m³ c/u, impermeabilizadas, donde los lodos producidos por el proceso de tratamiento se almacenan en dichas pozas y se distribuyen en toda la longitud de cada poza mediante un canal de concreto abierto y decantan en el fondo de la laguna. El líquido, que tiene más del 90% de humedad, puede ser reciclado por medio de una bomba de recirculación.



FOTO 13.- Pozas o lagunas de secado de lodos, donde los lodos producidos por el proceso de tratamiento decantan en el fondo de la laguna.

- **Caseta de bombeo;** edificio rectangular de 5.50 x 4.00 m donde se instaló dos bombas con grupo hidroneumático para los servicios de la planta de tratamiento y dos para la alimentación del agua hacia la cloración. Al lado del edificio se construirá un pequeño tanque de alimentación para las bombas.
- **Subestación eléctrica y generador**

La Sub estación eléctrica está ubicada frente a los Filtros de Gravedad y es del tipo caseta, donde se ha instalado la celda de llegada y el transformador de potencia.

Comprende además de un generador de emergencia para asegurar la alimentación eléctrica de las secciones más importantes de la planta en caso de corte de suministro de energía eléctrica de la red.

La red de alimentación comprende desde el poste 83-A37 de la línea de distribución 10 KV a dicha caseta.

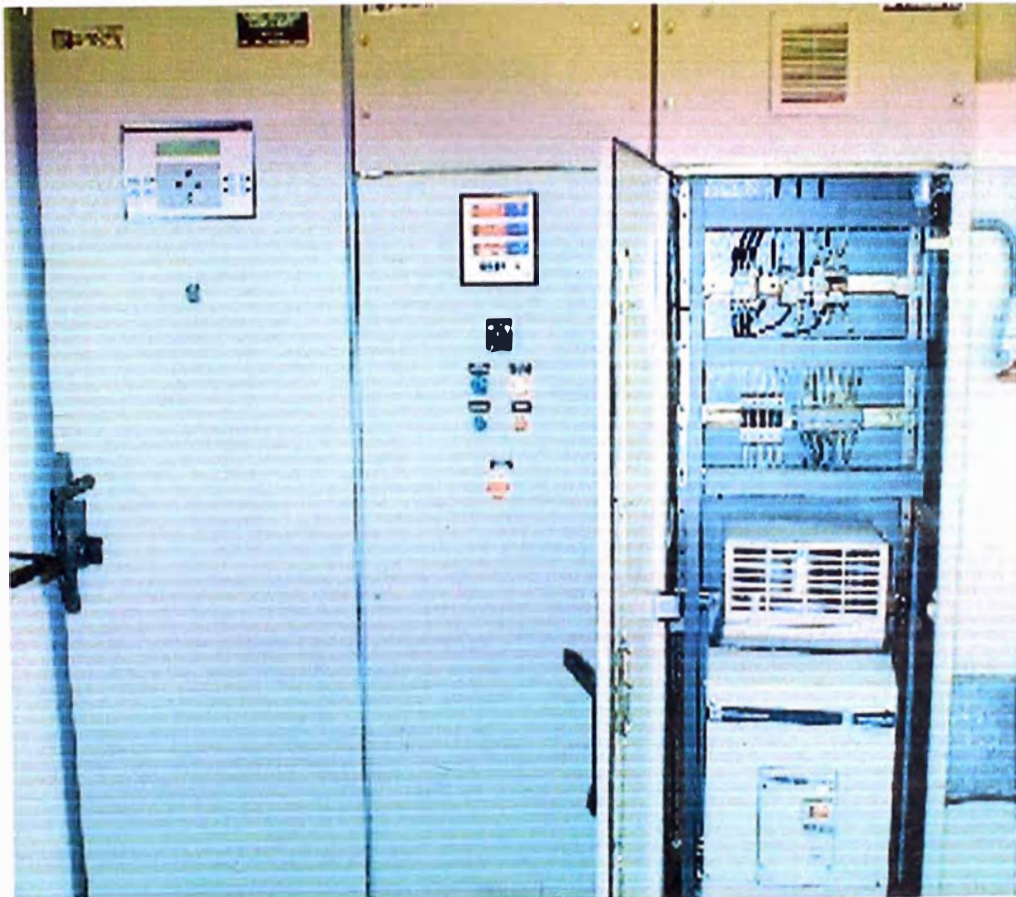


FOTO 14.- Sub estación eléctrica, donde se ubica la Celda de Llegada y el Transformador de potencia.

- **Sistema SCADA;** instalación de toda la instrumentación y los equipos para el control y adquisición de información de la planta potabilizadora.

SCADA: "Supervisory Control And Data Acquisition", es un sistema de arquitectura abierta, diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de procesos y capaz de lograr una comunicación transparente y confiable con los diversos dispositivos instalados en campo como actuadores, instrumentación, PLC's, etc., proporcionando esta información al Operador de la Planta y al resto de la empresa de tal manera que se efectúan tareas de supervisión y gestión de alarmas, tratamiento de datos y control de procesos en tiempo real, optimizando los recursos y mejorando la calidad del producto final.

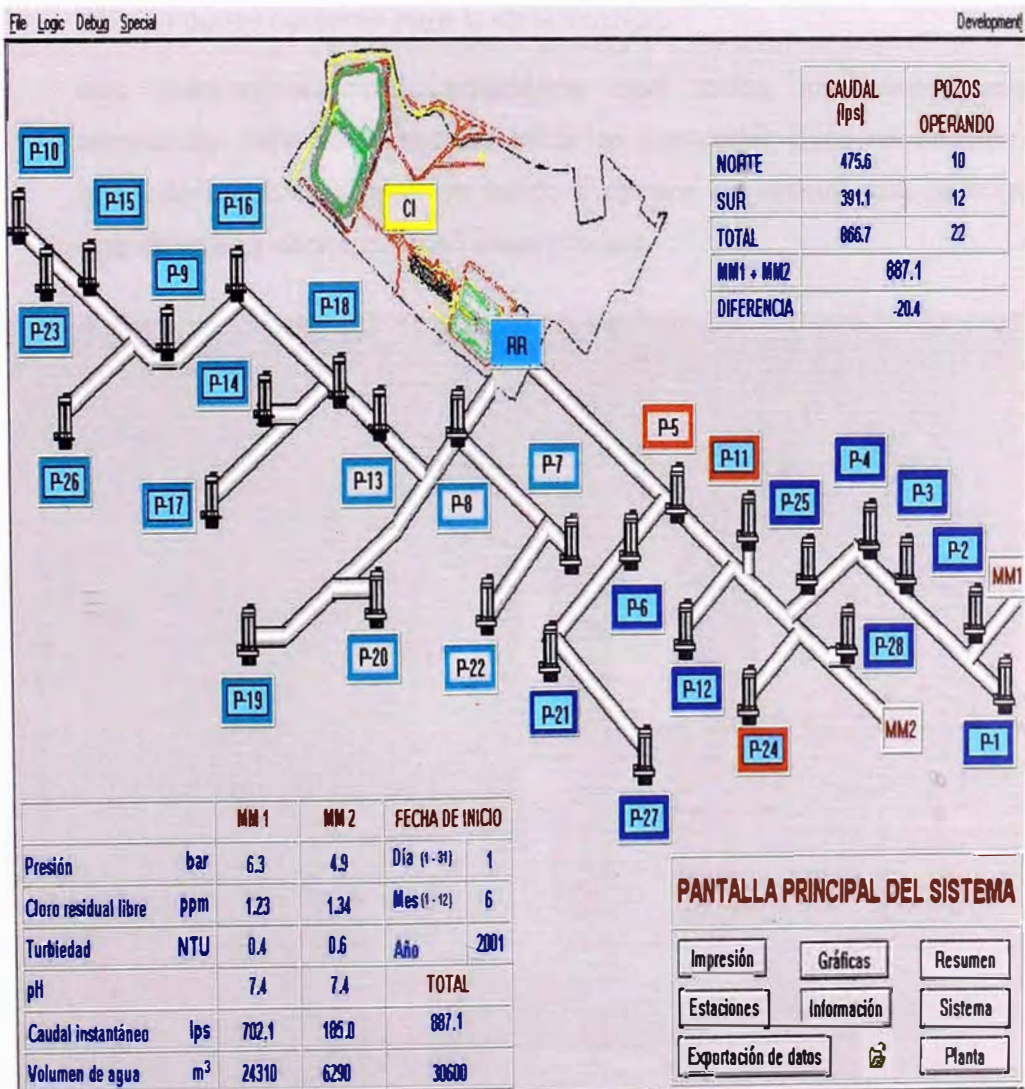


FIG. 02.- Pantalla Principal del Sistema SCADA, que comprende la planta por captación de aguas superficiales y los pozos por captación de aguas subterráneas.

e.- Reservorios de Regulación

Los reservorios de regulación representa una capacidad de almacenamiento de 7,000 m³ c/u de los dos, disponible en la operación del sistema para seguir abasteciendo la línea de conducción en caso de puesta fuera de servicio del sistema de producción, y tiene un "by pass" que enlaza la obra de entrada con la tubería de salida.

Los reservorios garantizan también, un tiempo de contacto suficiente agua-cloro para una buena desinfección del agua. En el interior del tanque presenta pantallas verticales que obligan al flujo de agua, a seguir un recorrido en sinuoso asegurando que no se produzcan eventuales cortos circuitos en el tanque con la consecuente reducción del tiempo de contacto para la desinfección.

Los reservorios están equipados con todos los dispositivos necesarios para su correcta y eficiente operación: boca de entrada, boca de toma, descarga de fondo y rebose superficial que permite una descarga de 2.5 m³/s en cada unidad.



FOTO 15.- Reservorio de Regulación, interior de uno de los reservorios para una capacidad de 7,000 m³.

2.30 PLAN DE EJECUCION

El Plan de Ejecución del proyecto, se programó para dos etapas:

I Etapa.- Se planificó para el primer año, principalmente la captación de las aguas subterráneas por medio de los pozos, de la siguiente manera:

- Equipamiento de una batería de 28 pozos profundos para extracción de agua subterránea a 1,2 m³/seg.
- Tendido de 21.3 Km de tuberías de impulsión, conducción y distribución de agua potable.
- Construcción de la línea de transmisión eléctrica de 15.0 Km en 10 Kv.
- Se adelantó la construcción del edificio principal para la administración y laboratorio, casa de cloración, caseta de bombas, sub-estación y generador, así como las instalaciones necesarias para el control remoto de la operación de los pozos desde la sala de control, el que se encuentra integrado al sistema SCADA.



FOTO 16.- Batería de pozos profundos, para la extracción de agua subterránea, y su transformación en agua potable hacia el Cono Norte de Lima.

II Etapa.- Se planificó para el segundo año, la ejecución de las obras de captación de las aguas superficiales, de la siguiente manera:

- Estructura de derivación de la bocatoma.
- Tendido 34.8 Km de tuberías conducción y distribución de a. p.
- Un reservorio de compensación de agua cruda.
- Una planta de tratamiento de agua potable.
- Dos reservorios de regulación.
- Seis reservorios de almacenamiento local.
- Un sistema de lechos de infiltración.
- Implementación del sistema SCADA.



FOTO 17.- Estructuras de Derivación de una bocatoma, para la captación de agua superficial.

En ambas etapas se ha implementado el sistema de Control y Monitoreo SCADA, el que permite enlazar Chillón - Atarjea - Comas.

CAPITULO III: PROCESO CONSTRUCTIVO

3.10 GENERALIDADES

3.11 CONCEPCION GENERAL DEL PROYECTO Y DEL TEMA

En la I Etapa del proyecto, se ejecutaron:

- a. Equipamiento de 28 pozos profundos.
- b. Tendido de 21.3 Kms de tuberías de impulsión, conducción y distribución.
- c. Construcción de una línea de transmisión eléctrica.

Asimismo, se adelantó:

- d. La construcción del edificio principal para la administración y laboratorio.
- e. Casa de cloración.
- f. Caseta de bombas.
- g. Sub estación y generador. Y,
- h. Las instalaciones necesarias del SCADA.

Y, en la II Etapa del proyecto, se ejecutaron:

- i. Las obras de captación:
 - El barraje, y
 - La obra de toma lateral, que consta de: un doble canal de limpia, un desarenador y una cámara de carga.
- j. Un reservorio de compensación.
- k. Una planta de tratamiento de agua potable.
- l. Dos reservorios de regulación.
- m. Tendido de 34.8 Km. de tuberías de conducción y distribución.
- m. Seis reservorios de almacenamiento local. Y,
- n. Un sistema de recuperación de la napa freática mediante lechos de infiltración.
- o. Cámaras de Macromedición.

En este Capítulo se circunscribirá solo las siguientes obras:

- a. La obra de captación.
- b. La línea de conducción de la bocatoma al reservorio de compensación. Y,
- c. El reservorio de compensación.

3.12 MATERIALES UTILIZADOS EN LA OBRA

A. MATERIALES UTILIZADOS EN LA OBRA DE CAPTACION

a. Cemento

Cemento Portland tipo I, que cumplen las Normas ASTM C-150 / C-595 y con la NTP 334.001 / 334.044.

Los concretos que se han empleado para la construcción de las estructuras en contacto con agua, se han fabricados con cemento puzolánico Portland tipo IPM, debido al ataque moderado de sulfatos sustentados con los Estudio No. M1456A de MyM del mes de Julio 2,000.

Cada remisión de cemento se ha almacenado separadamente y se usó las remesas en el orden en que se recepcionaban.

b. Agregados

Los agregados para concreto se han obtenido de una cantera aprobada por el Supervisor y la que cumplió con la granulometría y otros requerimientos de las normas del ASTM C33 y la NTP 400.037-1988.

El agregado fino fué arena natural limpia, de grano resistente y duro.

El agregado grueso fué grava, de grano compacto y de calidad dura, limpio, libre de polvo, materia orgánica, greda u otras sustancias perjudiciales.

Los agregados finos fueron al análisis de las impurezas orgánicas y otros contaminantes.

c. Agua

El agua empleada en la preparación y curado del concreto fue el agua del río y en algunos casos de los pozos.

Se utilizó agua limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias dañinas al concreto, acero de refuerzo o elementos embebidos.

Para el empleo del agua se realizaron los análisis respectivos obteniéndose resultados satisfactorios.

Con el agua del lugar que se utilizó en la preparación del concreto, se realizó el curado respectivo.

d. Madera

La madera usada fue resistente, liviana y de un peso específico y módulos de elasticidad alta, que aseguraron menos deformabilidad.

La madera usada estuvo libre de defectos, tales como: nudos: desviaciones de las fibras, rajaduras, alabeos, etc., que disminuyan la resistencia y que puedan aparecer en el concreto.

Toda madera fue protegida de la lluvia, humedad del suelo u otras situaciones que puedan producir pudrición, defectos del secado posterior (rajaduras, alabeos, etc.) u otros defectos que hagan el material inapropiado para la construcción.

La madera se usó en estado seco, de preferencia a un contenido de humedad igual o equivalente que el de servicio. Se tomó en cuenta los cambios de dimensiones de la sección, por contracción de madera, en caso de usarse madera a un contenido de humedad mayor. La madera muy seca absorbe parte de la humedad del concreto e hincharse, por lo que se usó madera secada al aire a un contenido de humedad de 15% a 18%.



FOTO 23.- **Madera**, se observa preparado para su ejecución en el montaje del encofrado en la estructura de las pantallas de los lechos de filtración.

Diseño y disposición del encofrado

En este acápite, se explica los requerimientos que cumplen los encofrados de madera para concreto de las siguientes estructuras: La Bocatoma, Lechos de Infiltración, Cruce de carretera, Estructura de entrada y salida del Reservorio de Compensación, Cámara de Válvulas y Mezcla Rápida, Floculación, Sedimentadores Laminares, Filtros, Pozo de Lodos, Pozas de Lavado de Filtro, Reservorio de Regulación, Edificio Administrativo y de Servicios, Cámaras de Bombeo de los Pozos, Cámaras para válvulas para: control de llenado de reservorios, reductoras de presión, sostenedoras de presión, cierre y derivación, Cámaras de medición, válvulas de aire y drenaje de tuberías, Cerco para casetas de bombeo de los pozos y Otras necesidades.

El Contratista fue responsable de la calidad y seguridad adecuada del encofrado para todas las estructuras de concreto que conforman la obra.

En encofrados para superficies externas, que están expuestas permanentemente, todas las juntas horizontales y verticales del encofrado están dispuestas de forma que las líneas de las juntas formen un patrón uniforme en la superficie del concreto. Cuando el Contratista propuso hacer el encofrado con paneles de encofrados fabricados a dimensiones tipo, el tamaño de dichos paneles fue aprobado por el Supervisor antes de ser usados en la construcción de las Obras.

Montaje del encofrado

Todo encofrado fue de construcción sólida, con un apoyo firme, adecuadamente apuntalado, arriostrado y amarrado para soportar la colocación y vibrado del concreto y los efectos de la intemperie. El encofrado no se amarró o apoyó en el refuerzo.

Las superficies del encofrado que estuvo en contacto con el concreto estuvo libres de materias extrañas adherentes, clavos y otros elementos salientes, hendiduras u otros defectos y todo encofrado está limpio y libre de agua empozada, suciedad, virutas, astillas, u otras materias extrañas. Las juntas son lo suficientemente

impermeables para evitar el escape de mortero o la formación de rebordes u otras imperfecciones en la superficie del concreto.

Se dejó aberturas para la inspección del interior del encofrado, para la eliminación del agua usada para limpieza y para la colocación del concreto, y se realizó de tal forma que fueron cerradas fácilmente antes o durante el vaciado del concreto. Antes de vaciar el concreto todos los pernos, tubería o ductos u otros elementos que van a estar empotrados, se fijaron en posición correcta.

Retiro del encofrado

El encofrado se diseñó de forma que permita su fácil retiro, sin tener que recurrir al martilleo o palanqueo contra la superficie del concreto. Los lapsos de tiempo entre la colocación del concreto y el retiro del encofrado estuvieron de acuerdo a lo aprobado por el Supervisor, después de haber considerado las probables cargas que se impuso en el concreto.

En ningún caso estos lapsos fueron menores a los períodos que se muestran en el siguiente Cuadro.

Tiempo mínimo para desencofrado (para concreto con cemento Portland tipo I)	
	Clima Normal
	Días
Lados de vigas, muros y columnas	1
Losas (manteniendo puntales)	4
Puntales para losas	10
Sófitos de las vigas (manteniendo los puntales)	7
Puntales para la vigas	14

Defectos en las superficies encofradas

La calidad de ejecución del encofrado y el vaciado de concreto fue tal que el concreto no necesitó normalmente de ninguna rectificación, quedando las superficies perfectamente compactadas y lisas.

Cualquier pequeña imperfección superficial se reparó a satisfacción del Supervisor inmediatamente después del retiro del encofrado.

e. **Concreto Pre-Mezclado**

Todo el concreto a usarse en la obra será de tipo concreto premezclado en su mayoría, excepto para elementos pequeños previa aprobación del Supervisor.

Se denomina concreto premezclado, a todo concreto preparado bajo el directo control del Contratista o no, con equipo ubicado fuera del sitio y transportado en camiones mezcladores.

Al emplearse concreto premezclado, éste se mezcló y transportó de acuerdo a la Norma ASTM C-94.

No se empleó concreto que tenga más de 1 1/2 horas mezclándose desde el momento en que los materiales comenzaron a ingresar al tambor mezclador.



FOTO 24.- Concreto pre mezclado, se observa el camión concretero y el camión porta bomba para el transporte por tuberías del concreto, para la diferentes estructuras de la obra de captación y otros.

f. **Aditivos**

Se utilizó aditivos para modificar las propiedades del concreto en tal forma que lo hagan más adecuado para las condiciones de trabajo.

La preparación de cualquier aditivo previamente a su introducción en la mezcla de concreto debe atenerse a las recomendaciones del fabricante. El agua de los aditivos aplicados en forma de solución se consideró como parte del agua de mezclado.

El cloruro de calcio o los aditivos que contengan cloruros que no sean de impurezas de los componentes del aditivo, no debe emplearse en concreto presforzado, en concreto que tenga embebidos elementos de aluminio o fierro galvanizado.

A fin de garantizar una cuidadosa distribución de los ingredientes se empleó equipo de agitado cuando los aditivos son empleados en forma de suspensión o de soluciones no estables.

Los aditivos se almacenaron adecuadamente siguiendo las recomendaciones de los fabricantes, preveniendo la contaminación, evaporación o deterioro de los mismos.

Los aditivos líquidos fueron protegidos de temperaturas o de cambios de temperatura que puedan afectar sus características.

Cualquier aditivo aprobado debió estar de acuerdo con cualquiera de las normas que a continuación se mencionan, según corresponda:

- | | |
|-----------------------------------|------------------|
| - aditivos incorporadores de aire | ASTM C260 |
| - aditivos reductores del agua | ASTM C494-Tipo A |
| - aditivos retardadores de fragua | ASTM C494-Tipo B |

g. Materiales para Juntas

Los materiales para juntas incluyen masillas, pinturas, compuestos para calafatear, selladores, adhesivos y cualquier otro material requerido para efectuar las juntas en concreto.

Los materiales de juntas fueron obtenidos de los fabricantes aprobados.

El manipuleo y almacenamiento se efectuó de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

h. Compuertas

En esta parte veremos los requerimientos que se cumplieron al suministro, instalación y pruebas de las compuertas que se usaron en la obra.

Se han considerado los siguientes tipos de compuerta:

- i. Compuertas planas de accionamiento manual.
- ii. Compuertas planas motorizadas.
- iii. Compuertas radiales motorizadas .

La información proporcionada por el contratista a la supervisión, relacionada por las compuertas son: planos, información diversa, certificados de pruebas y certificados de conformidad.

TIPOS DE COMPUERTAS

i. Compuertas planas de accionamiento manual

Las compuertas fueron fabricadas según los requerimientos establecidos por el proyecto y fueron proporcionadas por el Contratista. Todas las compuertas son adecuadas para usarlas con agua potable a las temperaturas y presiones especificadas o detalladas en los planos.

Especificaciones para compuertas manuales

▪ **Compuertas y guías**

Estas compuertas son de eje vertical y volante para accionamiento manual, y con estanqueidad de tres o de cuatro lados.

Las guías son de acero estructural y son lo suficientemente largas para soportar por lo menos la mitad de la compuerta cuando está totalmente abierta.

Diseño estructural

Las compuertas son diseñadas con un factor de seguridad 5 para resistir deformaciones o imprevisiones del servicio para las que han sido diseñadas.

▪ **Vástago**

El vástago es de preferencia de una sola pieza, en caso de ser imprescindible su acoplamiento se hizo mediante coplas roscada.

▪ **Montaje**

Las compuertas incluyeron todos los accesorios para su montaje, de acuerdo a su posición particular, guías de acero, pernos de anclaje, asientos de compuerta y empaquetaduras de estanqueidad. Se colocaron el concreto de segunda fase para

asegurar las guías y se esperó su adecuada resistencia antes de ajustar la compuerta.

- **Pintura**

Todas las partes expuestas de las compuertas fueron pintadas para resistir la corrosión. Las partes metálicas que no son de acero inoxidable están protegidas contra la corrosión con pintura epóxica de dos componentes o por capa epóxica aplicada mediante fusión (FBE-fusion bonded epoxy).

Operación

Las compuertas operadas manualmente tienen su volante de operación de diámetro adecuado a su función, la volante es de bronce o de fierro fundido montada sobre pedestal de fierro fundido, tienen engranajes con la reducción conveniente.



FOTO 25.- Compuertas plana de accionamiento manual, instalados en los dos tanques del desarenador secundario de la obra de captación.

ii. Compuertas planas motorizadas

Las compuertas planas motorizadas cumplieron con los requerimientos generales ya presentados para las compuertas planas de accionamiento manual.

Las compuertas planas y sus mecanismos manuales y eléctricos de operación son aptos para maniobrar el cierre contra una

diferencia de presión (aguas arriba - aguas abajo) de 1,5 kg/cm². Las cajas de reducción son selladas herméticamente y aptas para estar sumergidas permanentemente.

Los topes para limitar el movimiento de los dispositivos de cierre son para resistir el torque máximo con un factor de seguridad de por lo menos 5.

Los pernos que no están en contacto con agua son de acero dulce Grado A de acuerdo a la Norma ASTM A307. Los pernos y tuercas que están en contacto con el agua son de acero inoxidable.

Los sellos y anillos son de caucho Buna (Durometer 70), etileno-propileno (EPDM) o de estireno-butadieno (SBR).



FOTO 26.- Compuerta plana motorizada, instalado en la obra de toma de la bocatoma.

iii. Compuertas radiales motorizadas

Las compuertas radiales motorizadas cumplen con los requerimientos generales ya presentados para las compuertas planas accionadas por motor eléctrico.

Especificaciones para Compuertas Radiales

Cada compuerta radial está formada por los siguientes elementos:

- ❖ Un diafragma
- ❖ Goznes de articulación formados por:
- ❖ Sistema de estanqueidad
- ❖ Bastidor y partes fijas
- ❖ Órgano electromecánico de maniobra formado por:
- ❖ Un dispositivo de señalización
- ❖ Materiales

Los materiales que se utilizaron son los siguientes:

- Revestimiento y vigas principales Fe 510 B UNI EN 10025
- Patas y viguetas en general Fe 360 B UNI EN 10025
- Pernos de articulación AISI 316
- Casquillos Bronce autolubricante
- Contra-asientos de junta estanca AISI 316 L
- Guarniciones de junta estanca de goma Neopreno
- Tornillos, tuercas de fijación de las juntas estancas AISI 304
- ❖ Cuadro eléctrico de mando
- ❖ Accionamiento eléctrico

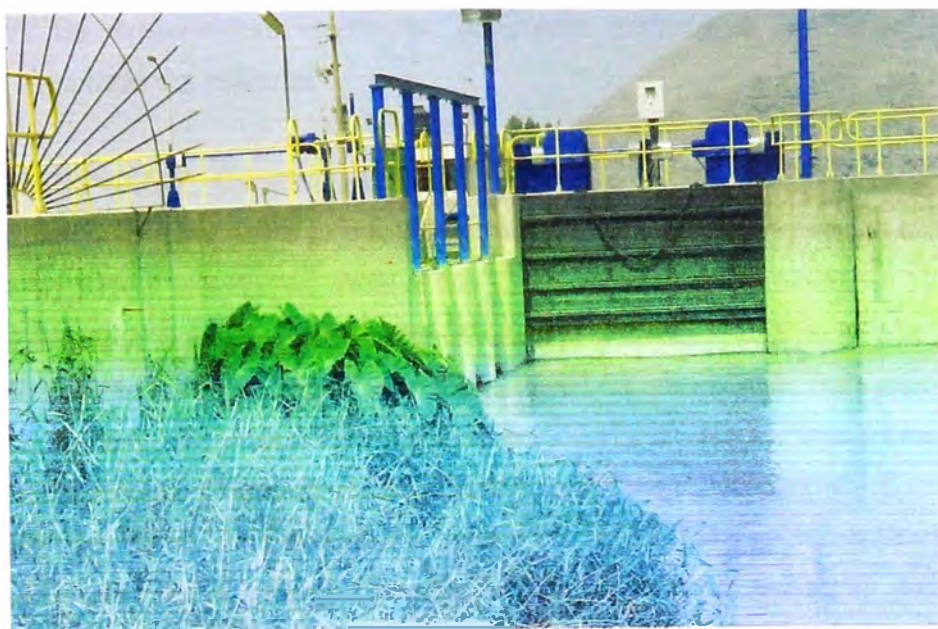


FOTO 27.- Compuerta radial motorizada, instalado en el canal de limpia de la obra de captación o bocatoma.

PINTURA Y PROTECCIÓN DE SUPERFICIE - COMPUERTAS

Las compuertas, válvulas y equipo relacionado están protegidos por un recubrimiento aplicado en los talleres del fabricante como se especifica en la norma de calidad pertinente.

Recubrimiento Epóxico de Dos Partes

Donde se especificó el uso de recubrimiento epóxico de dos partes éste se aplicó de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

No obstante la existencia de tales recomendaciones, la aplicación se cumplió con los requerimientos mínimos siguientes:

- i. La preparación de la superficie del metal expuesto fue la especificada para la aplicación del recubrimiento epóxico de dos partes.
- ii. El recubrimiento fue aplicado en dos o más capas hasta alcanzar un espesor mínimo de 300 micrones.
- iii. La humedad relativa es mantenida por lo menos al 85% durante la aplicación del material de recubrimiento.
- iv. La temperatura superficial del metal durante la aplicación es aumentada hasta por lo menos 3°C por encima del punto de rocío.
- v. Todas las superficies fueron probadas con un detector de Holiday después de la aplicación. Todos los defectos encontrados fueron reparados.
- vi. Se proporcionó ventilación adecuada durante la aplicación y curado del material.

MANIPULEO - COMPUERTAS

Contratista suministró el equipo de manipuleo que fue necesario para manipular e instalar las compuertas y el equipo asociado sin dañar los elementos ni sus recubrimientos internos o externos.

El equipo incluye vigas de izaje, eslingas de lienzo reforzado, acolchados de protección, embalajes y similares. No se usó cables metálicos ni eslingas de cadena para manejar estos elementos.

No se retiró los empaques, cubiertas o embalajes temporales utilizados como protección durante el transporte (excepto con propósitos de inspección luego de lo cual se volvió a colocar) hasta inmediatamente antes de su instalación definitiva.

ENTREGA Y ALMACENAMIENTO - COMPUERTAS

Inmediatamente después de la entrega en la obra los elementos fueron comparados con las listas de empaque e inspeccionados para detectar daños o faltantes. Dichos daños o faltantes fueron remediados a la brevedad posible.

El Contratista colocó en almacenamiento temporal de protección a todas las compuertas y equipo asociado que no se requiera inmediatamente para su instalación en la obra.

Dichos elementos fueron almacenados cuidadosamente bajo cubierta hasta que requieran ser instalados debiendo tener especial cuidado en proteger el equipo mecánico o eléctrico asociado, de manera que en el momento de la instalación no sufrió ningún daño ni deterioro por ninguna circunstancia incluyendo su exposición a la intemperie.

B. MATERIALES UTILIZADOS PARA LA LINEA DE CONDUCCION

i. Tuberías y Accesorios de Concreto armado pretensado - CAP

Las tuberías para la Línea de Conducción, son de concreto armado pretensado - CAP, diseñadas y fabricadas para las presiones y sobrecargas de servicio.

Los tubos de concreto fueron hechos a máquina.

Toda la tubería de concreto armado pretensado fue fabricada en longitudes no mayores de 5 m ni menores de 2.40 m,

Las tuberías son de 1,400 mm de diámetro completo en toda su longitud, presentando una rugosidad uniforme equivalente a una rugosidad $n= 0.012$ para la fórmula de Manning.

Las juntas de espiga y campana fueron fabricadas con sus rebajes especiales para el alojamiento de empaquetaduras de jebe.

TRANSPORTE Y ENTREGA

Durante la carga, transporte y entrega, se tomaron todas las precauciones para prevenir daños a los tubos.

Especial cuidado merece la carga y descarga, debiendo utilizarse cinturones especiales para soportar los tubos y equipo especial para dichas labores.



FOTO 28.- Tubería de conducción; de la línea desde la obra de captación a la Planta de Tratamiento, se observa que es de material de concreto armado pretensado – CAP, de 1400 mm de diámetro.

Las tuberías dañadas en las etapas mencionadas fueron rechazadas y reemplazadas bajo responsabilidad del contratista.

El contratista programó los embarques de tubería para estar de acuerdo con su calendario de avance y proveo el espacio necesario para el almacenamiento.

COLOCACIÓN

La colocación de la tubería de concreto contó con el equipo adecuado, de acuerdo al peso de las unidades, de su profundidad de colocación y características del terreno aledaño a las zanjas.

Se usaron cinturones adecuados para no maltratar la tubería, equipo adecuado y personal entrenado para realizar los cortes de piezas especiales.

NORMAS DE REFERENCIA

Cumplen con las Normas ISO pertinentes a la tubería de concreto armado pretensado, y además con las siguientes:

ASTM C361M-90	Especificaciones para tubos de concreto armado pretensado.
ASTM C76M- 95a	Especificaciones para tubos de concreto para drenaje de aguas de lluvia y desagüe.

ENTREGAS

El contratista entregó con la debida anticipación los certificados del fabricante.



FOTO 29.- Tubería de conducción; en pleno proceso de descarga de las tuberías que se han instalado en el proyecto

PRUEBA EN TUBERIAS DE CONCRETO

Las tuberías de concreto para servicio a pelo libre fueron probadas de acuerdo con los procedimientos de prueba establecidos por SEDAPAL en el Capítulo VI de las “Especificaciones Técnicas para Ejecución de obras” para pruebas hidráulicas de tuberías de agua. Se procedió llenando agua limpia el tramo de prueba por el buzón de aguas arriba hasta una altura mínima de 0.30 m bajo el nivel del terreno y convenientemente taponeado el buzón de aguas abajo; el tramo permaneció con agua 12 horas como mínimo previo a la realización de la prueba. La prueba tuvo una duración de 10 minutos y la pérdida de agua no sobrepasó lo establecido en la siguiente fórmula $F = 1.25 D$, siendo D diámetro del tubo en mm y F la pérdida por filtración en $\text{cm}^3/\text{min}/\text{m}$.

Las tuberías con servicio a presión, se probó en tramos de aproximadamente 200 m, rellenando la zanja y dejando libres las partes de las juntas, se tomó precauciones en los extremos de los tramos. El llenado se realizó lentamente de abajo hacia arriba para expulsar el aire. La tubería permaneció llena de agua por un período de 24 horas antes de la prueba.

La prueba se realizó de la siguiente manera: durante una hora se sometió la tubería a la presión nominal y luego durante una hora adicional se sometió la tubería a una presión de 1.5 veces la presión nominal.

La pérdida de agua no excedió la dada en la siguiente fórmula:

$$F = (N \times D \times P^{0.5}) / 370$$

Dónde:

F = Pérdida en litros/hora

N = N° de juntas en el tramo de prueba

P = Presión de Prueba en bar

D = Diámetro de la tubería en cm

C. MATERIALES UTILIZADOS EN EL RESERVORIO DE COMPENSACION

k. Afirmado

El relleno que se ha utilizado en forma masiva, para el dique central y perimetral del reservorio de compensación, ha sido con material aluvial del tipo afirmado, que se ha encontrado en el cono de deyección del río Chillón, cerca de la zona de las obras.

Tanto en los rellenos como en las superficies de cimentación fueron compactados de manera adecuada al fin de minimizar los asentamientos durante y después de la construcción.

De tal forma que para la instalación de las estructuras de impermeabilización en el reservorio se colocaron una geomembrana impermeable, y una capa inferior y otra superior con geotextil como protección, no tuvieron problemas de asentamiento diferencial.

Las características del material para efectuar el relleno del dique del Reservorio de Compensación, se han determinado de acuerdo al estudio particular de explotación de la cantera considerada y el material seleccionado aprobado por la Supervisión con el consentimiento del especialista en Geotecnia del proyecto.

Para fines de verificación de estabilidad del dique, se ha analizado y considerado la cantera denominada Cantera "A" que se ubicó a 500 metros al este de la ubicación de la infraestructura del Reservorio, cruzando la carretera a Canta; la cual por su carencia de finos cohesivos debió ser mejorada, mezclándose con suelos arcillosos que componen el segundo estrato de arena limosa y/o arena arcillosa (SM/SC) que se encontraban inmediatamente bajo el suelo de cultivo superficial de la propia excavación local en la planta de tratamiento.

Estos materiales fueron colocados en pilas temporales dentro del área del reservorio de manera tal que se utilizaron con facilidad en la mezcla, durante la construcción de los diques.

Los materiales excavados que fueran calificados como adecuados para la mezcla con los materiales de la cantera, pero que, por sus condiciones naturales se encontraron con exceso de humedad, se colocaron también en pilas temporales a fin de reducir su humedad, lo suficiente como para permitir su fácil trabajabilidad tanto en la mezcla como en la colocación en el terraplén.

Se determinó que la mezcla adecuada era el 70 % del material de la cantera "A" más 30 % de suelo natural areno limoso y/o areno arcilloso (SM/SC).

En el Cuadro siguiente se indica el diseño de mezcla:

Malla	Cantera "A"	Suelo "SM/SC"	Mezcla
3"		100	100
2"	100	100	100
1 ½"	99	96	98
1"	94	93	93
¾"	88	92	89
½"	80	90	83
3/8"	76	88	80
¼"	68	84	73
No. 4	65	82	70
10	48	74	56
20	29	68	41
30	22	66	35
40	17	64	31
50	13	63	28
100	7	53	21
200	4	35	13
LL (%)	-	42.0	-
LP (%)	-	28.0	-
Fricción	32.2	7.4	32.2
Cohesión	0.0	0.5 Kg/cm ²	0.15 – 0.20
Proporción de	70%	30%	OK

La fracción de fragmentos de roca en el dique estaba regulado entre 3" a 5" como máximo y el porcentaje no excedió del 10 % del volumen de relleno. Todo material extraído que no se utilizó como relleno, se transportó fuera de la obra y depositado en un lugar autorizado por la Supervisión.

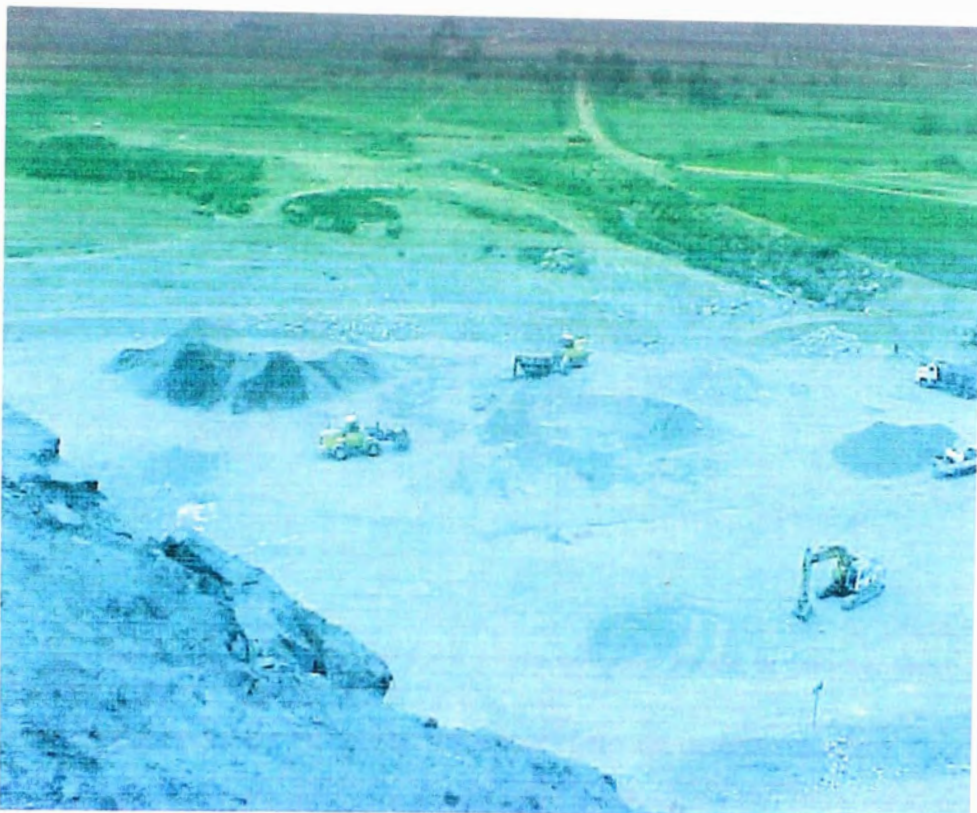


FOTO N° 30.- Cantera de material aluvial gravoso fino, afirmado del río Chillón, para la conformación del terraplén del reservorio de compensación; asimismo, se observa a una retroexcavadora para su extracción y a dos cargadores frontales zarandeando dicho material



FOTOS 31 y 32.- Acumulación de material propio, en las dos vistas adjuntas, se observa a dos tractores sobre oruga en el acomodo y batido del material propio del tipo detrito, para el relleno del reservorio de compensación.

j. Para la impermeabilización de las estructuras

Para la impermeabilización de las estructuras, se ha utilizado:

- **Los geotextiles**
- **La geomembrana**



FOTO 33.- Geomembrana, personal en plena colocación de la geomembrana en el reservorio de compensación.

k. Para las estructuras de concreto del reservorio de compensación

Para las estructuras de concreto de entrada y de salida del reservorio de compensación, se ha utilizado:

- Concreto pre mezclado de resistencia $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$.
- Concreto pre mezclado impermeabilizante $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$.
- Encofrado y desencofrado
- Acero de refuerzo con $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$.
- Compuertas metálicas y/o válvulas, barandas metálicas.



FOTO 34.- Estructura de entrada del reservorio de compensación, se observa el encofrado, su armadura y en pleno proceso la colocación del concreto pre mezclado a la cámara de llegada.



FOTO 35.- Elementos pre fabricados de concreto, para la estructura que comprende la galería de drenaje del barrage, colocado aguas arriba.



FOTO 36.- **Water stop**, elemento de junta colocados horizontalmente en la intersección de los muros con las losa de concreto, en la construcción del barrage.

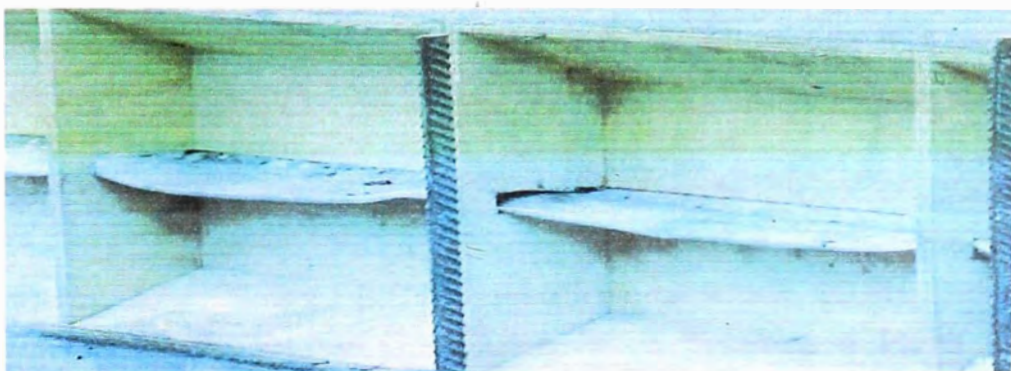


FOTO 37.- **Water stop ampliado**, elemento de junta colocados horizontalmente en la intersección de los muros con las losa de concreto, en la construcción del barrage.

3.20 DE LAS OBRAS DE CAPTACION – BOCATOMA

Las obras de captación en el río Chillón fueron ejecutadas en la II Etapa del proyecto y constan de las estructuras de derivación que consiste en:

- Un barrage y doble canal de limpia; y,
- Una obra de toma lateral, que comprende: un sedimentador primario, un sedimentador secundario ó desarenador, un canal de recolección y una cámara de carga.

Las cotas características de la bocatoma, son las siguientes:

• Cota nivel muros aguas arriba	351.70 msnm
• Cota terreno existente obras de captación	346.00 msnm
• Cota del umbral del barrage	348.50 msnm
• Longitud de la cresta del barrage	75.00 m
• Cota inicio canal de limpia	346.50 msnm
• Cota final canal de limpia	342.50 msnm
• Longitud del canal de limpia	25.00 m
• Cota de la boca de toma	347.25 msnm
• Cota fondo del cauce	346.50 msnm
• Cota del umbral de los desarenadores	347.85 msnm
• Longitud del tanque de los desarenadores	30.00 m
• Cota del umbral del canal de recolección	347.10 m
• Cota del fondo de la cámara de carga	339.90 m
• Ancho del canal de la cámara de carga	2.50 m

Para los logros alcanzados en la ejecución de los componentes de la obras de captación: el barrage y las obras de toma; se realizaron las siguientes partidas genéricas de obras civiles y electromecánicas:

- OBRAS PROVISIONALES**, para todo el proyecto.
 - Campamento, para oficinas de control técnico – administrativas, taller de mantenimiento, almacenes, comedores, SS.HH.
 - Camino de acceso o trocha, de la Bocatoma a Planta de Tratamiento.
 - Agua para la construcción y el personal.

b. TRABAJOS PRELIMINARES

- Limpieza del terreno – eliminación de basura.
- Eliminación de obstrucciones – tala de árboles.
- Movilización y desmovilización de equipos.
- Desvío del río.
- Trazo y replanteo – preliminares y durante la ejecución.
- Seguridad.

c. MOVIMIENTO DE TIERRAS

- Excavación masiva material suelto
- Excavación en roca suelta
- Preparación de la cama
- Relleno con material propio
- Relleno con material de préstamo
- Nivelación y apisonado
- Eliminación de material de excedentes

d. LINEA DE CONDUCCION

- Suministro y colocación de Tuberías

h. OBRAS DE CONCRETO SIMPLE

- Concreto para base $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$
- Concreto ciclópeo $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2 + 30\% \text{ P.G.}$

e. OBRAS DE CONCRETO ARMADO

- ❖ Concreto armado
 - i. Concreto $f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$
 - ii. Concreto impermeabilizado $f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$
- ❖ Encofrado y desencofrado
- ❖ Acero de refuerzo $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

f. VARIOS

- ⚡ Obras electromecánicas: compuertas y pasarelas metálicas
- ⚡ Drenaje: relleno filtro de gravas $< 0.20 \text{ m}$
- ⚡ Empedrado y enrocado de piedras alrededor de estructuras
- ⚡ Juntas water stop

3.21 OBRAS PROVISIONALES

ALCANCE

Estas partidas genérica contiene los requerimientos en lo que corresponde al Presupuesto del Contrato, que se aplicarán al suministro de mano de obra, materiales, equipos y/o maquinarias necesarias para llevar a cabo las obras provisionales al inicio y durante la ejecución de las obras para todo el proyecto. Comprende las siguientes partidas:

- Campamento, para oficinas de control técnico – administrativas, taller de mantenimiento, almacenes, comedores, SS.HH.
- Camino de acceso o trocha, de la Bocatoma a Planta de Tratamiento.
- Agua para la construcción, para el personal e Instalación eléctrica y de comunicaciones.

NORMAS DE REFERENCIA

Salvo que se indique otra cosa los trabajos preliminares estuvieron de acuerdo con las Normas y Reglamentos que se indican a continuación:

- Especificaciones Técnicas de Sedapal,
- Reglamento Nacional de Edificaciones, y
- Las especificaciones de INDECOPI, en la que corresponden como formato y plegado de láminas y papeles de correspondencia.

ENTREGAS

Las entregas por parte del Contratista a la Supervisión, requeridas con relación a las obras provisionales, incluyen lo siguiente:

- Planos de obra de trazo y replanteo
- Planos de campamentos para oficinas, almacenes, comedores, etc.

3.21 A.1 CAMPAMENTO PARA OFICINAS TÉCNICO-ADMINISTRATIVAS, TALLER DE MANTENIMIENTO, ALMACENES, COMEDORES, SS.HH.

El Contratista ejecutó un Campamento principal, para oficinas técnico - administrativas, taller de mantenimiento, almacenes, comedores, servicios higiénicos; y, otros en los diferentes frentes de trabajo donde ha sido necesario para el uso de su propio personal y fuerza laboral; que posteriormente retiró, como las oficinas provisionales, instalaciones sanitarias, almacenes, talleres, y otras instalaciones necesarias por la

terminación de las obras y mantenimiento de las obras permanentes. Por cada otro frente de obra, el Contratista colocó lavatorios y retretes portátiles en lugares apropiados, para uso del personal. El personal, que laboró en la construcción de los campamentos fueron operarios especialistas en la materia.



FOTO 38.- Campamento principal, frente a la planta de tratamiento y reservorio de compensación, donde se ubicó el personal, materiales, herramientas y/o equipos necesarios para la ejecución de la obra.

Los materiales usados han sido de buena calidad, adecuada para una buena apariencia durante todo el tiempo que duraron las obras.

Los servicios higiénicos fueron del tipo portátil con tratamiento químico.



FOTO 39.- Campamento secundario, frente a las obras en ejecución de la bocatoma.

El Contratista realizó diversas edificaciones del proyecto como parte del campamento principal y otras como provisionales; además, otros complementarios en los diferentes frentes de trabajo. Siendo el principal el centro de operaciones de su representante autorizado para recibir documentación oficial.

3.21 A.2 CAMINO DE ACCESOS O TROCHA

Para la ejecución de los trabajos del Camino de Acceso o Trocha, desde el campamento principal instalado en la zona de Planta Potabilizadora hacia los diferentes frentes de trabajo, como obras de captación, líneas de conducción, canteras y viciversa, el contratista aplicó la normatividad para la contratación de la mano de obra calificada, materiales adecuados y las buenas condiciones de servicio de los equipos mecánicos.

Para la ejecución de la trocha, se utilizó equipo mecánico, como: tractor sobre oruga, cargador frontal, camiones volquetes, etc., con choferes y/o operadores calificados.

Para los rellenos de plataformas, se usaron equipos mecánicos, como motoniveladoras y camiones cisternas para el esparcido, riego y batido, y motoniveladoras y/o rodillos para la explanación y compactación.

En el trazado de la trocha, se ciñó a la ribera del río, a los caminos existentes y en otros se alineó respetando las propiedades de las áreas agrícolas, y en algunos tramos se consideró una pendiente adecuada.



FOTO N° 40.- Trocha carrozable, ejecutada para el desplazamiento de los móviles y equipo mecánico para las diferentes obras del proyecto, entre la bocatoma y la planta de tratamiento.

En la **preparación de la subrasante de las vías**, se eliminó las obstrucciones, material orgánico, tierra de cultivo, y todo relleno de basura que se encontró en la superficie a afirmar.

Luego, para la subrasante se escarificó en una profundidad de 0.30 m dándole la humedad óptima para la máxima densidad seca, ya sea por humedecimiento o por el aireado.

Todo tramo con huecos existentes y relleno que fuera necesario para alcanzar los niveles requeridos, se realizó con material granular de corte y/o seleccionado, colocado y compactado en capas de un espesor no mayor de 0.25 m. al 95% de la máxima densidad seca obtenida según AASHTO T-180 (Proctor Modificado).

Se hicieron pruebas de densidad de campo para controlar la densidad de esta capa, a razón de uno cada 20 m, cuidando de distribuirlos convenientemente en forma de tresbolillo. Se empleó el método del Cono de Arena, el volúmetro o cualquier otro aprobado por la supervisión.

El grado de compactación tolerable fue del 92%, siempre que la media aritmética de cada 3 puntos sea mayor que 95% de la máxima densidad seca del laboratorio.

Para la carpeta de afirmado, se utilizó el material transportado desde la cantera de préstamo, y colocado sobre la subrasante, formando rumas cuyo distanciamiento y volumen, considerando el esponjamiento debidamente calculado se extendió y compactó ocupando todo el ancho de la vía y en el espesor de diseño. La compactación se ejecutó, controlando que la humedad sea óptima hasta alcanzar el 98% de la máxima densidad seca del Proctor Modificado, AASHTO T-180, mediante pruebas de densidad de campo usando el método del cono de arena (Norma ASTM-D-1557-64T-C), en tresbolillo.

Se realizaron también pruebas, de la máxima densidad seca (Proctor Modificado, AASHTO T-180) del material en la cantera.

3.22 TRABAJOS PRELIMINARES

ALCANCE

Esta partida genérica comprende:

- Limpieza del Terreno – Eliminación de basura, malezas, etc.
- Eliminación de Obstrucciones – Tala de árboles y desbroce
- Movilización y Desmovilización de Equipos
- Desvío de río
- Trazo, Nivelación y Replanteo
- Seguridad

NORMAS DE REFERENCIA

Los trabajos preliminares estuvieron de acuerdo con las Normas y Reglamentos que se indican a continuación:

- Especificaciones Técnicas de Sedapal,
- Reglamento Nacional de Edificaciones, y
- Las especificaciones de INDECOPI, en la que corresponden como formato y plegado de láminas y formatos finales de papeles de correspondencia e impresiones

ENTREGAS

Las entregas por parte del Contratista a la Supervisión, requeridas con relación a los trabajos preliminares, incluyen lo siguiente:

- Planos de obra de trazo y replanteo
- Lista de equipos a movilizar y desmovilizar
- Plano de construcción de carteles

3.22 B.1 LIMPIEZA DEL TERRENO

La limpieza del terreno consistió en la eliminación de basura y eliminar todos los elementos extraños, malezas y arbustos de fácil extracción para evitar el entorpecimiento de los trabajos, existentes en toda el área del terreno donde se ejecutarán el barraje y las obras de toma.

Este tipo de trabajos alcanzó también a las otras obras como a los reservorios de compensación, las tuberías de conducción y a la planta de potabilización.

Las herramientas utilizadas fueron machetes, rastrillos y otros apropiados para la eliminación de toda basura que se encontraba en el área de los

trabajos y en aquellos casos en que se emplearon equipos, solamente fueron manejados por personal especializado.



FOTO N° 41.- Limpieza de terreno, ejecutada con maquinaria en el cauce del río, para dar inicio a los trabajos de las obras de captación.

3.22 B.2 ELIMINACION DE OBSTRUCCIONES

La eliminación de las obstrucciones como la tala de árboles y su desbroce, precedió al inicio de la obra con la realización de los trabajos del trazo, para la construcción de las diferentes obras permanentes de captación, según lo indicado en los planos.

Este tipo de trabajos alcanza también a las otras obras en ejecución como los reservorios de compensación, las tuberías de conducción y a la planta de potabilización.

En la ejecución de estos trabajos, se utilizó un tractor buldozer para la tala, extracción de las raíces y su desbroce de los árboles, malezas y arbustos de difícil extracción, que se encontraban en el área de los trabajos para su eliminación de la zona de la obra, estos equipos fueron operados y manejados por personal especializado, no presentando ningún problema.



FOTO N° 42.- Eliminación de obstrucciones, ejecutado en el cauce del río con la tala de árboles y otros arbustos, para realizar las labores topográficas sobre el trazado de las obras de la bocatoma

3.22 B.3 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN

El Contratista ejecutó las acciones necesarias para suministrar, reunir y transportar los elementos mínimos necesarios de su organización a los lugares de la obra, incluyendo personal, materiales, herramientas y/o equipo mecánico, en general todo lo requerido para instalar y empezar los trabajos.

Es decir, programó adecuadamente los movimientos del equipo mecánico principalmente, a fin que se encuentre en el lugar de la obra con la debida anticipación a la fecha señalada para el inicio de los trabajos.

El equipo mínimo requerido de acuerdo a lo estipulado en el contrato fueron: tractores sobre oruga, retroexcavadoras, cargadores frontales, pluma autpropulsada sobre camión, camiones volquetes, camiones cisternas, etc. para la ejecución del barraje y obras de toma, como también las otras obras.

La movilización con la facilidad del apoyo logístico dado, incluyó el traslado por desplazamiento propio y los transportados, de los equipos mecánicos necesarios para realizar los trabajos del barraje y obras de toma. La

desmovilización se realizó al finalizar los trabajos, retirandose del lugar de la obra los equipos aportados.



FOTO 43.- Movlización de equipo mecánico, donde se observa la excavación masiva realizada con equipo mecánico: tractor sobre oruga, retro excavadora, cargador frontal, camiones volquetes, y una pluma móvil autopropulsado, para la construcción del barraje.

3.22 B.4 DESVIO DEL RIO

El Contratista para realizar inicialmente los trabajos de la obra del barraje y posteriormente las obras de captación, se tubo que ejecutar en periodos de sequía y realizar el desvío del río en esas condiciones.

El equipo mecánico utilizado para realizar el desvío fue un tractor sobre oruga D-8. Asimismo, el Contratista contó paralelamente con operador competente y ayudantes de apoyo.

Para el desvío del cauce del río Chillón temporalmente, para la construcción del barraje, se excavó el lado izquierdo del cauce del río con un tractor buldozer D-8 retirando el pequeño caudal de agua hacia ese lado y posteriormente para la construcción de las obras de captación se utilizó hasta tres motobombas para transportar el pequeño caudal del río remanente de aguas arriba a aguas abajo, en forma paralela con la apertura de los canales de regadío aguas arriba.



FOTO 44.- Desvío del río, en la construcción de la cimentación del barrage por etapas, se observa el desvío lado derecho del cauce del río Chillón.

Con la finalidad de evitar posibles inundaciones, se derrumbó y reconstruyó con la configuración del proyecto la orilla izquierda. Sucesivamente se procedió a la desviación temporánea de los flujos que se presentaron durante los trabajos y a la excavación inmediata para la formación del plano o de los planos de cimentación de la obra de derivación y de rebose, que estaban por debajo del nivel del agua.

3.22 B.5 TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO

Para la ejecución del trazado, nivelación y replanteo de la obra del barrage y de las obras de toma, el contratista materializó sobre el terreno, los ejes de la construcción, las dimensiones de las estructuras y sus niveles, así como definió sus linderos y estableció marcas y señales fijas de referencia, algunos con carácter permanente y otras, auxiliares, con carácter temporal; contando con la aprobación de la Supervisión antes de dar comienzo a los trabajos.

Los equipos topográficos utilizados, fueron: niveles, teodolios y/o estaciones totales, con sus implementos de miras, jalones, etc., ciñéndose a las tolerancias y requerimientos establecidos en la práctica constructiva. Igualmente con la mano de obra y materiales necesarios para la ejecución de estos trabajos y para el inicio de las diferentes obras de captación y del proyecto.



FOTO 45.- Trazo y nivelación topográfica, en la construcción de la nivelación del barraje, se observa personal laborando en el trazado y nivelación de la cimentación.

Los puntos de replanteo se marcaron en forma tal que permitió el control en cualquier momento, para lo cual se adoptaron las medidas necesarias para proteger y evitar daños en los puntos definidos y no ser retirados en forma arbitraria.

El barraje, está limitado por el thalweg a la derecha del cauce y a la izquierda por un dique artificial, presentando la obra planimetricamente una longitud de 75 m., por 25 m de ancho en el cauce del río y encajada en el terreno a una profundidad promedio de 3.50 m.

El eje de la bocatoma ha sido colocado, según una alineación que intercepta el talud en la orilla izquierda del Río Chillón, en un tramo en el que la acción modeladora del río ya ha efectuado el desmantelamiento y erosionado las partes de roca más degradadas de la ladera quedando superficialmente roca dura.

En resumen, la obra de toma y del desarenador han sido ubicados en la parte izquierda a continuación del vertedero y canal de limpia.



FOTO 46.- Nivelación topográfica, en la construcción de la cimentación del barraje, se nota la galería de drenaje y de los orificios en la pantalla para el drenaje respectivo, debido a las subpresiones de aguas arriba, y asimismo se observa la nivelación topográfica permanentemente realizada en obra.

3.21 B.6 SEGURIDAD

Siendo el Contratista el responsable de cualquier daño material o personal que ocasione la ejecución de obra, éste cumplió con las recomendaciones de seguridad, acorde a lo estipulado en la Norma Técnica: Seguridad durante la construcción con el Código G-50 que forma parte del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobadas mediante RM y publicadas en el Diario El Peruano el MA:23.05.2006, donde se establecen las medidas de seguridad, las responsabilidades del empleador y las políticas del Estado.

Los equipos de protección mínimos de seguridad, que utilizaron el personal que laboraron en la ejecución de las obras de captación y del proyecto fueron:

- Cascos
- Botas de punta de acero
- Lentes de seguridad
- Guantes
- Cinturón de seguridad

Adicionalmente cada frente de trabajo contó con un botiquín.

Los materiales utilizados para limitar las obras en ejecución fueron las bandas señalizadoras colocados en parantes de madera, etc.

La obra contó con un Comité de Seguridad formado por el ingeniero residente, los maestros de obra y un representante de los trabajadores, donde resolvieron los problemas de implementación y de las recomendaciones diarias al personal que laboraban.

3.22 B.7 ELABORACIÓN DE CARTELES

El texto de los carteles fue hecho por el Contratante y Supervisor.

Los carteles han sido de dimensiones y diseño típico de Sedapal y fueron proporcionado por el Contratante, donde se indicaron:

- Nombre del Propietario
- Nombre de la Entidad que financia la obra
- Fuente de Financiamiento
- Nombre del Proyecto
- Nombre de la Empresa Contratista
- Nombre de la Supervisión
- Monto de Inversión
- Plazo de ejecución en días calendarios
- Otros, que indique la Entidad propietaria de la obra.

Los materiales que utilizaron para la elaboración de los carteles fueron parantes de madera y/o metálicos, la superficie del cartel y el marco de madera, pintado en su integridad para el panel y la leyenda, con pintura esmalte sintético.

Los carteles se anclaron en el piso del terreno a 0.90 m de profundidad para no ser derribados por la acción del viento, con base de concreto para seguridad y durante todo el tiempo que duren las obras.

3.23 MOVIMIENTO DE TIERRAS

ALCANCE

La presente especificación establece los requisitos para la ejecución de todos los trabajos de movimientos de tierra a cielo abierto; los cuales incluyen excavaciones masivas, cortes y excavación para cimentaciones; así como también la ejecución de los rellenos, compactación de suelos, y la eliminación del material excedente, para la ejecución de las estructuras del barraje y de las obras de toma que comprenden las obras de captación.

Esta parte genérica comprende:

- Excavación masiva en material suelto
- Excavación en roca suelta
- Excavación en roca dura
- Relleno con material propio
- Relleno con material de préstamo
- Eliminación de Material Excedente

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Reglamento Nacional de Edificaciones.

Reglamento de Metrados para Obras de Edificación.

Norma Técnica de Edificación E-050. Suelos y Cimentaciones. Edición Enero 1997.

Estudio de Suelos Planta de Tratamiento de Agua y Tanque de Compensación No. M1456 de M y M Consultores S.R.L.

ENTREGAS

Las entregas por parte del Contratista a la Supervisión, requeridas con relación a los trabajos de movimientos de tierras, incluyen lo siguiente:

- Planos de obra de trazo, nivelación y replanteo
- Lista de equipos a movilizar y desmovilizar.

3.23 C.1 EXCAVACIÓN MASIVA EN MATERIAL SUELTO

La excavación masiva, se efectuó para ejecutar la construcción de las obras de captación, y se realizaron en una planimetría de 80 m de ancho por 25 m de longitud en el cauce del río; y, por 3.50 m promedio de profundidad, en un material conglomerado de la deyección del río Chillón, mediante un tractor buldozer D-8.

En las obras de excavaciones locales para la cimentación de las estructuras tanto del barraje y canal de limpias, como de las diferentes obras de toma lateral, se ha utilizado entre otros equipos tractor sobre oruga, retroexcavadora, hasta llegar a la base.



FOTO 47.- Construcción del barraje, donde se observa la excavación masiva ya ejecutado en el cauce del río en un tramo de 25 ml de longitud, para la construcción de la cimentación y estructura del barraje.



FOTO 48.- Construcción del barraje, donde se observa la excavación masiva y el problema de filtración de agua para la cimentación.

Ejecución de las Excavaciones sin presencia de agua.- Las excavaciones se han ejecutado según las líneas, rasantes, elevaciones y dimensiones indicadas en los planos.

Se ha tenido la precaución de no remover ni aflojar el material ubicado debajo de la cota final de excavación. El exceso de excavación no justificada, ha sido por cuenta del Contratista.

Los niveles de cimentación aparecen indicados en los planos, pero en algunos casos han sido modificados por la Supervisión y/o Proyectista, por considerarlo necesario, para asegurar una cimentación satisfactoria.

Para los niveles de cimentación y el tratamiento del terreno se ha tomado en cuenta las recomendaciones del Estudio de Suelos.

Los fondos de todas las excavaciones para estructuras, han sido devastados a mano, nivelados y limpiados de todo material suelto orgánico. Los espacios excavados por debajo de los niveles de las estructuras definitivas se han rellenados con concreto simple $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$, al que se le incorporó hasta un 30% en volumen de piedras.

En los trabajos de excavación se han establecido las medidas de protección, ya sea para proteger la vida del personal de construcción, así como de las personas o público en general, con el cuidado de no destruir diferentes instalaciones privadas y públicas.

El uso de entibado en las excavaciones se realizó sólo cuando fué absolutamente necesario, previa aprobación de la Supervisión.

Si el material del fondo de las excavaciones es susceptible de ser afectado por la intemperie y si la cimentación proyectada no se va a realizar de inmediato, se vació sobre el fondo, un solado de mortero de $f_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ de 0.10 m de espesor en promedio.

Cuando el material no fue el adecuado para formar la base de la cimentación, se reemplazó dicho material por uno apropiado.

La Supervisión indicará si es necesario compactar el fondo de la excavación, o llenar con algún material las grietas o cavidades que se presenten en la rocas sueltas.

Ejecución de las excavaciones con presencia de agua.- en el subsuelo de poca profundidad, se ha usado tablestacas y equipos de bombes para ejecutar las excavaciones.

El método de drenaje que se empleó, se adaptó a la permeabilidad media del suelo que circunda la excavación, a la profundidad bajo el nivel freático de la misma y a su magnitud. Se consideró también, que no se altere desfavorablemente las características del suelo de cimentación.

Para lo cual, se planteó el siguiente método con la aprobación de la Supervisión; en la excavación de cimientos del barraje, siendo el material de base un suelo permeable con partes finas bien cementadas que no pueden ser arrastradas por la presión de filtración, se bombeó el agua desde un sumidero ubicado en el fondo de la excavación, descargándolo a una distancia tal que no causó problema al área de trabajo.

Concluido el bombeo, se construyó la cimentación.



FOTO 49.- Construcción del barraje, donde se observa problema de filtración de agua en la base de cimentación de la pantalla aguas arriba, que con ayuda de dos motobombas se extrae el líquido. Asimismo se observa la excavación con retroexcavadora para la cimentación de la pantalla sumergida aguas abajo.

El eje de la bocatoma ha sido colocado, según una alineación que intercepta el talud con la orilla izquierda del Río Chillón, en un tramo en el que la acción modeladora del río ha erosionado y limpiado las partes de las rocas más degradadas de la ladera, asomando a la luz roca íntegra-.

El barraje, cruza el cauce en la cota 346 msnm y el borde del vertedero en 348.50 msnm; en este tramo, se limitó a la derecha por la ladera del cerro y a la izquierda por un dique artificial, en una amplitud de 70 m. La obra se encajó en el terreno a una profundidad de 3.50 m promedio.

El canal de limpia, las obras de toma incluido el desarenador han sido ubicados en la ladera izquierda, a continuación del vertedero.

En lo que se refiere a los terrenos de fundación, éstos son terrenos aluviales de grava que afloran de modo continuo en todo el área de la obra y que han sido controlados mediante sondeos efectuados en el cauce.

Los trabajos para la bocatoma se han efectuado preferiblemente durante los períodos de sequía del río, que duró unos 6 meses.

Con la finalidad de evitar posibles inundaciones, se derrumbó para su apertura y reconstruyó la configuración del proyecto, la orilla izquierda. Sucesivamente se procedió a la desviación temporánea de los flujos que se presentaron durante los trabajos y a la excavación inmediata para la formación del plano o de los planos de cimentación de las obras de derivación y de rebose, que estarán por debajo del nivel del agua.

Debiéndose alcanzar una profundidad de entre 3.00 m y 3.50 m por debajo del nivel de campo, para seguridad de los trabajadores y de los trabajos, a las paredes de la excavación se les dió un talud adecuado.

Las excavaciones proveyeron materiales sueltos de grava donde se pudo utilizar medios mecánicos, como la retroexcavadora.

3.23 C.2 EXCAVACIÓN EN ROCA SUELTA

En la ejecución de los trabajos de movimientos de tierra de excavación para la cimentación de las obras del barraje, canales de limpia y obras de toma laterales, se encontró roca suelta descompuestas y/o fisuradas en la construcción del muro al final del barraje que lindera con el cerro, es decir en la parte derecha. Para lo cual, debido a su dureza y dificultad que presentaron para su extracción, se procedió a utilizar equipos neumáticos (martillos, barrenos, etc.) y/o agentes químicos expansivos (no explosivos) a pequeña escala.

3.23 C.3 EXCAVACIÓN EN ROCA DURA

No se presentaron en la excavación materiales de este tipo en el proyecto.

3.23 C.4 RELLENO CON MATERIAL PROPIO

Rellenos sin compactar

Se usaron para jardinería, nivelación de terrenos en general, cuando no van a soportar tránsito de vehículos o cargas de cualquier tipo. Se colocaron en lo posible, en capas de no más de 30 cm de espesor.

Rellenos compactados

Sobre la superficie debidamente preparada, se colocaron los materiales que serán utilizados para el relleno. El extendido se realizó en capas horizontales cuyo ancho y longitud faciliten los métodos de acarreo, mezcla, riego o secado y compactación usados.

Se compactaron en capas de espesor de 0.25 m cuando la compactación se realizó con rodillos de compactación u otros equipos similares, ó 0.15 m cuando la compactación se realizó con equipo mecánico manual o pisones. Cada capa de relleno se humedeció o secó al contenido de humedad necesario para asegurar la compactación requerida.

En áreas grandes, para asegurar un material uniforme, se mezcló el material utilizando la motoniveladora.

Cada capa se compactó a la densidad requerida por medio de rodillos vibratorios de llantas neumáticas, o planchas vibratorias de 20 x 20 cm de sección.

Los suelos seleccionados con los que se construyeron los rellenos controlados, se compactaron de acuerdo a lo siguiente:

- Cuando el 30% o menos del material es retenido en la malla 3/4":
 - Si tiene mas de 12% de finos, se compactó a una densidad mayor o igual al 90% de la máxima densidad seca del Ensayo Proctor Modificado (ASTM D 1557), en todo su espesor.
 - Si tiene menos del 12% de finos, debió compactarse a una densidad no menor del 95% de la máxima densidad seca del Ensayo Proctor Modificado (ASTM D 1557), en todo su espesor.
- Cuando más del 30% del material es retenido en la malla 3/4":
 - Si el porcentaje de finos es menor o igual que el 15% se compactó a una densidad relativa (ASTM D 4254), no menor del 70%.

- No se utilizó materiales con mas del 15% de finos.

En donde no se especificó, las capas de relleno será compactada a una densidad mayor o igual al 95% de la máxima densidad seca del Ensayo Proctor Modificado, la capa superior del terreno natural sobre la cual se apoyara el relleno será compactada al mismo grado de compactación (95%).

Debe tenerse presente en la definición de las áreas donde no será necesario efectuar la compactación hasta el 95% de la máxima densidad seca del Ensayo Proctor Modificado, que los rellenos que no se efectúen con un material seleccionado y que no se compactan a las densidades especificadas como mínimo, no tendrán características adecuadas para recibir cargas de estructuras, ya que tendrán menor capacidad de soporte y sufrirán asentamientos diferenciales, bastante mayores que los que ocurrirían en un relleno debidamente compactado.

Para la aprobación de la compactación de una capa, se deberán cumplir los requisitos siguientes:

- El promedio de los valores del grado de compactación correspondientes a cada capa fué mayor que el especificado para el proyecto.
- En el control de la compactación se consideró que el suelo tenga menos del 5% por debajo del grado de compactación especificado para esa capa.



FOTO 50.- Construcción del barraje, donde se observa el relleno con material de préstamo y su compactación ejecutada del tramo aguas arriba de la pantalla.



FOTO 51.- Construcción del barraje, donde se observa el relleno con material de préstamo y su compactación ejecutada del tramo aguas arriba de la pantalla.

3.23 C.5 RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO

Características del Material para Rellenos

a. Para Rellenos en General

El material de los rellenos que se utilizó tubo las siguientes recomendaciones:

El Estudio de Suelos y las fuentes de préstamo propuestas, deberán ser aprobadas por la Supervisión. Para el caso de rellenos sin compactar, se empleará de preferencia material del lugar, que esté libre de basura o materia orgánica.

El material de relleno requerido fué preferentemente del tipo granular, constituido por grava arenosa, bien graduada, angular y limpia a ligeramente arcillosa, o por grava arenosa, mal graduada, angular y limpia a ligeramente arcillosa, la cual será sana y libre de materia orgánica u otros elementos deletéreos, debiendo ser aprobado previamente por la Supervisión. La granulometría del material utilizado deberá ser continua y cumplirá con las siguientes especificaciones:

- El contenido de finos (material menor que la malla N° 200) no deberá ser mayor que el 12% en peso seco del total.
- El tamaño máximo de la piedra no deberá sobrepasar los 75 mm (3") en su máxima dimensión.

- No deberá tener mas de 5,000 ppm de contenido de sales solubles totales.

Los materiales no recomendables para usarse como relleno, son:

- Limos y arcillas de limite liquido mayor de 100 %, suelos con alto contenido de materia orgánica (turba) y/o de alta plasticidad.
- Desmante de construcciones, troncos, basura o materia orgánica.

El material aprovechable de las excavaciones se podrá usar como relleno en los lugares que se requiera, siempre y cuando sea apto para el efecto, tomándose en cuenta las recomendaciones del Estudio de Suelos.



FOTOS 52 y 53.- Construcción del barraje, donde se observa el cextendido del material de préstamo seleccionado, y mezclado, aguas arriba de la pantalla del barraje, para su posterior compactación. Asimismo en la foto superior personal apisonando con vibrador portátil.

b. Para Relleno del Reservorio de Compesación

Las características del material para efectuar el relleno del dique del Reservorio de Compesación, a sido determinado por el contratista de acuerdo al estudio particular de explotación de la cantera considerada, y el material seleccionado ha sido aprobado por la Supervisión con el consentimiento del especialista en Geotécnia del proyecto.

Para fines de verificación de estabilidad del dique, se ha analizado y considerado la cantera denominada Cantera "A" que se ubica a 500 metros al este de la ubicación de la infraestructura del Reservorio, cruzando la carretera a Canta; la cual por su carencia de finos cohesivos debe ser mejorada, mezclando con suelos arcillosos que componen el segundo estrato de arena limosa y/o arena arcillosa (SM/SC) que se ubican inmediatamente bajo el suelo de cultivo superficial de la propia excavación local en la planta de tratamiento.

Estos materiales podrán ser colocados en pilas temporales dentro del área del reservorio de manera que puedan ser utilizados con facilidad en la mezcla, durante la construcción de los diques.

Los materiales excavados que fueran calificados como adecuados para la mezcla con los materiales de la cantera, pero que, por sus condiciones naturales se encuentren con exceso de humedad, serán colocados también en pilas temporales a fin de reducir su humedad, lo suficiente como para permitir su fácil trabajabilidad tanto en la mezcla como en la colocación en el terraplén.

Se determinó que la mezcla adecuada era el 70 % del material de la cantera "A" más 30 % de suelo natural areno limoso y/o areno arcilloso (SM/SC).

En el cuadro siguiente se indica el diseño de mezcla:

Malla	Cantera "A"	Suelo	Mezcla
3"		100	100
2"	100	100	100
1 ½"	99	96	98
1"	94	93	93
¾"	88	92	89
½"	80	90	83
3/8"	76	88	80
¼"	68	84	73
No. 4	65	82	70

10	48	74	56
20	29	68	41
30	22	66	35
40	17	64	31
50	13	63	28
100	7	53	21
200	4	35	13
LL (%)	-	42.0	-
LP (%)	-	28.0	-
Fricción	32.2	7.4	32.2
Cohesión	0.0	0.5 Kg/cm ²	0.15 – 0.20 kg/cm ²
Proporción de	70%	30%	OK

La fracción de fragmentos de roca en el dique estará comprendida entre 3" a 5" como máximo y el porcentaje no excederá el 10 % del volumen de relleno.

Todo material extraído que no se utilice como relleno, deberá ser transportado fuera de la Obra y depositado en un lugar autorizado por la Supervisión.

c. Para Carpeta de Afirmado en Vías Interiores

El material a ser utilizado como Carpeta de Afirmado será seleccionado, proveniente de la cantera de préstamo probada y autorizada para su uso -- Cantera "A". Los materiales son de procedencia proluvial.

Requisitos de calidad del material:

Clasificación SUCS: GW-GM/SW-SM

HRB: A-1-a (0)

Tamaño máximo de piedra: $D_{max} = 75 \text{ mm (3")}$

Granulometría del material para la carpeta de Afirmado:

TA MIZ	GRANULOMETRIA		
	(% que pasa)		
	Tipo A	Tipo B	Tipo C
2"	100	100	-
1"	-	75 – 95	100
3/8"	30 – 65	40 – 75	50 – 85
#4	25 – 55	30 – 60	35 – 65
#10	15 – 40	20 – 45	25 – 50

#40	8 – 20	15 – 30	15 – 30
#20	2 - 8	5 – 20	5 – 15
0			

Plasticidad, porción que pasa el tamiz #40:

Límite líquido: sin restricción.

Índice plástico: 6% máximo

C.B.R.: 90 % mínimo.

Propiedades de la Cantera "A":

Granulometría	% Pasante
2"	100
1"	99
3/8"	76
No. 4	65
10	48
40	17
200	4
Plasticidad	
Límite líquido	--
Índice plástico	N.P.
Clasificación	
SUCS	SW
HRB - AASHTO	A-1-a(0) + 35% de grava angulosa.

Equipos

Se podrán usar equipos mecánicos para los rellenos de plataformas; así, para el esparcido, riego y batido, podrán usarse motoniveladoras, mototraillas y cisternas; para la explanación y compactación, motoniveladoras o rodillos.

Para los rellenos de estructuras, podrán usarse equipos de compactación por impacto o vibración, tales como planchas vibratorias o en su defecto pisonos manuales.



FOTO 54.- Construcción del barrage, donde se observa el transporte del material de préstamo aluvial: afirmado, seleccionado.

C.7 Eliminación de Material Excedente

Para la eliminación del material excedente; cuando fue manual, se usaron las herramientas apropiadas, si fue con equipos, se usaron los cargadores frontales y/o retroexcavadoras y volquetes, a lugares aprobados por la Supervisión.



FOTO 55.- Construcción del barrage, donde se observa el carguío de material excedente de la obra de construcción del barrage.

3.24 LINEA DE CONDUCCION

Sobre el inicio del movimiento de tierras de este ítem; Ver partida 3.34 MOVIMIENTO DE TIERRAS.

3.24 D.1 SUMINISTRO E INSTALACION DE LA TUBERÍA.

Ver en partida 3.30 LINEA DE CONDUCCION, sub partida 3.34 D.2



FOTO 56.- Instalación de la tubería, donde se observa la excavación de material suelto con una retroexcavadora, para la instalación de la tubería de concreto armado pretensado - CAP, al inicio de la bocatoma hacia la planta potabilizadora.

3.25 OBRAS DE CONCRETO

ALCANCE

La presente especificación establece los requisitos para la ejecución de todos los trabajos de movimientos de tierra a cielo abierto; los cuales incluyen excavaciones masivas, cortes y excavación para cimentaciones; así como también la ejecución de los rellenos, compactación de suelos, y la eliminación del material excedente, para la ejecución de las estructuras del barraje y de las obras de toma que comprenden las obras de captación.

Esta parte genérica comprende:

- Excavación masiva en material suelto
- Excavación en roca suelta
- Excavación en roca dura
- Relleno con material propio

- Relleno con material de préstamo
- Eliminación de Material Excedente

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Reglamento Nacional de Edificaciones.

Reglamento de Metrados para Obras de Edificación.

Norma Técnica de Edificación E-050. Suelos y Cimentaciones. Edición Enero 1997.

Estudio de Suelos Planta de Tratamiento de Agua y Tanque de Compensación No. M1456 de M y M Consultores S.R.L.

ENTREGAS

Las entregas por parte del Contratista a la Supervisión, requeridas con relación a los trabajos de movimientos de tierras, incluyen lo siguiente:

- Planos de obra de trazo, nivelación y replanteo
- Lista de equipos a movilizar y desmovilizar

3.25 E.1 CONCRETO

E.1a CONCRETO SIMPLE

El **concreto simple**, se empleó en aquellas partes o en la totalidad de las estructuras que se indicaban específicamente en los planos.

E.1ai En la fabricación del **concreto simple** se empleó la combinación de piedra con agregados gruesos y finos.

E.1aii Y, en la fabricación de **concreto ciclópeo** adicionalmente al concreto simple se colocó piedra desplazadora en porcentaje y tamaño máximo de piedra indicado en los planos.



FOTO 57.- Construcción del barraje, donde se observa como se ha realizado el vaciado de concreto simple por etapas de la cimentación de tipo directo.

Al especificarse una resistencia característica del concreto ciclópeo, se entiende que ésta se refiere a la matriz y no al conjunto de concreto y piedra desplazadora. Los controles de la calidad del concreto así fabricado se ejecutaron de acuerdo a lo indicado en los Ensayos e Inspección de las Normas.

La calidad del concreto fue de 175 kg/cm² en los muros de gravedad de encausamiento de la bocatoma y al interior del barraje fijo, en las pantallas de lecho de infiltración se emplearon concreto ciclópeo con un contenido mínimo de cemento de 210 kg/m³ de concreto en la parte inferior y de 280 kg/m³ en la parte superior, tal como se indica en los planos respectivos.

Falsas Zapatas

Las falsas zapatas fueron obligatorias en donde las excavaciones hayan sido hechas con exceso o en donde se requiera llegar al nivel de cimentación sin aumentar las dimensiones de los elementos estructurales. Antes de proceder al vaciado, el terreno fue nivelado, humedecido y apisonado.

Solados

El solado se colocó en todas las cimentaciones y losas apoyadas sobre el terreno tal como se mostraban en los planos, y se ejecutó tan pronto como se terminen los trabajos de movimiento de tierras, y en lo que era

necesario bombear agua filtrada se descargó hasta una distancia aguas abajo para que no cause problemas al área de trabajo.

El concreto fue de consistencia fluida, con una resistencia referencial de $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$.

En el colocado, se niveló y emparejó hasta conseguir una superficie horizontal del espesor indicado en los planos.



FOTO 58.- Construcción de la pantalla de lechos de filtración, donde se observa el vaciado de concreto simple para el solado de la cimentación, aguas arriba de las obras de captación.

Cimientos corridos

La cimentación local del barraje de tipo fijo se ha efectuado en tres etapas, para lo cual previamente al vaciado de concreto, se limpió, apisonó y humedeció los fondos, refinando la verticalidad de las paredes y acondicionando el sitio de trabajo con tabloncillos para el paso de carretillas y personal, evitando así el desmoronamiento de los bordes.

La profundidad de cimentación ha sido de la profundidad a que se encontró el terreno apropiado cuya capacidad de carga fue requerida por los planos y aprobada por la Supervisión.

Las dimensiones de la cimentación fue la indicada en los planos.

La mezcla utilizada para los cimientos fue la que proporcionó una resistencia mínima $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ y piedra grande desplazadora no mayor a 8 pulgadas, hasta un máximo de 30% en volumen.

Se verificó que los fierros de los muros u otro elemento estructural, estén en su posición definitiva de acuerdo a los alineamientos, a los ejes del trazado y a los recubrimientos mínimos exigidos.

El vaciado se hizo por capas alternadas de concreto y piedra desplazadora, iniciándose con una primera capa de concreto de por lo menos 5 cm de espesor. Las subsiguientes capas de concreto tuvieron un espesor igual al del tamaño máximo de la piedra desplazadora; ésta se echó una por una de manera que cada una de ellas quede completamente embebida en el concreto sin ningún punto de contacto entre ellas.

El trabajo se continuó hasta alcanzar la altura especificada en los planos empleándose para tal efecto "puntos" de referencia. La superficie superior quedó nivelada y antes del endurecimiento del concreto se rayó dejando algunas piedras sobresalidas para mejorar la adherencia con el siguiente vaciado de concreto.



FOTO 59.- Cimientos por etapas, en la construcción del barraje, se observa como se ha colocado piedras sobresalidas después de vaciado el concreto ciclópeo, para mejorar la adherencia con el siguiente vaciado.

3.25 E.1b CONCRETO ARMADO

Concreto Pre-Mezclado

La mayor parte del concreto que se utilizó en la obra fue concreto premezclado, excepto para elementos pequeños previa aprobación del Supervisor.

Se denomina concreto premezclado, a todo concreto preparado bajo el directo control del Contratista o no, con equipo ubicado fuera del sitio y transportado en camiones mezcladores.

En el caso de emplearse concreto premezclado, éste fue mezclado y transportado de acuerdo a la Norma ASTM C-94.



FOTO 60.- Concreto pre mezclado, donde se observa el encofrado de los muros de las pantallas de los lechos de filtración y el colcado del concreto pre mezclado, aguas arriba de la bocatoma.

Grados de Concreto

Usando cemento Portland tipo I, el Contratista diseñó mezclas para uno o todos los tipos o grados de concreto que se muestran en el siguiente cuadro según lo requieran las estructuras de las diferentes obras que componen el proyecto:

Grado del Concreto	Tamaño máximo del agregado Mm	Resistencia característica a los 28 días * kg/cm ²	Relación máx. agua libre/cemento +	Slump máximo mm
280	20	280	0.48	50
280	40	280	0.48	50
245	20	245	0.48	50
245	40	245	0.50	50
210	20	210	0.53	50
210	40	210	0.55	50
175	20	175	0.60	75
175	40	175	0.60	75
140	20	140	-	75
140	40	140	-	75
100***	20	100	-	75
100***	40	100	-	75

*** Concreto pobre para solados

** El grado del concreto es el número que presenta su resistencia a la compresión a los 28 días, la cual se expresa en kg/cm².

* La resistencia característica es el valor de la resistencia a la cual se rompe la probeta y no más de 5% de los resultados de los ensayos son menores a este valor. Se considerará que esta condición ha sido satisfecha cuando los resultados estén conformes con los requerimientos de ensayos especificados.

+ Basado en agregados secos.

Relación Agua Libre/Cemento

Al diseñar y establecer mezclas aprobadas de concreto para cualquier parte de las obras, el Contratista tuvo que ceñirse estrictamente a las limitaciones de las relaciones agua/cemento establecidas expresamente en las especificaciones, o que se muestren en los planos y que son aplicables al concreto para partes específicas de las obras o (cuando no se haya establecido o mostrado en los planos) de acuerdo al cuadro sobre grados del concreto.

Límites del Contenido de Sales

Ningún concreto contendrá más del total de cantidades de sustancias expresadas en porcentajes por peso de cemento:

a. Mezclas que contengan cemento Portland según ASTM C.150.

Total de cloruros solubles en agua: 0.3% (como ion cloruro) como máximo.

b. Para todas las mezclas

Total de sulfatos solubles en ácido: 4.0% (como iones SO₃) como máximo.

Trabajabilidad

La trabajabilidad de cada grado de concreto fue tal que se obtenga una compactación satisfactoria cuando el concreto sea colocado y vibrado en la obra, y que no tenga tendencia a segregarse durante el manipuleo, transporte y compactación según los métodos que se utilizó en las obras.

El asentamiento o slump del concreto fue determinado de acuerdo con ASTM C143, antes que el concreto haya sido depositado en las estructuras, aceptándose con valores menores indicados en el Cuadro.

Diseño de Mezclas de Concreto

Cada diseño de mezcla se realizó siguiendo las siguientes especificaciones:

- i. El agregado comprenda tanto agregado fino como grueso. El tamaño máximo del agregado grueso será 20mm o 40mm según se muestre en los planos o lo ordene el Supervisor. Se diseñará una mezcla separada para cada tamaño máximo del agregado para cualquier grado de concreto.
- ii. La relación máxima agua libre/cemento será la máxima relación agua/cemento cuando el agregado esté saturado pero superficialmente seco.
- iii. Las mezclas serán diseñadas para producir una resistencia de la probeta cilíndrica de concreto a los 28 días de su preparación de acuerdo al Código de la ACI.
- iv. Para cualquier concreto que contenga aditivos, las resistencias no serán menores que aquellas especificadas en el cuadro de grados de concreto, pero las mezclas serán diseñadas separadamente para tomar en cuenta los efectos de los aditivos y se prepararán y ensayarán separadamente mezclas de prueba.

Dosificación de Materiales

El cemento usado en la preparación de concreto se midió por peso, haciendo cada tanda de concreto en una cantidad adecuada para lograr un número exacto de bolsas de cemento.

En selección de las proporciones de los materiales integrantes del concreto se buscó que:

- Se logre la trabajabilidad y consistencia que permitan que el concreto sea colocado fácilmente en los encofrados y alrededor del acero de refuerzo bajo las condiciones de colocación a ser empleadas, sin segregación o exudación excesiva.
- Se logre la resistencia de diseño en las condiciones especiales de exposición a que pueda estar sometido el concreto, como se exige en la Tabla 2.
- Se cumpla con los requisitos especificados para la resistencia en compresión. El esfuerzo de compresión especificado del concreto, f_c , para cada porción de la estructura indicada en los planos, está basado en la fuerza de compresión alcanzada a los 28 días.

Tabla 2: CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICION

Condiciones de Exposición	Relación agua/cemento Máxima
a) <i>Expuestos a agua dulce con bajo contenido de sulfatos y cloruros</i>	0.55
b) <i>Expuesto a agua dulce con moderado contenido de sulfatos y cloruros.</i>	0.48
c) <i>Expuestos a agua de mar, agua salobre o a ambientes agresivos</i>	0.45
d) <i>Expuesto a la acción de aguas cloacales*</i>	0.45
<i>Concreto expuesto a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda</i>	
a) <i>Sardineles, cunetas, secciones delgadas</i>	0.45
b) <i>Otros elementos</i>	0.50
a) <i>Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres, neblina o rocío de estas aguas.</i>	0.40
b) <i>Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.</i>	0.45

* La resistencia f_c no deberá ser menor de 245 kg/cm² por razones de durabilidad.

Las proporciones de la mezcla de concreto, incluida la relación agua/cemento, fueron la del diseño de mezcla para cada tipo de concreto.

Mezclado del Concreto Preparado en Obra

En la obra también se preparó concreto con mezcladoras a pie de obra, aprobadas por la Supervisión.

El concreto fue mezclado en cantidades adecuadas, para su empleo y la medida de los materiales en la obra se realizó por medios que garanticen la obtención de las proporciones especificadas.

- Cuando se usó mezcladoras a pie de obra, el mezclado se hizo en estricto acuerdo con la capacidad máxima de los equipos y a la velocidad especificada por el fabricante, manteniéndose un tiempo de mezclado mínimo de 90 segundos.
- Cada tanda ha sido cargada en la mezcladora de manera tal, que el agua comience a ingresar antes que el cemento y los agregados.
- La tanda fue descargada hasta que el tiempo de mezclado se haya cumplido.
- En la incorporación de aditivos a la mezcladora se tendrá en consideración lo siguiente:
 - i. Los aditivos químicos deberán ser incorporados a la mezcladora en forma de solución, empleando de preferencia equipo dispersante mecánico. La solución deberá ser considerada como parte del agua de mezclado.
 - ii. Los aditivos minerales podrán ser pesados o medidos por volumen, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
 - iii. Si se va a emplear dos o más aditivos en el concreto ellos deberán ser incorporados separadamente a fin de evitar reacciones químicas que puedan afectar la eficiencia de cada uno de ellos o las propiedades del concreto.

Preparación para la Colocación del Concreto

Antes de la colocación del concreto, se retiró de la superficie de las cimentaciones o del concreto colocado anteriormente, aceite, fragmentos sueltos de roca, tierra, lodo, madera u otros desperdicios y cualquier agua estancada, y se verificaron todas las medidas de los encofrados y que éstos están seguros.

Transporte de Concreto

El concreto se transportó en camiones mezcladores desde el sitio de su preparación hasta su ubicación en las obras tan rápido como fue posible, y usando los métodos adecuados para evitar la segregación o el secado, y asegurar que el concreto, al momento de la colocación, tenga la trabajabilidad requerida. Sin embargo, cuando se produjeron segregación, los materiales se mezclaron nuevamente o se desecharon.

El Contratista conservó para la inspección del Supervisor todas las guías de entrega de concreto en obra.

Colocación de Concreto

Antes de colocar el concreto en cualquier parte de las obras, el Contratista inspeccionó y verificó por sí mismo que cada parte se encuentre lista, en todo sentido, para recibir el concreto.

El concreto se colocó y vibró antes de que el fraguado inicial haya tenido lugar, y en ningún caso después de 45 minutos desde el momento de la mezcla.

No se colocó concreto que endureció parcialmente o que se haya sido contaminado con materias extrañas.

El concreto se colocó cuidadosamente en capas horizontales, manteniéndose a una altura uniforme durante todo el trabajo. No se permitió que el concreto se deslice o fluya por superficies inclinadas hasta su posición final; éste se colocó en su posición final desde tubos de bajada u otras máquinas o mecanismos de colocación. Si esto no era posible, el concreto se colocó en posición por medio de palas, teniendo cuidado para evitar la separación de los materiales constituyentes.

El concreto vaciado en su sitio en la obra se colocó verticalmente.

Se trató de no tocar el encofrado entre el punto de descarga y su posición final en la obra. Las rampas se diseñaron de tal forma que no hubo segregación o pérdida de mortero, y estaban provistas de un tubo vertical cónico de bajada para asegurar que el concreto sea descargado verticalmente a su posición.

El proceso de colocación se efectuó en una operación continua y/o en capas de espesor tal, que el concreto no se depositó sobre otro que ya se endureció lo suficiente, para evitar que se origine la formación de juntas o planos de vaciado dentro de la sección.

La operación de colocación se continuó hasta que se complete un paño o sección y/o tramo, definido por sus límites o juntas predeterminadas. Si la sección no puede ser terminada en un vaciado continuo, las juntas de construcción se hicieron de acuerdo a lo indicado en la sección "Juntas" de las Especificaciones.

El mortero o agua utilizados al principio o final de un vaciado se descargaron fuera del encofrado.

Los separadores temporales colocados en los encofrados fueron removidos cuando el concreto haya llegado a una altura en que esos separadores ya no se necesiten.

La altura máxima de colocación del concreto por caída libre fue de 1.5 m.

Compactación

El concreto colocado se compactó con una cantidad adecuada de vibradores de amplitud y energía apropiadas para compactar en forma adecuada y rápida todo el volumen de concreto a ser colocado.

En todo momento, hubo vibradores de repuesto para caso de averías.

Los vibradores se introducían en el concreto no compactado en forma vertical y a intervalos regulares.

Cuando el concreto no compactado se encontraba en una capa sobre concreto recientemente compactado, se permitía que el vibrador penetre verticalmente unos 0.10 m dentro de la capa anterior.

Por ninguna razón se permitió que los vibradores se pongan en contacto con el refuerzo o encofrado.

La duración de la vibración se limitó hasta aquella que se requiera para producir una compactación satisfactoria sin causar segregación. La vibración no se continuó después que el agua o exceso de mortero aparezca en la superficie.

El vaciado se hizo de tal forma tal que se embebió en concreto todas las barras de refuerzo, hasta que llegue el concreto a todas las esquinas, y que se elimine todo el aire, de modo que no queden "cangrejeras".

Asistencia de Fierros y de Carpinteros

Se tomó las medidas apropiadas para asegurar que el refuerzo, el encofrado y todas las piezas empotradas se mantengan en posición correcta mientras se lleva a cabo el vaciado del concreto.

Por eso, las disposiciones para la colocación del concreto incluía la asistencia, cuando se les necesite, de fierros y carpinteros especializados, dentro del equipo de vaciado de concreto.

Curado del Concreto

El concreto normal se curó mantenido a 10°C por lo menos durante 7 días.

En los elementos inclinados y verticales como muros, fueron curados por agua se cuidó de mantener la superficie húmeda permanentemente.

Los materiales y método de curado fueron sujetos a la aprobación de la Supervisión.

En algunos casos se mantuvo los encofrados húmedos hasta que ellos puedan ser retirados sin peligro para el concreto. Después de retirar los encofrados, el concreto fue curado hasta la finalización del tiempo indicado anteriormente.

Durante el período de curado el concreto deberá ser protegido de daños por acciones mecánicas tales como esfuerzos originados por cargas, impactos o excesivas vibraciones.

Todas las superficies del concreto ya terminadas deberán ser protegidas de daños originados por el equipo de construcción, materiales o procedimientos constructivos, procedimientos de curado, o aguas de escorrentía.

Juntas de Construcción

Las juntas de construcción se ubicaron de forma que no disminuyan la resistencia del concreto en los muros y/o pantallas del barraje / canal de limpia y de las otras estructuras de la obra de toma lateral.

Se formaron rebajes y/o hendiduras según lo solicitó el Supervisor.

La posición de las juntas de construcción y las dimensiones de los paneles de encofrado estaban coordinados de forma que el eje de cualquier junta de construcción coincida con el eje de la junta del encofrado, apareciendo en series regulares y uniformes.

No se inició ningún vaciado hasta que el Supervisor no haya aprobado el método de colocación, las posiciones y forma de las juntas de construcción y las tandas de vaciado.

Dimensiones y Superficies del Concreto Acabado

La mano de obra para el encofrado y el vaciado fue tal que el concreto no requiera rectificación, que las superficies estén perfectamente compactadas, lisas y sin irregularidades.



FOTO 61.- Construcción del barraje, donde se observa el apuntalamiento del encofrado de madera de las pantallas y losa del barraje. Se nota asimismo, la junta de construcción con water stop en un borde de las esquinas.

Las especificaciones con el que se trabajó para cumplir las normas de cabado, fueron las siguientes:

- Las superficies de concreto para las diferentes clases de acabados con y sin encofrado no excederán en ningún caso las tolerancias máximas permitidas que se establecen en los Planos, si no están especificadas, según se muestra en el Cuadro que se presenta más adelante.
- En el Cuadro, "Alineamiento y Nivel" y "Dimensiones" significarán los alineamientos, niveles y dimensiones de la sección transversal que se muestra en los planos.
- Las irregularidades de la superficie se clasificarán como "abruptas" o "graduales". Las irregularidades abruptas incluyen, sin estar limitadas a esto, los salientes y rebordes causados por el desplazamiento o mala colocación del encofrado, nudos y otros defectos en los materiales del encofrado y será comprobadas por medio de medición directa. Las irregularidades graduales se probarán por medio de una plantilla recta de 3.0 m de longitud para superficies sin encofrado y de 1.5 m de longitud para superficies con encofrado.

Cuadro: Tolerancia Máxima en Milímetros

Clase de acabado	Alineamiento y Nivel	Irregularidad abrupta	Irregularidad gradual	Dimensión
U1	+ 12	6	+ 6	-
U2	+ 6	3	+ 3	-
U3	+ 6	3	+ 3	-
F1	+ 12	6	+ 6	+ 12, -6
F2	+ 6	6	+ 6	+ 12, -6
F3	+ 3	3	+ 3	+ 6

Superficies Sin Encofrado - Clases de Acabado

Los acabados de superficies de concreto, sin encofrado, se clasificaron como U1, U2, U3. Cuando se indicó la clase de acabado, el concreto se consideró como clase U2.

Para la parte superior de las losas del piso y del techo de los reservorios el acabado será U3.

El acabado de clase U1 es la primera etapa para los acabados de clase U2 y U3. El acabado de clase U1 será acabado nivelado y enrasado, uniforme llano, el cual (salvo que se esté convirtiendo en la clase U2 y U3) no será disturbado de ninguna manera después de la fragua inicial y durante el período de curado, retirando el concreto excedente inmediatamente después de la compactación.

El acabado de clase U2 se logró por revoque manual o mecánico de la superficie del concreto después de que la fragua inicial haya tenido lugar y que la superficie esté suficientemente endurecida. No se trabajará el concreto más que lo necesario para producir un acabado uniforme tipo "lija" libre de marcas de enrasado.

El acabado de clase U3 será un acabado duro, liso para el que se ha usado llana de acero. El llanado no empezará hasta que la película de humedad haya desaparecido y que el concreto haya endurecido suficientemente para prevenir que un exceso de mortero superficial exudado penetre en la superficie.

La superficie se llenó con presión firme, quedando libre de las marcas de la plancha.

No se añadió cemento seco, mortero o agua durante cualquiera de las operaciones arriba descritas.

Empotramiento de Tubos y Otros Elementos

Los tubos y otros elementos que pasen a través de las estructuras de concreto fueron, empotrados en la estructura a medida que el trabajo se efectuó, habiendo sido instalados y conectados al resto del sistema para asegurar un ajuste apropiado antes del inicio del vaciado.

Cuando no se pudo adoptar este procedimiento, se agujeró para estos elementos para permitir que sean empotrados posteriormente, conjuntamente o después de la instalación del resto del sistema.

Todos los elementos empotrados fueron fijados adecuadamente en su posición correcta para prevenir el movimiento o daños durante el empotramiento.

En particular, no se vació el concreto sobre las tuberías que tenga juntas con bridas hasta que se haya verificado su ajuste perfecto con otras tuberías y que se haya asegurado en su posición.

El concreto usado para el empotramiento fue del mismo grado que el concreto circundante, excepto que la mezcla con aditivo expansivo aprobado, usado de acuerdo a las instrucciones del fabricante. El mortero de cemento/arena también usaron un aditivo expansivo. El concreto y el mortero fueron colocados y compactados cuidadosamente para evitar dañar los elementos empotrados.

Prefabricados para Cámaras, Cercos y Casetas de Pozos

Las unidades prefabricados de concreto que se utilizaron en la galería de drenaje en los barrajes, éstas se fabricaron en el grado de concreto y con las dimensiones y detalles que se indicaban en los planos.

El concreto cumplió con las especificaciones, ya sea que éstas se fabriquen en el sitio, o el de premezclado.

Cuando se instaló las unidades prefabricadas de concreto, las superficies de las unidades que quedaron expuestas internamente, sus superficies terminadas mantenían su color y textura.

Los detalles de los soportes temporales que se consideró necesarios para asegurar estabilidad adecuada durante el transporte y colocación en el sitio de la estructura fueron retirados. Una vez que fueron instalados.

- Los procedimientos y dispositivos para el levantamiento de los elementos prefabricados.



FOTO 62.- Instalación de elementos prefabricados, en la construcción del barraje, se observa lo instalado de dichos elementos prefabricados de la galería de drenaje, aguas arriba.

Instalación de Elementos Prefabricados de Concreto

En todas las etapas y hasta la finalización de la construcción del barraje, los elementos prefabricados se protegieron adecuadamente para preservar todas las superficies permanentemente expuestas.

Todas las unidades se colocaron, apoyadas, unidas y fijadas de acuerdo a los alineamientos, niveles y otros detalles que se muestran en los planos, con el apoyo de una pluma rodante.



FOTO 63.- En la instalación de elementos prefabricados, de la construcción del barraje, se observa el interior de la galería de drenaje, cajón de concreto prefabricado instalado y cuiminada en todo su longitud de 70 m.

3.25 E.2 ENCOFRADOS

ALCANCE

En esta parte del Informe, se explica los requerimientos que cumplen los encofrados para concreto de las siguientes estructuras:

- Lechos de infiltración
- Cruce de carretera
- La Obra de Captación - Bocatoma
- Estructura de entrada y salida del Reservorio de Compensación
- Cámara de válvulas y Mezcla Rápida de Coagulación
- Floculación Hidráulica
- Sedimentadores Laminares
- Filtros de Gravedad
- Pozas de Lavado de Filtro
- Pozas de Lodos
- Reservorios de Regulación
- Edificio Administrativo y de Servicios
- Cámaras de Bombeo de los Pozos.
- Cámaras para válvulas para control de llenado de reservorios.
 - Cámaras para válvulas reductoras de presión.
 - Cámaras para válvulas sostenedoras de presión.
 - Cámaras para válvulas de cierre y derivación.
 - Cámaras de medición.
 - Cámaras para válvulas de aire y drenaje de tuberías.
 - Reparación de pavimentos.
 - Anclaje de válvulas y accesorios.
 - Cerco para casetas de bombeo de los pozos.
 - Otras necesidades.

NORMAS DE REFERENCIA

El encofrado cumplió con las siguientes normas de ITINTEC:

400.033	Andamios. Requisitos
400.034	Andamios. Definiciones y Clasificación.



FOTO 64.- Construcción del barraje, donde se observa el encofrado de los muros de las pantallas del barraje, realizado por etapas.

Materiales para el Encofrado

Los encofrados utilizados fueron de madera y acero.

La madera usada fue resistente, liviana y de un peso específico y módulos de elasticidad alta, que aseguraron menos deformabilidad.

La madera usada estuvo libre de defectos, tales como: nudos: desviaciones de las fibras, rajaduras, alabeos, etc., que disminuyan la resistencia.

Toda madera fue protegida de la lluvia, humedad del suelo u otras situaciones que puedan producir pudrición, defectos del secado posterior (rajaduras, alabeos, etc.) u otros defectos que hagan el material inapropiado para la construcción.

La madera fue reusada mostrando ser adecuados estructuralmente y mantuvieron la calidad necesaria para el uso al que se les destinó.

La madera se usó en estado seco, de preferencia a un contenido de humedad igual o equivalente que el de servicio. Se tomó en cuenta los cambios de dimensiones de la sección. La madera muy seca absorbe parte de la humedad del concreto y tiende a hincharse, por lo que se usó madera secada al aire a un contenido de humedad de 15% a 18%.

La durabilidad de la madera se estableció de acuerdo a la importancia del uso a que se le destinó. Las maderas naturalmente durables no necesitaron tratamiento de preservación para condiciones de uso

normales. Para las maderas no muy resistentes al ataque de hongos o insectos, se empleó preservadores de madera, aplicados siguiendo métodos adecuados a fin de alcanzar la penetración requerida.

Se usó madera contrachapada con los requisitos de ser hecha a partir de madera resistente a la humedad, con cola apropiada para ciclos de secado y humedad y que los encofrados fueron diseñados tomando en cuenta el espesor y deformación.

Diseño y Disposición del Encofrado

El Contratista fue responsable de la calidad y seguridad adecuada del encofrado para todas las estructuras de concreto de la obra.

En encofrados para superficies externas, que están expuestas permanentemente, todas las juntas horizontales y verticales del encofrado están dispuestas de forma que las líneas de las juntas formen un patrón uniforme en la superficie del concreto. Cuando el Contratista propuso hacer el encofrado con paneles de encofrados fabricados a dimensiones tipo, el tamaño de dichos paneles fue aprobado por el Supervisor antes de ser usados en la construcción de las Obras.

Al plantear el patrón de las líneas de junta producido por el encofrado y por las juntas de construcción se tuvo en cuenta el acabado final de la altura total de la estructura y estructuras adyacentes para asegurar la continuidad de las líneas horizontales y verticales.



FOTO 65.- Construcción del barraje, donde se observa de aguas arriba la construcción por etapas del encofrado y de la armadura de la pantalla del barraje.

Clases de Acabado en Superficies Encofradas

Los acabados de la superficie de concreto con encofrado se clasifican como F1, F2 o F3, o el acabado especial.

Cuando no se especificó la clase de acabado de concreto, éste se asumió de la Clase F2 para todas las superficies que no fueron tarrajeadas y F1 para otras superficies. En las obras no se consideraron superficies de acabado de la Clase F3 (caravista).

El encofrado para acabado de Clase F2 fue recubierto con tableros de madera machihembrado o paneles de madera triplay o preferentemente de metal, dispuestos en un patrón uniforme aprobado, libre de defectos que puedan desmerecer la apariencia de la superficie.

El encofrado para el acabado de Clase F1 se construyó con madera y/o metal laminado que evitó la pérdida de mortero cuando el concreto es vibrado. Las superficies que va a ser posteriormente revocadas, se desbastaron o se hicieron ásperas tan pronto como se retiró el encofrado para reducir cualquier irregularidad hasta un máximo de la mitad del grosor del revoque y para proporcionar una adherencia satisfactoria.



FOTO 66.- Construcción del barraje, donde se observa el encofrado y armadura de la pantalla del barraje y del muro de sostenimiento lateral derecho establecido sobre una base rocosa.

Montaje del Encofrado

Todo encofrado fue de construcción sólida, con un apoyo firme, adecuadamente apuntalado, arriostrado y amarrado para soportar la

colocación y vibrado del concreto y los efectos de la intemperie. El encofrado no se amarró o apoyó en el refuerzo.

Las superficies del encofrado que estuvo en contacto con el concreto estuvo libres de materias extrañas adherentes, clavos y otros elementos salientes, hendiduras u otros defectos y todo encofrado fue limpio y libre de agua empozada, suciedad, virutas, astillas, u otras materias extrañas. Las juntas fueron lo suficientemente impermeables para evitar el escape de mortero o la formación de rebordes u otras imperfecciones en la superficie del concreto.

Excepto cuando la superficie va a ser posteriormente revocada, antes de la colocación del refuerzo y del concreto, el encofrado en contacto con el concreto fue tratado con un aditivo adecuado que no manche para evitar que el concreto se adhiera. Se tuvo cuidado para evitar que el aditivo entre en contacto con el refuerzo o el concreto en las juntas de construcción.

En los casos donde se tuvo que empotrar tirantes en el concreto para sostener el encofrado, la totalidad o parte de cualquiera de estos soportes se retiraron cuando se quedaron incrustados en el concreto, cumplieron los siguientes requisitos: que quede a menos de 50 mm de la superficie en el caso de concreto reforzado y de 150 mm en el caso de concreto sin reforzar. Los agujeros que queden después del retiro de estos soportes se rellenaron adecuadamente con mortero seco bien apisonado.

Se dejó aberturas para la inspección del interior del encofrado, para la eliminación del agua usada para limpieza y para la colocación del concreto, y se realizó de tal forma que fueron cerradas fácilmente antes o durante el vaciado del concreto. Antes de vaciar el concreto todos los pernos, tubería o ductos u otros elementos que van a estar empotrados, se fijaron en posición correcta.

Retiro del Encofrado

El encofrado se diseñó de forma que permita su fácil retiro, sin tener que recurrir al martilleo o palanqueo contra la superficie del concreto.

Los lapsos de tiempo entre la colocación del concreto y el retiro del encofrado estuvieron de acuerdo a lo aprobado por el Supervisor, después de haber considerado las probables cargas que se impuso en el concreto. En ningún caso estos lapsos fueron menores a los períodos que se muestran en el siguiente cuadro. Cuando el encofrado de la parte inferior

del techo se construya de manera que permita la remoción de la mayor parte del encofrado y reteniendo sin alterar un número suficiente de puntales durante y después del retiro el Contratista solicito, con la aprobación del Supervisor, retirar el encofrado en plazos más cortos que los que se menciona en el siguiente cuadro, siempre y cuando los puntales se dejen en posición y no sean perturbados durante el retiro de la mayor parte del encofrado.

Tiempo mínimo para desencofrado (para concreto con cemento Portland tipo I)	
	Clima Normal
	Días
Lados de vigas, muros y columnas	1
Losas (manteniendo puntales)	4
Puntales para losas	10
Sófitos de las vigas (manteniendo los puntales)	7
Puntales para la vigas	14

A pesar de lo antes expresado, el Contratista fue considerado responsable de cualquier daño producido por el retiro del encofrado antes de que la estructura esté en condiciones de soportar su propio peso y cualquier carga ocasional.

Defectos en las Superficies Encofradas

La calidad de ejecución del encofrado y el vaciado de concreto fue tal que el concreto no necesitó normalmente de ninguna rectificación, quedando las superficies perfectamente compactadas y lisas.

Cualquier pequeña imperfección superficial se reparó a satisfacción del Supervisor inmediatamente después del retiro del encofrado.

Cuando el trabajo de resane se efectuó usando mortero de resina epóxica u otro material especial, la superficie limpia del agujero se preparó e imprimió y el material de reparación se colocó, compactó y terminó de acuerdo con las instrucciones del fabricante.



FOTO 67.- Construcción del barraje, se nota el acabado final del concreto armado de la pantalla del barraje, así como los orificios de la galería de drenaje aguas arriba.

CONTROL

El Contratista fue responsable de llevar a cabo todos los diseños y construcción de los encofrados.

El Supervisor inspeccionó los encofrados cuantas veces sea conveniente y dio su aprobación antes de proceder a la colocación del acero de refuerzo, sin que por esto el Contratista cese en su plena responsabilidad para la ejecución de las obras bajo su Contrato.

3.25 E.3 ARMADURA

ALCANCE

Esta parte del capítulo se refiere a las armaduras de acero corrugado que se utilizaron en el Concreto Armado en las estructuras que comprende el proyecto.

NORMAS DE REFERENCIA

El acero de refuerzo para el concreto armado estuvo conforme con las Normas que se enumeran a continuación:

ACI 318; ASME (Código Sección IX); ASTM A 370/615M/706M; AWS D12.1; e ITINTEC 341.029/341.030/341.031/341.068

ENTREGAS POR EL CONTRATISTA

Las entregas que se requirieron del Contratista con relación al acero para armaduras incluyeron en lo que corresponde, lo siguiente:

- Información de los fabricantes para accesorios y acoplamientos.
- Certificados de ensayos de los fabricantes otorgados por laboratorio oficial por cada remesa de acero de armaduras, según lo requerido por la norma de calidad pertinente.
- Cuando se usó soldadura para la armadura, procedimientos de soldado y certificación de capacidad de los soldadores.
- Cuando se usó acoplamientos mecánicos, certificados de los ensayos.
- Muestras de acero para armaduras para ensayos.

Materiales: Armadura de Acero

El acero estuvo especificado en los planos de acuerdo a su carga de fluencia.

Las barras de refuerzo de diámetro mayor o igual a 8 mm son corrugadas, las de diámetros menores pueden ser lisas

Las barras corrugadas de refuerzo cumplieron con las Normas específicas, para las diferentes barras de acero.

Accesorios

Los espaciadores para mantener el recubrimiento de concreto con el acero fueron de concreto a la misma textura, color y composición del concreto in-situ.

Los asientos y otros accesorios para mantener el acero en posición fueron de acero.

El alambre para amarres fueron de acero dulce, de calibre N° 16.

Acoplamientos Mecánicos

Los acoplamientos mecánicos, cuando fueron permitidos, se obtuvo de un fabricante aprobado, quien también suministró el equipo para efectuar los acoplamientos.

Por medio de ensayos a la tracción en juntas de muestra de todas las dimensiones requeridas para las obras, el Contratista demostró que:

- a. El uso de acoplamientos no reduce la resistencia de las barras matrices
- b. Los acoplamientos terminados poseen una resistencia no menor a la de las barras matrices, y

- c. Que no hay una deformación permanente significativa en los acoplamientos a medida que se cargan las barras.



FOTO 68.- Construcción del barraje, donde se observa el encofrado y desencofrado de la pantalla del barraje. Asimismo la armadura correspondiente a la cresta.



FOTO 69.- Construcción del barraje, donde se observa la colocación de la armadura de la losa del techo de la galería de drenaje.

Ejecución y calidad de la mano de obra

Almacenamiento de las Barras de Acero

Las barras de acero de armadura fueron ser mantenidas limpias y libres de picaduras; óxido suelto, escamas, aceite, grasa, tierra, pintura o cualquier otro material que pueda amenazar la adherencia entre el concreto y el acero. Todos los materiales fueron almacenados bajo techo sobre soportes de concreto o madera, por lo menos a 150 mm del suelo.

Corte y Doblado de Acero

Las barras se doblaron de acuerdo a las dimensiones que se dan en los Planos y a las provisiones del ACI Norma 318. El doblado se efectuó en frío usando una máquina dobladora. Esto se efectuó lentamente, a una presión constante y uniforme, sin vibraciones o impactos bruscos. No se permitió el redoblado de barras.

Fijación del Acero

Todo acero fue fijado en forma segura y exacta a las posiciones que se muestran en los Planos, utilizando espaciadores o asientos aprobados. Todas las intersecciones de las barras se aseguraron con alambre de fierro blando, doblando los extremos dentro del cuerpo del concreto.

El Contratista aseguró que todo el acero se mantenga en posición correcta en todo momento, teniendo cuidado especial durante la colocación del concreto.

El recubrimiento de concreto para el acero fue según se detalla en los Planos y se mantuvo de acuerdo con las tolerancias especificadas en ACI 318.

El acero superior en losas se mantuvo en su posición con el uso de apoyos con dimensiones y espaciamientos adecuados para proveer un adecuado soporte y fijeza para el acero.

Soldadura del Acero para Armaduras

En principio no se permitió soldar el acero para armaduras.

En casos excepcionales por aprobación del Supervisor se soldó algunas piezas, esto se realizó, previo reconocimiento de las propiedades del material de acuerdo con los requerimientos de la Norma AWS D12.1 y a las recomendaciones del fabricante. Y a las pruebas del soldador.



FOTO 70.- Construcción del barrage, donde se observa el inicio de los trabajos de la forma de la armadura de la cresta del barrage en su última etapa.

Instalación de los Acoplamientos Mecánicos

Los acoplamientos mecánicos cuando fueron permitidos por el Supervisor se fabricaron con el equipo que suministre el fabricante de acoplamientos, el que operó de acuerdo a sus instrucciones.

3.26 VARIOS

3.26 F.1a COMPUERTAS METALICAS

En esta parte veremos los requerimientos que cumplieron en lo que se refiere al suministro, instalación y pruebas de las compuertas que se usaron en la obra.

Se ha considerado los siguientes tipos de compuerta requeridas:

- Compuertas planas de accionamiento manual.
- Compuertas planas motorizadas
- Compuertas radiales motorizadas

Y, los siguientes son los utilizados, en:

a.i Obras de Captación – Bocatoma 01. Canal de Limpia

- Compuerta radial motorizada
N° de componentes iguales: 2
Dimensiones compuerta: mm 4,000 x 2,000
- 02. Obras de Toma: Sedimentador Primario**
Compuerta plana accionamiento manual / Control caudal río
N° de componentes iguales: 1
Dimensiones compuerta: mm 500 x 500
- 03. Sedimentador Secundario: Desarenadores**
- 03a. Compuerta plana motorizada
N° de componentes iguales: 2
Dimensiones compuerta: mm 2,000 x 800
- 03b. Compuerta plana accionamiento manual
N° de componentes iguales: 2
Dimensiones compuerta: mm 600 x 600
- 04. Cámara de carga**
- 04a. Sistema: Rodillo motorizado / Reja de limpieza mecánica
N° de componentes iguales: 1
Ancho de la reja: mm 2,500
Longitud de la reja: mm 2,000 aprox.
Sistema: Rodillo motorizado / Faja transportadora de cribado
N° de componentes iguales: 1
Ancho faja: mm 500
Longitud faja: mm 4,000 aprox.
- 04b. Compuerta plana accionamiento manual
N° de componentes iguales: 1
Dimensiones compuerta: mm 1,200 x 1,200
- 05. Drenaje**
Compuerta plana accionamiento manual
N° de componentes iguales: 2
Dimensiones compuerta: mm 800 x 800

a.ii Obras de Almacenamiento - Estanque de agua cruda

- 06. Reservorio de compensación – estructura de entrada**
Compuerta plana accionamiento manual
N° de componentes iguales: 2

Dimensiones compuerta: 1,000 x 1,000 mm

07. Reservorio de compensación – estructura de salida

07a. Compuerta plana accionamiento manual - toma superior

N° de componentes iguales: 2

Dimensiones compuerta: 1,000 x 1,000 mm

07b. Compuerta plana accionamiento manual - toma inferior

N° de componentes iguales: 2

Dimensiones compuerta: 1,000 x 1,000 mm

a.iii Planta Potabilizadora y Reservorio de Regulación

08. Obra de entrega a.c. y unidad mezcla rápida de coagulantes

Compuerta motorizada - 01sg01a-f

N° de componentes iguales: 6

Dimensiones compuerta: 700 x 900 mm

09. Unidad floculadores hidráulicos

09.a Compuerta accionamiento manual - 02sg01a-f

N° de componentes iguales: 6

Dimensiones compuerta: 900 x 900 mm

09.b Compuerta accionamiento manual - 02sg01a-f / secc. canales salida

N° de componentes iguales: 2

Dimensiones compuerta: 900 x 900 mm

09.c Compuerta accionamiento manual by pass - 02sg03 / sedimentador

N° de componentes iguales: 1

Dimensiones compuerta: 1,000 x 700 mm

10. Unidad sedimentadores laminares

Compuerta accionamiento manual – 03sg01a-f / entrada

N° de componentes iguales: 6

Dimensiones compuerta: 700 x 900 mm

11. Filtros de gravedad

11.a Compuerta motorizada – 04sg01a-p / entrada agua filtrada

N° de componentes iguales: 16

Dimensiones compuerta: 500 x 500 mm

11.b Compuerta motorizada – 04sg03a-p / salida a. f. y entrada a. l.

N° de componentes iguales: 16

Dimensiones compuerta: 1,200 x 1,200 mm

11.c Compuerta motorizada – 04sg01a-p / salida agua lavada.

N° de componentes iguales: 16

Dimensiones compuerta: 900 x 900 mm

11.d Compuerta accionamiento manual – 04sg04a-p / drenaje de filtros.

N° de componentes iguales: 16

Dimensiones compuerta: 400 x 400 mm

12. Poza de secado de lodos

Compuerta accionamiento manual–07sg01a-b / salida de sobrenatante

N° de componentes iguales: 2

13. Recuperacion de agua de lavados de filtros

13.a Compuerta accionamiento manual–08sg01a-b / entrada a los tanques

N° de componentes iguales: 2

Dimensiones compuerta: 800 x 800 mm

13.b Compuerta accionamiento manual–08sg01a-b / entrada pozo bombas

N° de componentes iguales: 2

Dimensiones compuerta: 500 x 500 mm

13.c Compuerta accionamiento manual–08sg03a-b / drenaje de lodos

N° de componentes iguales: 2

Dimensiones compuerta: 400 x 400 mm

14. Reservorio de regulación

14.a Compuerta accionamiento manual–10sg01 / entr tubería a. t. a cámara de carga

N° de componentes iguales: 1

Dimensiones compuerta: 1,000 x 1,000 mm

14.b Compuerta accionamiento manual–10sg02 / entr tubería a. t. a cámara de carga

N° de componentes iguales: 1

Dimensiones compuerta: 600 x 600 mm

14.c Compuerta motorizada–10sg03a-c / salida de cámara de carga

N° de componentes iguales: 3

Dimensiones compuerta: 1,000 x 1,000 mm

14.d Compuerta accionamiento manual–10sg04a-b / seguridad, entr agua reservorios

n° de componentes iguales: 2

dimensiones compuerta: 1,000 x 1,000 mm

14.e Compuerta motorizada – 10sg03a-c / seguridad, sal agua reservorios a la línea

N° de componentes iguales: 3

Dimensiones compuerta: 1,000 x 1,000 mm

15. Dren general – buzón especial N° 5

Compuerta de cierre / cierre de la línea a la poza de lodos

N° de componentes iguales: 1



FOTO 71.- Compuerta radial motorizada, se observa la parte interior de la compuerta en uno de los canales de limpia, de la obra de captación, como los dos dados de concreto empotrados en los muros que sirven de apoyo a los tirantes del control de la compuerta.

MANIPULEO DE LAS COMPUERTAS

El contratista suministró el equipo de manipuleo que fue necesario para instalar las compuertas y sus complementos sin dañar los elementos ni sus recubrimientos internos o externos.

El equipo de manipuleo incluye vigas de izaje, eslingas de lienzo reforzado, acolchados de protección, embalajes y similares.

No se usó cables metálicos ni eslingas de cadena para manejar estos elementos.

No se retiró los empaques, cubiertas o embalajes temporales utilizados como protección durante el transporte, excepto con propósitos de

inspección luego de lo cual se volvió a colocar, hasta inmediatamente antes de su instalación definitiva.

ENTREGA Y ALMACENAMIENTO DE LAS COMPUERTAS

Inmediatamente después de la entrega en la obra, los elementos fueron comparados con las listas de empaque e inspeccionados para detectar daños o faltantes.

Dichos daños o faltantes fueron remediados en la brevedad posible.

El contratista colocó en almacenamiento temporal de protección a todas las compuertas y sus complementos que no se requiera inmediatamente para su instalación en la obra.

Dichos elementos fueron almacenados cuidadosamente bajo cubierta hasta que requieran ser instalados, para lo cual se tuvo especial cuidado en proteger el equipo mecánico y/o eléctrico asociado, de manera que en el momento de la instalación no sufrieran ningún daño ni deterioro por ninguna circunstancia incluyendo su exposición a la intemperie.

Sí, en opinión del Supervisor, le ocurrió algún daño o deterioro a algún elemento, éste fue corregido por el Contratista sin que esto signifique ningún costo adicional para el Contratante.

PINTURA Y PROTECCIÓN DE LAS SUPERFICIES

Las válvulas y equipo relacionado están protegidos por un recubrimiento aplicado en los talleres del fabricante como se especifica en la norma de calidad pertinente.

Recubrimiento Epóxico de Dos Partes

Donde se especificó el uso de recubrimiento epóxico de dos partes éste se aplicó de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. No obstante la existencia de tales recomendaciones, la aplicación cumplió con los requerimientos mínimos siguientes:

- a) La preparación de la superficie del metal expuesto fue la especificada para la aplicación del recubrimiento epóxico de dos partes.
- b) El recubrimiento fue aplicado en dos o más capas hasta alcanzar un espesor mínimo de 300 micrones.
- c) La humedad relativa es mantenida por lo menos al 85% durante la aplicación del material de recubrimiento.

- d) La temperatura superficial del metal durante la aplicación es aumentada hasta por lo menos 3°C por encima del punto de rocío.
- e) Todas las superficies fueron probadas con un detector de Holiday después de la aplicación, los defectos encontrados fueron reparados.
- f) Se proporcionó ventilación adecuada en la aplicación y curado del material.

3.26 F.2 EMPEDRADO Y ENROCADO DE PIEDRAS



FOTO 72.- Enrocado de piedras, se observa a lo largo de la ribera del margen izquierdo del río aguas arriba y aguas debajo del lugar donde se ejecutó las obras de captación



FOTO 73.- Enrocado de piedras, se observa a lo largo de la ribera del margen izquierdo del río aguas arriba y aguas debajo del lugar donde se ejecutó las obras de captación - bocatoma, como parte de la defensa ribereña, para la zona de cultivos de la zona.

3.30 LINEA DE CONDUCCION

Obras correspondientes a la I Etapa del proyecto, como:

- Líneas de Impulsión, Conducción y Distribución,
- Líneas de Empalme y Derivaciones, y
- Cámaras de Macromedición.

En este capítulo se describirá únicamente como referencia la Línea de Conducción del tramo de las obras de captación a la planta potabilizadora, iniciándose en la cámara de carga.

La ejecución de la Línea de Conducción del agua cruda, desde la bocatoma hasta la planta potabilizadora, tiene una longitud de 1,542 m, de una tubería de concreto armado pretensado de 1,400 mm de diámetro, que permite transportar un caudal de 4 m³/s.



FOTO 74.- Línea de conducción, entre bocatoma y planta de tratamiento, donde se observa las tuberías de concreto armado pretensado – CAP, de 1,400 mm de diámetro, ubicado a la salida de las obras de captación.

Poco antes de llegar al reservorio de compensación, se construyó una cámara de by pass, para conectar directamente la obra de toma a la planta potabilizadora, sin pasar por el mismo reservorio de compensación.

Las características geométricas de la líneas de conducción / tubería, son:

Cota punto inicial	346.00 msnm
Cota punto entrega	338.00 msnm

Desnivel	8.00 m
Longitud	1,542 m
Pendiente longitudinal media	0.57 %
Profundidad media de colocación	2.5 m
Diámetro tubería	1,400 mm

Para los logros alcanzados en la ejecución de los componentes de la obras de captación: el barraje y las obras de toma; se realizaron las siguientes partidas genéricas de obras civiles y electromecánicas:

a. OBRAS PROVISIONALES, para todo el proyecto.

b. TRABAJOS PRELIMINARES

- Limpieza del terreno – eliminación de basura.
- Eliminación de obstrucciones – tala de árboles.
- Movilización y desmovilización de equipos.
- Trazo y replanteo – preliminares y durante la ejecución.
- Seguridad.

c. MOVIMIENTO DE TIERRAS

- Excavación masiva material suelto
- Excavación en roca suelta
- Excavación en roca dura
- Relleno con material propio
- Relleno con material de préstamo
- Nivelación y apisonado
- Eliminación de material de excedentes

d. LINEA DE CONDUCCION

- Excavación masiva material suelto
- Excavación en roca suelta
- Excavación en roca dura
- Construcción de la cama
- Suministro y colocación de la tubería
- Relleno con material propio
- Relleno con material de préstamo
- Nivelación y apisonado
- Eliminación de material de excedentes

e. OBRAS DE CONCRETO

❖ Concreto simple

- i. Concreto para base $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$
- ii. Concreto ciclópeo $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2 + 30\% \text{ P.G.}$

ALCANCE

Estas partidas genérica contiene los requerimientos en lo que corresponde al Presupuesto del Contrato, que se aplicarán al suministro de mano de obra, materiales, equipos y/o maquinarias necesarias para llevar a cabo las obras provisionales al inicio y durante la ejecución de las obras para todo el proyecto. Comprende las siguientes partidas:

- Campamento, para oficinas de control técnico – administrativas, taller de mantenimiento, almacenes, comedores, SS.HH.
- Camino de acceso o trocha, de la Bocatoma a Planta de Tratamiento.
- Agua p' la construcción^personal e Instalación eléctrica ^ comunicaciones.

NORMAS DE REFERENCIA

Salvo que se indique otra cosa los trabajos preliminares estuvieron de acuerdo con las Normas y Reglamentos que se indican a continuación:

- Especificaciones Técnicas de Sedapal,
- Reglamento Nacional de Edificaciones, y
- Las especificaciones de INDECOPI, en la que corresponden como formato y plegado de láminas y papeles de correspondencia.

Las tuberías de concreto pretensado cumplen con las Normas ISO pertinentes y además con las siguientes:

- | | |
|----------------|---|
| ASTM C361M-90 | Especificaciones para tubos de concreto pretensado de baja presión |
| ASTM C76M- 95a | Especificaciones para tubos de concreto para drenaje de aguas de lluvia y desagüe |

ENTREGAS

Las entregas por parte del Contratista a la Supervisión, requeridas con relación a las obras provisionales, incluyen lo siguiente:

- Planos de obra de trazo y replanteo
- El contratista entregó con la debida anticipación los certificados del fabricante sobre las Tuberías.

3.31 OBRAS PROVISIONALES

Idem a la sub partida 3.22 B.1.

3.32 TRABAJOS PRELIMINARES

Idem a la sub partida 3.22 B.2, con excepción del desvío del río, se ha ejecutado las siguientes sub partidas: la limpieza de terreno y eliminación de obstrucciones para los trabajos de topografía, conjuntamente con la movilización de equipo mecánico y los elementos de seguridad de la obra en los trabajos de excavaciones principalmente para prevenir accidentes tanto del personal como de transeúntes.



FOTO 75.- Línea de conducción; se observa el trazado para iniciación de los trabajos de excavación desde la Obra de Captación a la Planta de Tratamiento.



FOTO 76.- Tubería de conducción; de la línea desde la obra de captación a la Planta de Tratamiento, se observa la llegada del trazado al reservorio de compensación, dentro de la sede de la planta de tratamiento.



FOTO 77.- Tubería de conducción; llegada de la línea de tubería instalada desde la obra de captación al Reservorio de Compensación y/o Planta de Tratamiento, por la parte posterior de la Sede.

3.33 MOVIMIENTO DE TIERRAS

En la construcción de la Línea de Conducción del tramo comprendido desde la bocatoma a la planta de tratamiento, se han realizado excavaciones en diversos tipos de suelos, diferentes profundidades y anchos, dependiendo de la topografía para lograr las cotas, pendientes y alineamientos que indicaban los planos.

TABLA 3.1

DIMENSIONES DE ZANJAS RECOMENDABLES EN TERRENOS NORMALES

DIAMETRO DE TUBERIA	ANCHO (a)	
	Mínimo cm	Máximo cm
75-100	50	70
150-200	50	80
250-300	60	90
350-400	75	110
450-500	80	120
550-600	90	130
650-700	110	140
750-800	120	150

NOTA.- Datos extraídos del Manual de Tubos Eternit.



FOTO 78.- Línea de conducción; se observa los trabajos previos a la excavación en el tendido de las tuberías de la línea, desde la Obra de Captación a la Planta de Tratamiento.



FOTO 79.- Línea de conducción; se nota el emplazamiento de las tuberías de concreto reforzado - CAP de 1400 mm de diámetro para su posterior tendido y el inicio de la ejecución de la excavación con una retroexcavadora.

TIPOS DE MATERIALES ENCONTRADOS EN LAS EXCAVACIONES

3.33 C.1 EXCAVACION MASIVA EN MATERIAL SUELTO

Material suelto; las excavaciones realizadas han sido en suelos donde se han encontrado materiales como: arenas, arcillas o limos, limo arenosos, suelos orgánicos, arena arcillosas, suelos con contenido de gravas hasta 50% y suelos que han sido excavados con facilidad con equipo mecánico como retroexcavadoras y/o personas. Esto último se empleó cuando el diámetro de la tubería ha sido pequeña y en pequeñas profundidades.

Ese tipo de excavaciones ha sido el que ha predominado en el proyecto.

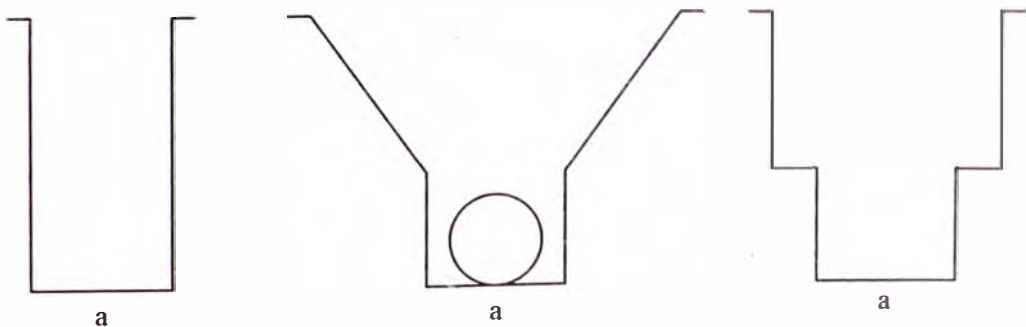


FIG. 03.- SECCIONES DE ZANJAS EN TERRENOS NORMALES



FOTO 80.- Línea de conducción; se capta la tubería de concreto reforzado, emplazada en la base de la excavación, en el inicio de la línea de la Obra de Captación hacia la Planta de Tratamiento, asimismo se nota el material suelto predominante.

3.33 C.2 EXCAVACION EN ROCA SUELTA

Roca suelta; en la obra también se ha tenido excavaciones en roca suelta o también llamado terreno semirocoso, las excavaciones en este tipo de suelos, se realizó utilizando equipos mecánicos y en algunos casos explosivos para lograr una mayor rendimiento.

Los suelos considerados semirocosos, están considerados las rocas descompuestas y/o fisuradas, los conglomerados medianamente cementadas y los conglomerados sueltos con cantos rodados hasta el 70%.

Las excavaciones en este tipo de suelos se han realizado generalmente en los tramos de la parte baja hasta el reservorio donde se encontró roca fisurada.

En estas excavaciones se han tenido bastante dificultad porque en estos tramos la excavación ha sido generalmente utilizando mano de obra, por las altas pendientes para poner equipo y por los estrechos de las calles o pasajes.

La utilización de mano de obra en la excavación ha sido incidente para que los rendimientos sean bajos, incrementando los costos de excavación.



FOTO 81.- Tubería en roca suelta; de la línea de conducción para la obra de captación, se observa las excavaciones donde se encontraron material rocoso

3.33 C.3 EXCAVACION EN ROCA DURA

Roca dura; no se ha encontrado dicho material.

PROBLEMAS PRESENTADOS DURANTE LA EXCAVACIÓN

1. En algunos tramos durante la excavación se encontraron tuberías de agua y desagüe, llegándose a romper en una oportunidad lo que se inundó un tramo de la zanja retrasando en dos días el tendido de la tubería.



FOTO 82.- Línea de conducción; donde se aprecia la zanja abierta con inundación de agua obstaculizando el proceso normal del avance de obra para el tendido de tuberías.

2. Se encontraron cables eléctricos, y debido a que se contó con información se trabajó con mucho cuidado, con menor rendimiento porque se realizó inicialmente con mano de obra y después se continuó con equipo mecánico.



FOTO 83.- Tubería en cruce de cables eléctricos; en la zanja excavada se nota la dificultad para el tendido de la red de tubería.

3. En varios tramos se encontró agua durante la excavación dificultando su ejecución, obteniendo bajo rendimiento, para lo cual se tubo que extraer el agua para proceder el colocado de la cama (arena) y al tendido de la tubería (el costo se incementó por la extracción del agua que se realizó utilizando bomba de agua).



FOTO 84.- Excavación con filtración de agua; de la línea de conducción de la Obra de Captación a la Planta de Tratamiento, se observa motobomba succionando el agua.



FOTO 85.- Tubería de conducción; de la línea desde la Obra de Captación a la Planta de Tratamiento, se observa el izaje de la tubería con pluma, para el tendido respectivo, con la dificultad del agua inundada.

4. Se encontró en un tramo acequias de concreto, que se demolieron retrazando el programa de la obra y significó adicionales.



FOTO 86.- Cruce de la línea de conducción con canal de tubería para riego; obstáculo que dificultó en parte el proceso del tendido de la tuberías.



FOTO 87.- Zanja con encuentro de canal de concreto; se aprecia la rotura del canal por el tendido de la tubería de la línea de conducción, tubo que reponerlo posteriormente por el Contratista.

5. En algunos tramos se encontraron suelos suaves conformado por arena, otros limos arenosos o húmedos, grava suelta y en zanjas de mas de 3 m de profundidad se han producido derrumbes generando sobre excavación o sea mayor volumen de excavación y relleno.



FOTO 88.- Zanja con sobreexcavación; por cuanto en la excavación se ha encontrado material deleznable suelto, para la instalación de la tubería de la línea de conducción de la bocatoma hacia el reservorio de compensación.

6. En varios tramos de zanjas, considerados como material normal o suave, se encontró terrenos rocosos o de roca semi suelta y en algunos casos roca dura que no permitió cumplir con el tiempo programado para la ejecución.

Estos problemas constituyeron los argumentos para solicitar ampliación de plazo, porque ninguno de ellos se habían previsto en el expediente de la obra.

SEGURIDAD DURANTE LA EXCAVACIÓN

Durante la excavación constantemente se ha cuidado que no se produzcan accidentes de la obra, para ello se colocaban cintas señalizadoras y cuando las zanjas ya estaban hechas se protegía que los peatones no crucen las zanjas ni se acerquen a ellos. En los cruces de calles se

colocaban puentes provisionales con sus barandas, para el cruce de peatones.

En resumen, se ha cuidado a que los peatones, ni trabajadores se acerquen al borde de las zanjas, para evitar los accidentes por caídas y atrapamientos.



FOTO 89.- Seguridad, donde se ha colocado señales de cintas de seguridad, asimismo se observa el relleno de la zanja con material seleccionado y el riego de agua para su compactación respectiva.

3.33 C.4 RELLENO CON MATERIAL PROPIO Y

3.33 C.5 RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL PARA RELLENOS

El material de los rellenos en general siguen las recomendaciones del Estudio de Suelos y las fuentes de préstamo propuestas, son aprobadas por la Supervisión. Para el caso de rellenos sin compactar, se empleó de preferencia material del lugar, que esté libre de basura o materia orgánica. El material de relleno requerido fue preferentemente del tipo granular, constituido por grava arenosa, bien graduada, angular y limpia a ligeramente arcillosa, o por grava arenosa, mal graduada, angular y limpia a ligeramente arcillosa, la cual será sana y libre de materia orgánica u otros elementos deletéreos, debiendo ser aprobado previamente por la Supervisión.



FOTO 90.- Transporte en volquetes del material de préstamo seleccionado para la cama del tendido de la tubería de la Línea de Conducción; en el tramo de la Obra de Captación a la Planta de Tratamiento.

La granulometría del material utilizado es continua y cumplió con las siguientes especificaciones:

- El contenido de finos (material menor que la malla N° 200) no deberá ser mayor que el 12% en peso seco del total.
- El tamaño máximo de la piedra no deberá sobrepasar los 75 mm (3") en su máxima dimensión.
- No deberá tener mas de 5,000 ppm de contenido de sales solubles totales.



FOTO 91.- Tubería de conducción; de la línea desde la obra de captación a la Planta de Tratamiento, se observa

El material aprovechable de las excavaciones se usó como relleno en los lugares que la Supervisión aprobó como material propio.



FOTO 92.- Tubería de conducción; de la línea desde la obra de captación a la Planta de Tratamiento, se observa

3.33 C.6 NIVELACION Y APISONADO/COMPACTADO



FOTO 93.- Tubería de conducción; de la línea desde la obra de captación a la Planta de Tratamiento, se observa la etapa final de los trabajos con la compactación con un rodillo liso autopropulsado.

3.33 C.7 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE

Los materiales no recomendables para usarse como relleno, son los siguientes: Limos y arcillas de límite líquido mayor de 100 %, suelos con alto contenido de materia orgánica (turba) y/o de alta plasticidad y desmonte de construcciones, troncos, basura o materia orgánica, fueron eliminados.



FOTO 94.- Eliminación de material excedente; o por no ser material recomendable para relleno se eliminó con volquetes a lugares definidos o botaderos, por la supervisión.

3.34 LINEA DE CONDUCCION

LINEA DE CONDUCCION: BOCATOMA-PLANTA POTABILIZADORA

LOS TERRENOS

La tubería de conducción se desarrolla en el fondo del valle del río; los terrenos interesados por las excavaciones serán terrenos aluviales.

En el tramo inicial, de unos 300 m. y en algunos breves tramos intermedios, los terrenos interesados por la excavación de la zanja serán sobre todo la especie gruesa del terreno aluvial, mientras que en los tramos restantes, unos 1,100 m, las excavaciones interesarán superficialmente los terrenos aluviales de grano fino por unos espesores variables desde pocos decímetros hasta llegar a 2.5 m y, para las otras profundidades, los terrenos aluviales de grava.

En el perfil longitudinal indicado en la Fig. 7.1, reconstruido con las observaciones de campo y las pruebas in situ, se ilustran las relaciones

entre los dos tipos de terreno; asumiendo una profundidad promedio de colocación de 2.20 m y fondo de la excavación a 2.50 m, el 70% aproximadamente de la excavación interesará terrenos finos, el 30% terrenos de grava aluviales.

En ambos casos se trata de rocas sueltas, en las que se pueden utilizar los medios mecánicos

Para salvaguardar a los trabajadores a las paredes de excavación se les asignará una inclinación media de 1/1.

A la colocación de la tubería precederá la regularización del fondo mediante la colocación de un estrato de material árido de oportuna granulometría.

Este mismo material árido será utilizado para recubrir la tubería



FOTO 95.- Tubería de conducción; se observa colocando la cama para la instalación de las tuberías con la zanja inundada por problemas de filtración.

3.34 D.1 CONSTRUCCIÓN DE LA CAMA

CONSTRUCCIÓN DE LA CAMA

Las especificaciones del proyecto indicaban que la cama deberá estar conformado por un suelo fino seleccionado, pudiendo ser arena, arcilla-limosa o limo arcilloso, etc.

En la obra la cama se ejecuta con varios materiales, siendo en su mayoría con suelo provenientes de la excavación, previo tamizado, siempre que este suelo tuviera un alto porcentaje de material fino ya sea arena, arcilla limosa, o limo arenosa.

En algunos casos la cama se realizo con material de préstamo, siendo la arena la que más se utilizó para zonas rocosas, semi rocosas y grava con alto contenido de material granular.

La cama de apoyo del tubo, así como el material de relleno de contacto con el tubo sólo contiene, materiales finos, arena gruesa con el fin de no dañar las funda o conexiones durante su colocación.

Para colocar la cama, previamente se perfiló las zanjas, a fin de retirar las piedras y evitar el desprendimiento de este material granular a la zanja, lo que podría generar accidentes o dañar a las tuberías.

Asimismo, antes de colocar la cama se procedió al control de la profundidad de excavación y su respectiva limpieza.

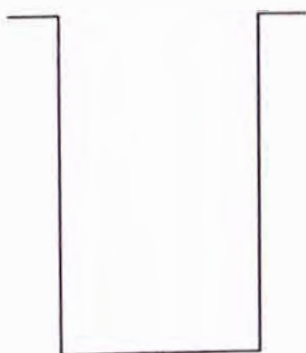


FIG. 04.- Zanja perfilada y limpia

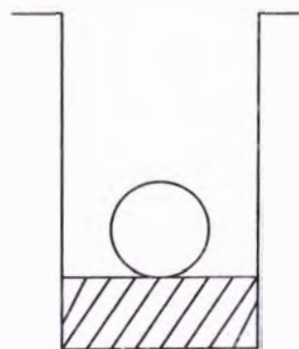


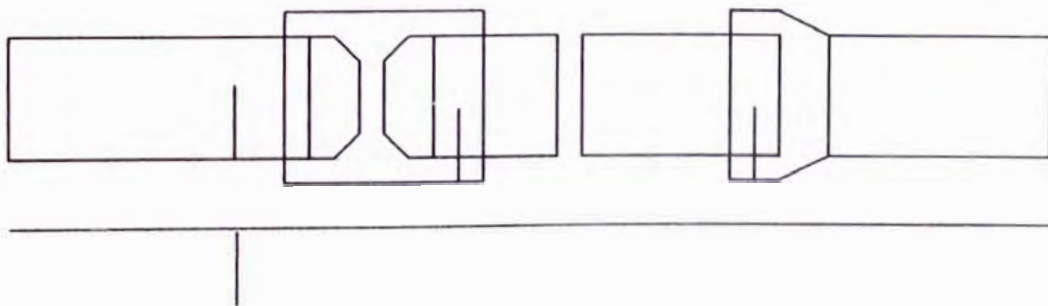
FIG. 05.- Zanja con cama de asiento

La cama conformada por material fino que tiene como objetivo que el tubo descansa en toda su longitud sobre una superficie suave y logre distribuir

uniformemente la carga al suelo en toda su longitud; para tal efecto se distribuyó el material de la cama humedecido a lo largo de la zanja dándole un espesor de 10 cm, este material esparcido fue compactado a fin de que no se refine cuando se coloque el tubo.



FOTO 96.- Colocación de la cama; para la tubería de la línea de Conducción en el tramo desde la Obra de Captación a la Planta de Tratamiento.



c: Terreno normal y semirocoso = 0.10 m mín
Terreno rocoso = 0.15 m mín

FIG. 06.- Cama de apoyo para tuberías

3.34 D.2 SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE LA TUBERÍA

RECOMENDACIONES PARA EL TRANSPORTE Y MANIPULACIÓN

Se acopia a pie de obra, la cantidad necesaria de tuberías para no retrasar el ritmo de instalación.

Los tubos que sufrieran averías durante el transporte, descargas y depósito, o que presentaron defectos no apreciados en la recepción de fábrica, fueron rechazados.

En la carga, transporte y descarga de los tubos, se evita los choques, siempre perjudiciales a los tubos; se depositaron sin brusquedades en el suelo, para lo cual se utilizaron equipo de pluma para el izaje respectivo.

Tanto en el transporte como en el apilado, se tuvo presente el número de capas de ellos que se pudo apilar.

Cuando la zanja no estaba abierta todavía, se colocó la tubería, en el lado opuesto a aquel en que se amontonó los productos de la excavación y de tal forma que quedó protegida del tránsito.

Los tubos que fueron acopiados en el borde de las zanjas, fueron examinados por el Supervisor, rechazando aquellos que presentaron algún deterioro.



FOTO 97.- Colocación de la tubería; con un apluma autopropulsada sobre llantas, se iza la tubería para ser colocada en la zanja excavada con problemas de inundación.

Durante la carga, transporte y entrega, se tomaron todas las precauciones para prevenir daños a los tubos. Especial cuidado merece la carga y descarga, debiendo utilizarse cinturones especiales para soportar los tubos y equipo especial para dichas labores.

Las tuberías dañadas en las etapas mencionadas fueron rechazadas y reemplazadas bajo responsabilidad del Contratista.

El contratista programó los embarques de tubería para estar de acuerdo con su calendario de avance y provee el espacio necesario para el almacenamiento.

COLOCACION DE LA TUBERIA

Cada tubería se limpió cuidadosamente de cualquier elemento que haya podido depositarse en su interior y se mantuvo constantemente limpia.

El Supervisor examinó cuidadosamente la cama y cada tubo suspendido en el aire, antes de ser bajado a su posición definitiva. No se admitió la instalación de ningún tubo que presentara deterioro.

Los tubos se bajaron cuidadosamente hasta el fondo de la zanja con grúa. El tubo se colocó sobre la cama.

Una vez los tubos en el fondo de la zanja, se realizó su centrado y perfecta alineación con los adyacentes, reposó cada tubo, en forma continua sobre la cama en toda su longitud, excepto en el punto medio y en las zonas de junta, en las que se admitió la excavación de unos pequeños nichos para permitir la extracción de la mordaza de suspensión una vez colocada la tubería todos estos nichos fueron rellenos y compactados cuidadosamente, después de efectuadas las operaciones descritas.

Las tuberías y zanjas se mantuvieron libres de agua, agotando con bomba o dejando desagües en la excavación en caso que fue necesario.

Cuando se terminaba la jornada, al atardecer la colocación de la tubería, se taponaba el extremo libre para impedir la entrada de agua o cuerpos extraños, al día siguiente se examinaba con todo cuidado el interior de la tubería y se reanudaba el trabajo.

La colocación de la tubería de concreto contó con el equipo adecuado, de acuerdo al peso de las unidades, de su profundidad de colocación y características del terreno aledaño a las zanjas.



FOTO 98.- A la derecha, acoplamiento de las tuberías, durante trabajos de ejecución de la línea de conducción.

FOTO 99.- A la derecha, acoplamiento de las tuberías, durante trabajos de ejecución de la línea de conducción.



FOTO 100.- A la izquierda, embone con anillo flexible de jebes en los trabajos de la línea de conducción; desde la obra de captación a la Planta de Tratamiento.

ANCLAJES

El concreto se colocó como anclaje en los accesorios tales como tees y codos se vació cuidadosamente de tal modo que la campana de unión entre el accesorio y la tubería quede libre y permita su movimiento. Se usó encofrados en los frentes de la zanja a ambos lados del accesorio. El vaciado del concreto se realizó contra la pared de la zanja en terreno sin disturbar con las dimensiones mostradas en los Planos.

PRUEBAS

Las tuberías de concreto para servicio a pelo libre fueron probadas de acuerdo con los procedimientos de prueba establecidos por SEDAPAL en el Capítulo VI de las “Especificaciones Técnicas para Ejecución de obras” para pruebas hidráulicas de tuberías de agua.” Se procedió llenando agua limpia el tramo de prueba por el buzón de aguas arriba hasta una altura mínima de 0.30 m bajo el nivel del terreno y convenientemente taponeado el buzón de aguas abajo; el tramo permaneció con agua 12 horas como mínimo previo a la realización de la prueba. La prueba tuvo una duración de 10 minutos y la pérdida de agua no sobrepasó lo establecido en la siguiente fórmula $F = 1.25 D$, siendo D diámetro del tubo en mm y F la pérdida por filtración en $\text{cm}^3/\text{min}/\text{m}$.

Las tuberías con servicio a presión, se probó en tramos de aproximadamente 200 m, rellenando la zanja y dejando libres las partes de las juntas, se tomó precauciones en los extremos de los tramos. El llenado se realizó lentamente de abajo hacia arriba para expulsar el aire. La tubería permaneció llena de agua por un período de 24 horas antes de la prueba

La prueba se realizó de la siguiente manera: durante una hora se sometió la tubería a la presión nominal y luego durante una hora adicional se sometió la tubería a una presión de 1.5 veces la presión nominal.

La pérdida de agua no excedió la dada en la siguiente fórmula:

$$F = (N \times D \times P^{0.5}) / 370$$

Dónde:

F = Pérdida en litros/hora

N = N° de juntas en el tramo de prueba

P = Presión de Prueba en bar

D = Diámetro de la tubería en cm



FOTOS 101 y 102.- A la derecha, acoplamiento de las tuberías, durante trabajos de ejecución de la línea de conducción

3.40 EL RESERVORIO DE COMPENSACION

ALCANCE

Esta obra está situada en la parte altimétrica más elevada del área de la planta potabilizadora, sobre la cota de 330 msnm del Km 27.3 de la Carretera Lima - Canta.

El reservorio estará dividido en dos partes por un dique intermedio, que en cualquier caso, garantiza la utilización de uno de los dos reservorios, en el caso de mantenimiento del otro.

La forma es el resultado de la intersección de dos rectángulos con los ángulos redondeados.

Para el almacenamiento del agua cruda, se han ejecutado obras civiles, como: estructuras de entrada de concreto armado; el reservorio de compensación que se ha construido parte en excavación y parte en relleno con material propio y de préstamo; y, las estructuras de salida de rebose y descarga, de concreto armado.

Asimismo obras Varias de drenaje, de línea de conuucción, empedrados, impermeabilización y asfaltado. Y, obras mecánicas, como el suministro y montaje de las compuertas metálicas y/o válvulas correspondientes.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Reglamento Nacional de Edificaciones.

Reglamento de Metrados para Obras de Edificación.

Norma Técnica de Edificación E-050. Suelos y Cimentaciones. Edic. 01.97.

Estudio de Suelos Planta de Tratamiento de Agua y Tanque de Compensación No. M1456 de M y M Consultores S.R.L.

ENTREGAS

Las entregas por parte del Contratista a la Supervisión, requeridas con relación a los trabajos de movimientos de tierras, incluyen lo siguiente:

- Planos de obra de trazo, nivelación y replanteo
- Lista de equipos a movilizar y desmovilizar.

Estanques del Reservorio de Compensación

Las características geométricas, del reservorio de compensación son:

DIQUE

- Cota mínima cimentación 328.00 msnm
- Cota coronación 338.40 msnm
- Altura máxima 10.40 m
- Desarrollo en la coronación 750 + 135 m
- Volumen 115,000 m³
- Taludes 1.75 / 1.00

RESERVORIO

- Cota mínima de descarga 330.50 msnm
- Cota mínima de regulación 331.50 msnm
- Cota máxima de regulación 337.00 msnm
- Superficie de fondo 14,000 m² c/ estanque
- Superficie a cota máxima 19,000 m² c/ estanque
- Capacidad útil 107,000 m³ c/ estanque



FOTO N° 103.- Reservorio de compensación, en plena operatividad sus estanques y el dique central y perimetral culminado.

Estructuras del Reservorio de Compensación

MATERIALES UTILIZADOS

Para las estructuras de entrada y de salida del reservorio de compensación, se ha utilizado los siguientes materiales: concreto de resistencia $f'y = 245 \text{ kg/cm}^2$ y acero de refuerzo con $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$, con madera/metálicos para el encofrado y diversos aditivos en el concreto.

REQUERIMIENTOS

Los requerimientos entregados por parte del Contratista en relación con las obras de concreto y otros, es como a continuación se resumen:

- Verificación de los certificados de los fabricantes y proveedores de conformidad con las normas pertinentes de los materiales que a continuación se enumera: cemento, aditivos, agregados, materiales para juntas, curadores químicos, compuertas metálicas.
- Certificados de calibración expedidos por laboratorio oficial para los aparatos de pesado y distribución de las plantas dosificadoras y mezcladoras.
- Certificado de resultados de los ensayos y otros subsecuentes llevado a cabo en los materiales mencionados y en los agregados gruesos y finos, agua y concreto pre mezclado fresco o fraguado.
- El Contratista proporcionó muestras de los materiales anteriores y mantuvo las muestras aprobadas, adecuadamente rotulados y almacenados en el sitio para referencia.
- El Contratista también presentó los diseños de mezcla para todos los grados de concreto requeridos para la obra.
- Además, el Contratista presentó en lo que corresponda a las obras, lo siguiente:
 - Disposición de las juntas de construcción y plan de vaciado.
 - Método a usar para el curado.
 - Métodos para efectuar obras de concreto prefabricados.
- El Contratista presentó informes diarios con relación a todo concreto colocado durante el día anterior. En los informes se detalló:
 - a. Con respecto a cada grado de concreto:
 - el número de camionadas colocados
 - volumen de concreto por camionada y total
 - número de camionadas desperdiciadas o rechazadas
 - el peso de cemento utilizado
 - b. Con respecto a cada cubicación en las obras:
 - la posición del vaciado
 - el grado del concreto colocado
 - el volumen total de concreto colocado y el N°. de camionadas cubicadas.

Adicionalmente, el Contratista mantuvo un registro exacto y actualizado de las fechas, horas, condiciones climáticas y temperatura en el momento en que se colocó el concreto en cada parte de las obras. Asimismo el registro estuvo disponible en todo momento para la inspección del Supervisor.

Los resultados de todas las pruebas se registraron e identificaron con las partes de las obras a las que estaban relacionadas, para los ensayos correspondientes.

De las Estructuras de Entrada



FOTO N° 104.- Estructuras de Entrada del Reservoirio de Compensación, en la que se observa culminado, con la prueba a su embalsamiento.

De las Estructuras de Salida



FOTO N° 105.- Estructuras de Salida del Reservoirio de Compensación, en la que se observa culminado y en pleno proceso el montaje de sus compuertas.

En resumen esta obra comprendió, la ejecución de los dos estanques y de las estructuras de ingreso y salidas, con las siguientes partidas genéricas:

a. OBRAS PROVISIONALES

Inicialmente. ejecutado para todo el proyecto.

b. TRABAJOS PRELIMINARES

- Limpieza del terreno – eliminación de basura.
- Eliminación de obstrucciones – tala de árboles.
- Movilización y desmovilización de equipos.
- Trazo y replanteo – preliminares y durante la ejecución.
- Seguridad.

c. MOVIMIENTO DE TIERRAS

- Excavación masiva material suelto
- Excavación en roca suelta
- Excavación en roca dura
- Preparación de la cama
- Relleno con material propio / Relleno con material de préstamo
- Nivelación y apisonado
- Eliminación de material de excedentes

d. LINEA DE CONDUCCION

- Suministro y colocación de la tubería

e. OBRAS DE CONCRETO

❖ **Concreto simple**

- i. Concreto para base $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$
- ii. Concreto ciclópeo $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2 + 30\% \text{ P.G.}$

❖ **Concreto armado**

- i. Concreto $f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$
- ii. Concreto impermeabilizado $f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$

❖ **Encofrado y desencofrado**

❖ **Acero de refuerzo $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$**

f. VARIOS

- 🔧 **Obras electro mecánicas:** compuertas y pasarelas metálicas
- 🔧 Drenaje: relleno filtro de gravas $< 0.20 \text{ m}$
- 🔧 Empedrado y de piedras
- 🔧 Impermeabilización estructural: Geomembrana / Geotextil
- 🔧 Juntas water stop

3.41 OBRAS PROVISIONALES

3.41 D.1 CAMPAMENTO PARA OFICINAS TÉCNICO-ADMINISTRATIVAS, TALLER DE MANTENIMIENTO, ALMACENES, COMEDORES, SS.HH Ver 3.21 A.1



FOTO N° 106.- Campamento central, ubicado en los terrenos de la sede, para la ejecución de los trabajos del proyecto, como el reservorio de compensación, la planta de tratamiento, entre otros.



FOTO N° 107.- Campamento secundario, en el frente de trabajo para la ejecución de los trabajos del reservorio de compensación, entre otros.

3.41 D.2 CAMINO DE ACCESOS O TROCHA

Ver 3.21 A.2



FOTO N° 108.- Camino de acceso a la Cantera; antes de iniciar los trabajos preliminares en las obras de captación y zona de la planta de tratamiento y/o del reservorio de compensación.



FOTO N° 109.- Terreno de cultivo, antes se iniciar los trabajos preliminares en una zona de la planta de tratamiento.

3.42 TRABAJOS PRELIMINARES

3.42 D.1 LIMPIEZA DEL TERRENO

Ver 3.22 B.1



FOTO N° 110.- Limpieza de terreno, eliminación de basura, hierbas y extracción de la tierra de cultivo, donde se ejecutará el reservorio de compensación.

3.42 D.2 ELIMINACION DE OBSTRUCCIONES

Ver 3.22 B.2



FOTO N° 111.- Eliminación de obstrucciones, en la vista se observa rezagos de la eliminación de la tala de árboles y arbustos, donde se ubica el reservorio de compensación.

3.42 D.3 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN

Ver 3.22 B.3



FOTO N° 112.- Movilización de equipo mecánico, tales como: una retroexcavadora sobre oruga, tres camiones volquetes, una motoniveladora, un cargador frontal sobre llantas, un camión cisterna para riego de agua, entre otros, en el frente de trabajo de la ejecución del reservorio de compensación.



FOTO N° 113.- Movilización de equipo mecánico, tales como: cuatro camiones volquetes, un cargador frontal, entre otros, en la zona de excavación para la cimentación del dique del reservorio, y extracción, carguio y transporte como material propio.

3.42 D.5 TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO

Ver 3.22 B.5



FOTO N° 114.- Trazado y nivelación topográfica, en el proceso de ejecución de obra del reservorio de compensación, se nota el tizado respectivo que indican los alineamientos y cotas correspondientes al dique.

3.42 D.6 SEGURIDAD

Ver 3.22 B.6



FOTO N° 115.- Seguridad para la obra, en la vista se observa el cerco perimetral tipo UNI de la Planta de Tratamiento donde se encuentra el reservorio de compensación en plena ejecución con los trabajos de topografía, como seguridad externa; y, las cintas señalizadoras como seguridad interna contra los mismos trabajadores.



FOTO N° 116.- Seguridad para el personal, en la vista se observa a los trabajadores en la torre de estructura a 5.50 m de altura en los trabajos de encofrado con sus implementos de seguridad, como: casco, guantes, botas y cinturones de seguridad.

3.43 MOVIMIENTO DE TIERRAS

CANTERAS

El relleno se realizó con material aluvial del tipo afirmado extraídos desde la cantera que se encuentran en el cono de deyección del río Chillón y a unos 500 m cerca de la zona de las obras; y, mejorado, mezclándolo con los suelos arcillosos que componen el segundo estrato de arena limosa y/o arena arcillosa que se ubican inmediatamente bajo el suelo de cultivo superficial de la propia excavación local, para la cimentación del reservorio de compensación.

Estos materiales fueron colocados en pilas temporales al costado de la zona de ejecución del reservorio de tal manera que fueron utilizados con facilidad en la mezcla con equipo mecánico, durante la construcción de los diques.

Los materiales excavados que fueran calificados como adecuados para la mezcla con los materiales de la cantera, pero que, por sus condiciones naturales se encontraban con exceso de humedad, fueron colocados

también en pilas temporales a fin de reducir su humedad o que se oreen, lo suficiente como para permitir su fácil trabajabilidad tanto en la mezcla como en la colocación en el terraplén.



FOTO N° 117.- Cantera material aluvial, de donde se obtiene el material gravoso fino para la conformación del terraplén del reservorio de compensación, donde se observa a dos cargadores frontales zarandeando dicho material.

La mezcla se realizó adecuadamente con un 70 % del material afirmado de la Cantera “A” más el 30 % de suelo natural areno limoso y/o areno arcilloso (SM/SC) que se encontraron en los terrenos donde se cementó el reservorio de compensación.



OTFOTOS N°s 118 y 119.- Acumulación de material mejorado, en las dos vistas adjuntas, se observa después de la mezcla, a dos tractores sobre oruga en el acomodo y batido del material afirmado propio del tipo detrito, para el relleno del reservorio de compensación.

3.43 C.1 EXCAVACION MASIVA EN MATERIAL SUELTO

RESERVORIO

El reservorio de compensación, se realizó parcialmente en excavación; el cual se encontraron en la zona material de piedras de detritos en grandes cantidades, la que sirvió con mezcla de las gravas de los terrenos aluviales encontradas en la Cantera cercana a la obra, como relleno para la cimentación y el cuerpo de talud de los diques perimetrales y central del reservorio de compensación.



FOTO N° 120.- Excavación en material suelto; se observa el inicio de los trabajos de excavación para la ejecución de los estanques del reservorio de compensación.

Los terrenos presentes en esta área, que estarán directamente involucrados en los trabajos de ejecución del dique, son depósitos aluviales finos, exceptuando el tramo cercano a la carretera Lima – Canta, donde se encuentran capas de detritos heterogéneas.

El sitio elegido para la construcción de esta obra ocupa un área asimilable a un plano con inclinación media, inferior al 5% y en la que no se ha evidenciado ningún señal de inestabilidad.

El desnivel máximo entre el punto más bajo y el más alto, que distan entre sí más de 200 m, es de unos 7 m.



FOTO N° 121.- Excavación en material suelto; en la vista se observa panorámicamente el estado del corte efectuado del terreno, preparado para recibir a la cimentación del dique perimetral del reservorio de compensación.

ESTRUCTURAS DE ENTRADA Y SALIDA

Las excavaciones realizadas para la cimentación de las estructuras de entrada y/o salida, no presentaron problemas por tener las mismas características el terreno donde se ubica el reservorio para su construcción.



FOTO N° 122.- Excavación local, se observa la excavación para el canal de la tubería de conducción en la estructura de entrada al reservorio de compensación.

LINEA DE CONDUCCION



FOTO 123.- Construcción del Reservorio de Compensación, donde se observa trabajos de excavación de una retroexcavadora, para el colocado de las tuberías desde la bocatoma al reservorio.

3.43 C.2 EXCAVACION EN ROCA SUELTA



FOTO 124.- Construcción del Reservorio de Compensación, donde se observa el traslado de los elementos necesarios de explosivos en la inspección previa para determinar su colocación, para trabajos de corte en material semi rocoso.



FOTO 125.- Construcción del Reservorio de Compensación. donde se observa acumulación de roca suelta después del corte con explosivos, para su extracción.

3.43 C.4 PREPARACION DE LA CAMA PARA LAS TUBERIAS

LINEA DE CONDUCCION



FOTO 126.- Preparación de cama para las tuberías, en la construcción del Reservorio de Compensación en el tramo hacia la Planta de Tratamiento, **se observa a un camión volquete descargando arena fina para la cama en la zanja ejecutada.**

3.43 C.5 RELLENO CON MATERIAL PROPIO, Y

3.43 C.6 RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO

RESERVORIO

CARACTERISTICAS DEL TERRAPLEN PARA LA CIMENTACION

Las capas superficiales de terreno agrícola se han eliminado totalmente; excavándose 0.70 m de profundidad en las capas aluviales de grano fino, para los planos de apoyo y/o cimentación.

El espesor de la capa aluvial de material fino se presentó a una profundidad media de 2.50 m en una buena parte del área; y, en la parte central, en la zona en la que se ubicó la división del embalse, en una amplitud de 60 m, dicho espesor alcanzó unos 5 m; encontrándose por debajo de dichos terrenos depósitos aluviales de grava.

Sucesivamente se ha realizado la regularización de los planos mediante apisonamiento y/o compactación.

En los tramos en donde los planos de apoyo del terraplén se encontraron los materiales detríticos, solamente se ha quitado el estrato superficial de material suelto, por un espesor aproximadamente de 0.50m.

Tanto en los rellenos como en las superficies de cimentación fueron compactados acorde a las normas a fin de minimizar los asentamientos durante y después de la construcción.

De tal manera que, para la instalación de las estructuras de impermeabilización del reservorio se colocaron una geomembrana impermeable, y una capa inferior y otra superior con geotextil, no tuvieron problemas de asentamiento diferencial.

Las dimensiones características del relleno, para la ejecución del reservorio de compensación, fueron las siguientes:

•	Cota mínima de apoyo	329.00 msnm
•	Cota coronación	338.40 msnm
•	Altura máxima relleno	9.40 m
•	Longitud del relleno	828.00 m
•	Ancho coronación	4.00 m
•	Talud	1.75 / 1.00
•	Volumen	117,000 m ³

PROCESO CONSTRUCTIVO

Ningún material del dique se colocó hasta que la cimentación no se haya preparado adecuadamente; ya que cada parte de ésta para la colocación de los rellenos, fue previamente aprobada por la Supervisión.

El relleno de los diques se realizó por capas compactadas las cuales se construyeron en forma continua y horizontalmente. El material de relleno aluvial del tipo afirmado, utilizados en la obra, permitieron la ejecución de taludes de relleno con horizontal 1.75 sobre 1.00 vertical.

Solo cuando lo aprobó la Supervisión, se permitió al Contratista use en el dique juntas de construcción. Los taludes de las juntas de construcción no fueron mayores que 3:1 H:V. La superficie de unión del dique colocado se preparó como en el caso de la cimentación.

El espesor de las capas no fue mayor de 0.25 m., recomendándose entre 4 a 6 pasadas de rodillo vibratorio de 16 ton, con traslape de 1/3 de la huella del rodillo para obtener una compactación adecuada.

Tanto los espesores de la capa como el número de pasadas se modificaron en base a los resultados de las pruebas de control de compactación de campo, con la aprobación de la Supervisión.

Cada capa de relleno se compactó a una densidad mayor o igual al 98% de la máxima densidad seca del Ensayo Proctor Modificado.

Para el caso de rellenos granulares (filtros y/o drenes), la compacidad mínima del ensayo de densidad relativa será de 80%.

Las pruebas anteriores se realizaron cada 500 m³ de relleno colocado.

Para llegar a estas áreas de construcción del terraplén, se utilizó un camino para tránsito vehicular de 3.00 m de ancho, a lo largo del talud interno, con un pendiente máxima de 10 %.

EN ESTRUCTURAS DE ENTRADA Y SALIDA

Las superficies de cimentación de las estructuras de entrada y/o salida fueron compactadas de manera tal que sirvieron para minimizar los asentamientos durante y después de la construcción.

Alrededor de las obras de salida, se instaló un empedrado de protección para proteger la membrana, en el curso de las operaciones de mantenimiento. El empedrado se realizó con gravas y arenas redondeadas de una dimensión máxima de 5 cm oportunamente cementado.

EN LINEA DE CONDUCCION



FOTO N° 1127.- Transporte del material mezclado; se observa a un camión volquete, en pleno transporte del material mejorado para la conformación del dique perimetral del reservorio de compensación.



FOTO N° 128.- Descarga del material; se observa a un camión volquete descargando material afirmado mejorado y a un cargador frontal extendiendo el mismo, en la plataforma del dique perimetral del reservorio de compensación.

3.43 C.7 NIVELACION, RIEGO Y APISONADO/COMPACTADO

RESERVORIO



FOTO N° 129.- Se observa la plataforma preparada en un tramo y el otro en riego, del dique perimetral del reservorio de compensación.



FOTO N° 130.- Se observa a una motoniveladora, en el extendido del material afirmado mejorado, para la nivelación del dique perimetral del reservorio de compensación.



FOTO N° 131.- En la vista se aprecia, a un camión cisterna en pleno riego de la plataforma del dique del reservorio de compensación, para su compactación correspondiente.



FOTO N° 132.- Se observa ya regado la plataforma del relleno para su compactación, del reservorio de compensación, asimismo a su continuación la acumulación de material afirmado para la conformación del terraplén.



FOTO N° 133.- Se observa a dos rodillos lisos autopropulsados, compactando la plataforma del dique perimetral del reservorio de compensación.



FOTO N° 134.- Se observa una motoniveladora y un rodillo liso autopropulsado en trabajos de nivelación y compactación respectivamente, para el terraplén del dique del reservorio de compensación.



FOTO N° 135.- En la vista se observa a dos retroexcavadoras sobre oruga, peinando el talud interior, de la parte inferior y superior del relleno respectivamente, del reservorio de compensación.

ESTRUCTURAS DE ENTRADA Y SALIDA



FOTO N° 136.- En la vista se observa a un operador con un compactador portátil, apisonando la base de una estructura de entrada al reservorio de compensación.

3.43 C.8 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE

Todo material extraído que no se utilice como relleno, deberá ser transportado fuera de la Obra y depositado en un lugar autorizado por la Supervisión



FOTO N° 137.- Eliminación de material excedente, en la vista se aprecia el traslado de material inapropiado o excedente de las obras ejecutadas sea de la bocatoma, línea de conducción ó del reservorio de compensación, ú otro, hacia el botadero designado por el Supervisor.

3.42 LINEA DE CONDUCCION

3.42 D.1 SUMINISTRO Y COLOCACION DE LA TUBERIA



FOTO N° 138.- Cámara By Passe en excavación, se observa llegada de tubería CAP 1,400 mm de diámetro; y, doble salida de dos tuberías metálicas 1,200 mm de diámetro, para el reservorio de compensación y a la planta de tratamiento, respectivamente.



FOTO N° 139.- Cámara de estructura de entrada, en proceso de construcción de concreto armado, donde se observa la llegada de la tubería CAP de 1,400 mm de diámetro.

Aguas abajo del pozo de rebose, se construyó la colocación de tubería en acero de 1,200 mm de diámetro hasta el pozo de conexión, afuera del relleno. Al lado de dicha estructura, se construyó la obra de toma, de concreto armado, con dos niveles de toma.



FOTO N° 140.- Se observa tuberías de una de las estructura de salida del estanque del reservorio hacia la parte externa del dique.



FOTO N° 141.- Similar a la foto anterior, se observa tuberías de la estructura de salida del otro estanque del reservorio de compensación.

3.45 OBRAS DE CONCRETO

3.45 E.1a. CONCRETO SIMPLE

- i. Concreto $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$
- ii. Concreto Ciclópeo $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2 + 30 \% \text{ piedra grande}$

ESTRUCTURA DE ENTRADA DEL R. DE C.



FOTO N° 142.- Concreto ciclópeo, en la cimentación de la estructura de entrada del reservorio de compensación.



FOTO N° 143.- Concreto simple, en la base de la estructura de entrada del reservorio de compensación, se observa la llegada desde la bocatoma, de la tubería de recolección de CAP de 1,400 mm de diámetro sobre la base de la cámara, asimismo la armadura respectiva de fierro corrugado colocado para los muros.

ESTRUCTURA DE SALIDA DEL R. DE C.



FOTO N° 144.- Concreto ciclópeo, en la cimentación de la estructura de entrada del reservorio de compensación.

3.45 E.2a. CONCRETO ARMADO

- i. Concreto $f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$
- ii. Concreto impermeabilizante $f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$
- iii. Encofrados y desencofrados
- iv. Acero de refuerzo $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

3.45 E.2b. ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, Y

3.45 E.2c. ARMADURA

ESTRUCTURAS DE ENTRADA Y SALIDA

Las estructuras de entrada y salida del reservorio se han realizado con concreto premezclado, con resistencias a la compresión de $f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$ para las obras sin contacto directo con el agua y concretos con aditivos impermeabilizantes de $f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$ en contacto al agua como son los muros de dichas cámaras. El encofrado se realizó con madera nueva y la armadura con refuerzos de $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$.



FOTO 145.- Concreto premezclado, en plena colocación del concreto a la cimentación de una de las estructuras del reservorio de compensación, se observa a los ingenieros encargados de la obra en plena inspección.

ESTRUCTURA DE ENTRADA DEL R. DE C.



FOTO N° 146.- Encofrado, de la estructura de entrada del reservorio de compensación, se observa la tubería de recolección de CAP de 1,400 mm de diámetro con el dado de concreto en el codo de 90°, a la base de la cámara, asimismo la armadura y el encofrado respectivo para los muros.



FOTO N° 147.- Armadura, de la estructura de entrada del reservorio de compensación, se observa la tubería de recolección de CAP de 1,400 mm de diámetro llegando a la cámara del reservorio de compensación, asimismo la armadura colocada y el encofrado de la cámara listo para el vaciado de concreto.



FOTO N° 148.- Estructura de entrada del reservorio de compensación interior, se observa la cámara de repartición de concreto armado desde una vista interior y/o anterior del estanque, las tuberías de distribución metálica de 1,200 mm de diámetro por empalmar, para c/u de los estanques del reservorio de compensación.



FOTO N° 149.- Estructura de entrada del reservorio de compensación exterior, se observa desde una vista exterior y/o posterior del estanque, las tuberías de distribución metálica de 1,200 mm de diámetro empalmadas, para c/u de los estanques del reservorio de compensación, asimismo la cámara de repartición de concreto armado en la parte inferior.

ESTRUCTURA DE SALIDA DEL R. DE C.



FOTO N° 152.- Estructura de salida del reservorio de compensación, se observa la cimentación de concreto simple ejecutada y las tuberías metálicas de rebose con su vertedero tipo "moming-glory" y la de drenaje, de uno de los estanques del reservorio de compensación.



FOTO N° 153.- Estructura de salida del reservorio de compensación, se observa las tuberías metálicas para el rebose y drenaje de c/u de los estanques, ejecutadas en forma paralela a los trabajos de explanaciones de la cimentación de la plataforma del dique perimetral del reservorio de compensación.



FOTO N° 150.- Estructura de entrada del reservorio de compensación, se observa la parte final de la tubería de distribución metálica de 1,200 mm de diámetro para uno de los estanques del reservorio de compensación, en proceso de construcción el canal de concreto armado y el muro de sostenimiento de la tubería.



FOTO N° 151.- Estructura de entrada final del reservorio de compensación, se observa la parte final de la tubería de distribución para uno de los estanques del reservorio de compensación, en pleno funcionamiento con el flujo de agua de la bocatoma al estanque a prueba, concluido el canal y el muro de concreto.



FOTO N° 156.- Encofrados y armadura; se observa de las cámaras de estructuras de salida en pleno proceso para el vaciado de concreto de sus muros.



FOTO N° 157.- Se observa la colocación de concreto premezclado de los muros de la estructura de salida de uno de los estanques del reservorio de compensación.



FOTO N° 154.- Estructura de salida del reservorio de compensación, se observa las tuberías metálicas de 1,200 mm de diámetro llegando a la cámara exterior de uno de los estanques.



FOTO N° 155.- Estructura de salida del reservorio de compensación, se observa las tuberías de metal de 1,200 mm de diámetro llegando a la cámara exterior de uno de los estanques, con su muro de sostenimiento.

3.46 VARIOS

3.46 F.1 COMPUERTAS Y PASARELAS METÁLICAS

EN ESTRUCTURA DE ENTRADA DEL R. DE C.

La entrada en el reservorio se encuentra al lado norte de la zona de embalse, donde llegan las líneas de conducción de la bocatoma.

Dicha estructura es una obra en concreto armado, de 3.00 x 3.00 m de sección y 9 m de altura; la parte superior cuenta con un vertedero con un umbral a la cota 339.40 msnm. Sigue una cámara de repartición, en donde se encuentran dos compuertas de accionamiento manual. El agua ingresa a cada estanque a través de un canal de concreto.



FOTO N° 158.- Estructura de entrada del reservorio de compensación, se observa las compuertas y las tuberías de bifurcación para c/u de los estanques.



FOTO N° 159.- Compuertas planas de accionamiento manual, se observa la estructura de entrada y la distribución de las dos tuberías de 1,200 mm de diámetro a los estanques, asimismo, las dos compuertas planas de accionamiento manual, del reservorio de compensación.



FOTOS N° 160 y 161.- Estructura de entrada, se observa las compuerta plana accionamiento manual



FOTOS N° 163 y 164.- Estructura de entrada, compuertas plana accionamiento manual son observados desde diferentes ángulos.



FOTO N° 165.- Estructura de entrada, compuerta plana accionamiento manual

EN ESTRUCTURA DE SALIDA DEL R. DE C.

FOTO N° 166.- Estructura de salida, se observa las compuertas planas de accionamiento manual por instalar.



El drenaje para descarga de fondo cuenta con una tubería de 500 mm de diámetro, y una compuerta manual de 0.50 x 0.50 m, a una cota de 330.50 msnm, operada desde la pasarela metálica superior.

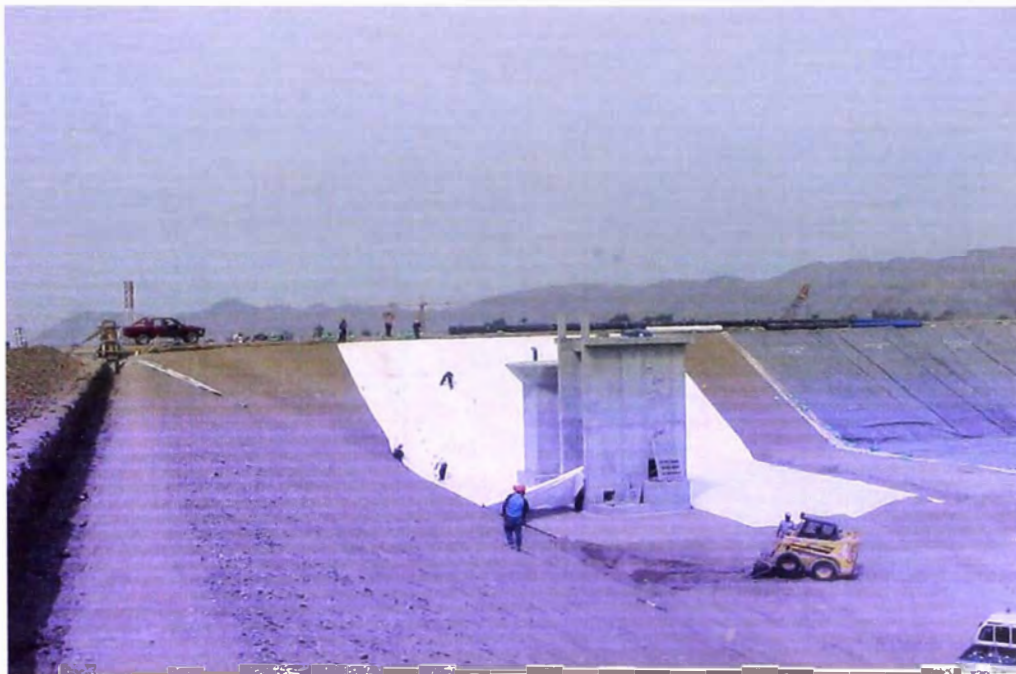


FOTO N° 167.- Estructura de salida, compuertas planas de accionamiento manual por su montaje.

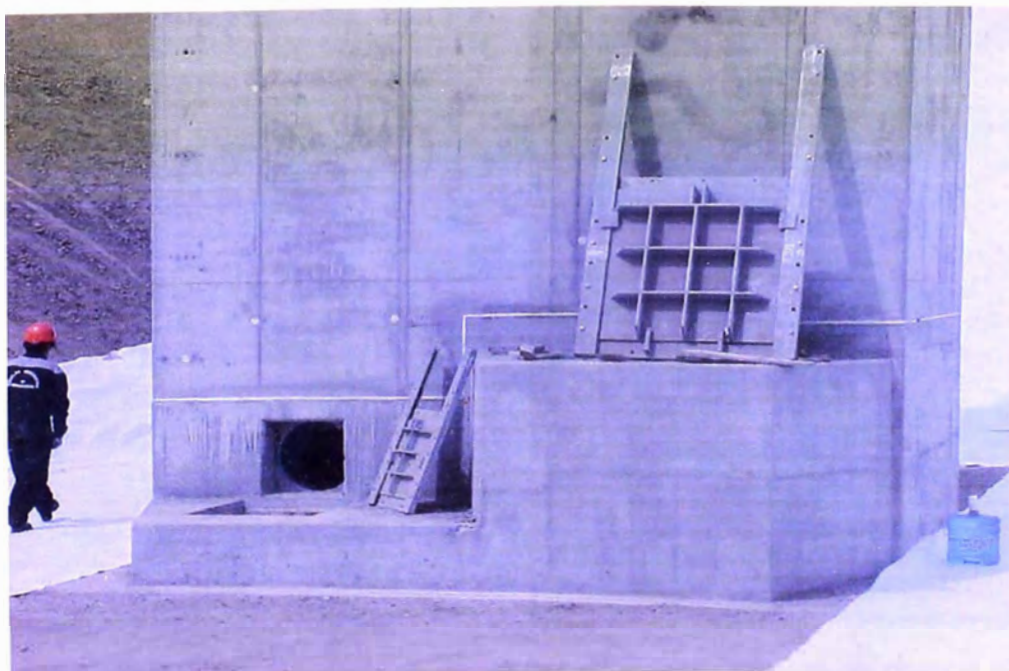


FOTO N° 168.- Estructura de salida, compuertas planas de accionamiento manual por su montaje, idem foto anterior con mas detalle.



FOTO N° 169.- Estructura de salida, compuerta plana accionamiento de manual visto desde otro ángulo.

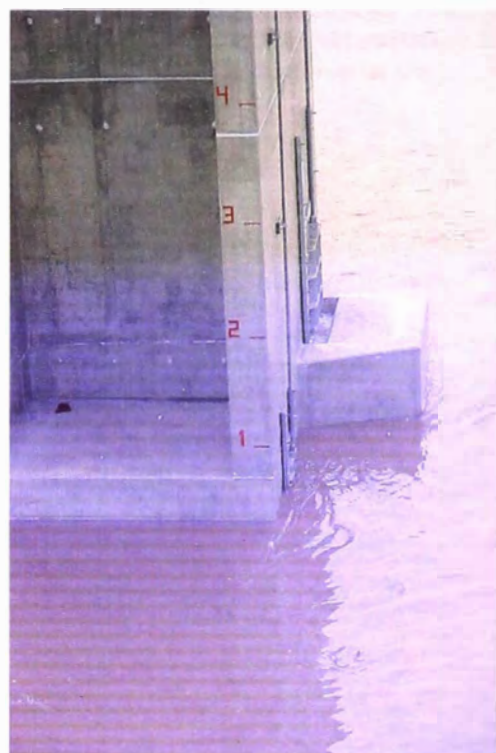
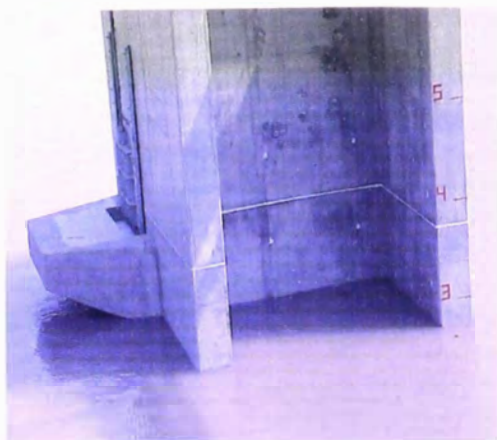


FOTO N° 170.- Compuertas planas de accionamiento manual, se observa en pleno proceso de llenado de uno de los estanques del nivel + 0.00 al + 2.75 m, en la estructura de salida del reservorio de compensación.



FOTO 171.- Construcción del reservorio de compensación, donde se observa panorámicamente la estructura de salida de uno de los estanques del reservorio de compensación y uno de los niveles donde se instalará una compuerta plana de accionamiento manual.

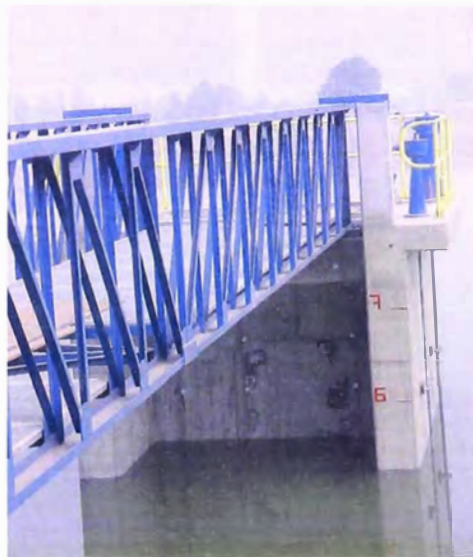


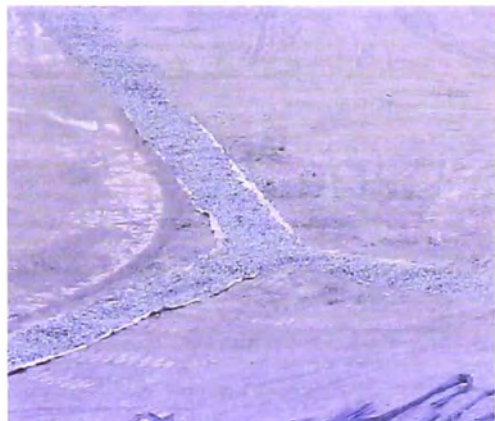
FOTO 172.- Construcción del reservorio de compensación, donde se observa panorámicamente la estructura de salida de uno de los estanques del reservorio de compensación y uno de los niveles donde se instalará una compuerta plana de accionamiento manual.

3.46 F.2 DRENAJE: relleno filtro de gravas < 0.20 m

En toda el área del reservorio se ha realizado un sistema de drenaje con canales de excavaciones donde se colocaron material gravoso con diámetro menores o iguales de 0.20 m, llegando fuera del perímetro, para evitar que surjan presiones intersticiales por debajo de la estructura de impermeabilización, para lo cual primeramente se abrieron las zanjas de acuerdo a las dimensiones establecidas en los planos, se perfilaron y nivelaron seguidamente, para luego extender los geotextiles en toda su longitud y ancho constante para finalmente completar con la grava establecida al nivel de la base.



FOTOS N° 173 y 174.- Drenaje, en las dos vistas precedentes se observan la excavación, donde se colocará el material gravoso acumulado, que servirá de dren al reservorio de compensación.



FOTOS N°. 175 y 176.- Drenaje, se observan en las vistan anteriores, el material de grava colocado sobre una base de geotextil, en la excavación previamente ejecutadas, que servirá de drenaje al exterior del reservorio de compensación.



FOTO N° 177.- Drenaje, se observa los canales y el material gravoso para el drenaje del reservorio de compensación.

3.46 F.3 EMPEDRADO DE PIEDRAS

El plano de apoyo de la obra del reservorio, para el paquete de estructuras de impermeabilización se le previó por medio de una capa de arena con gravas finas redondeadas de 15 cm de espesor en todo su extensión.

Y, en las obras de estructuras de salida, en su alrededor se colocaron un empedrado de protección, para proteger la membrana, estructura impermeabilizante, en el curso de las operaciones de mantenimiento. El empedrado se realizó con gravas y arenas redondeadas de una dimensión máxima de 0.05 m oportunamente cementadas.

3.46 F.4 IMPERMEABILIZACION ESTRUCTURAL.: Geomembrana/Geotextil

Tanto en los rellenos como en las superficies de cimentación fueron compactados acorde a las normas a fin de minimizar los asentamientos durante y después de la construcción.



FOTO Nº 178.- Geotextil, se observa la colocación parcial de la primera capa de geotextil para protección de la segunda capa de impermeabilización consistente de una geomembrana con el terreno.

De tal manera que, para la instalación de las estructuras de impermeabilización del reservorio se colocaron una geomembrana impermeable, y una capa inferior y otra superior con geotextil para protección de la anterior con el terreno y el embalse, no tuvieron problemas de asentamiento diferencial.

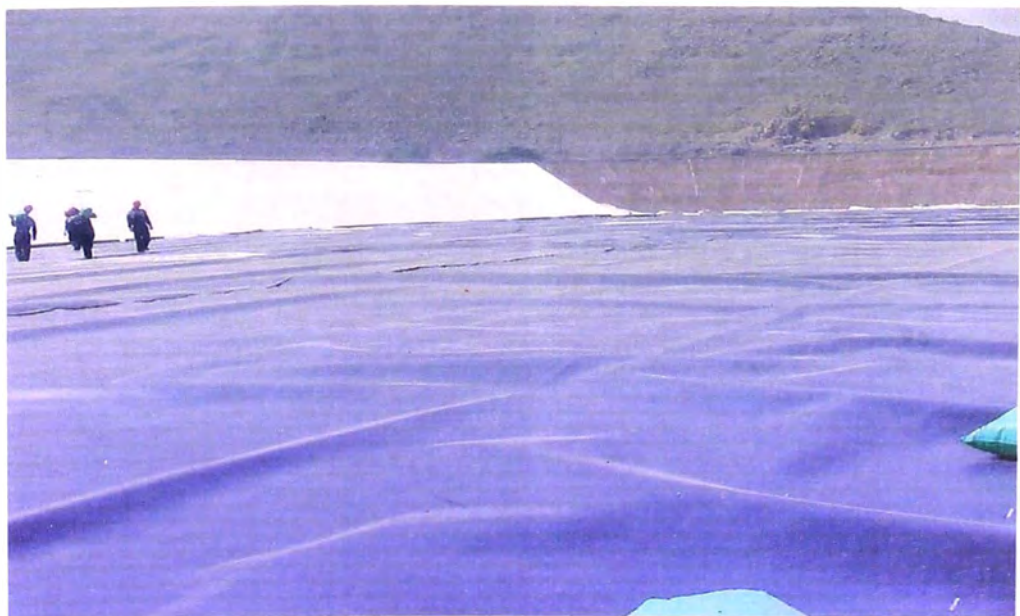


FOTO 179.- Geomembrana, se observa la colocación inicial de la segunda capa de geomembrana HDPE impermeabilizante.



FOTO N° 180.- Geotextil, se observa la colocación parcialmente la primera capa de geotextil en color claro, seguida de la geomembrana en color oscuro, faltando colocar la siguiente capa de geotextil, para completar la impermeabilización del reservorio de compensación.



FOTO N° 181.- Geomembrana, se observa al técnico en plena ejecución de soldadura para el empalme de la estructura de impermeabilización de la geomembrana HDPE, colocada como segunda capa de las tres colocadas, después de la primera capa de geotextil, la que se aprecia al fondo extremo izquierdo de color blanco.



FOTO N° 182.- Geomembrana, se observa instalada totalmente la segunda capa, correspondiente a la impermeabilización con geomembrana HDPE. en uno de los estanques del reservorio de compensación.



FOTO N° 183.- Geomembrana, se observa colocada la tercera capa correspondiente al geotextil para la impermeabilización, de la estructura de salida, del reservorio de compensación.



FOTO N° 184.- Geomembrana, se observa después de instalados las estructuras de impermeabilización: los geotextiles y la geomembrana. ya colocada la armadura de fierro corrugado para la losa de la cámara de repartición, de la estructura de llegada, del reservorio de compensación.



FOTOS N° 185 y 186.- Geomembrana, se observa en las dos vistas, la colocación del concreto pre mezclado sobre el geotextil protector ya instalado, para la losa cementada adyacente de la estructura de salida del reservorio de compensación, a donde llegará el camino de acceso a la base del estanque.



FOTOS 187 y 188.- Geomembrana, se observa en una vista la colocación de la **armadura** de fierro corrugado y en la otra el vaciado del **concreto pre mezclado**, para el camino de acceso a la base del estanque.

La geomembrana impermeable escogida fue de polietileno de alta densidad (HDPE) de 1.5 mm de espesor, soldado en obra, con empalmes adecuados, para proteger la geomembrana se colocó un geotextil de 300 gr/m² por encima y por debajo de la misma.

En correspondencia de las obras en concreto de las estructuras de salida se previó un aumento del espesor de la membrana a 2 mm y un geotextil de 500 gr/m².



FOTO N° 189.- Geomembrana, se observa su puesta después de la primera capa de geotextil colocado, en la obra de estructura de entrada del reservorio de compensación.

3.47 PAVIMENTACION ASFALTICA

Las obras de asfalto se realizaron para los caminos de accesos, al perímetro, y tramo central de los estanques del reservorio de compensación, una vez concluido los trabajos del terraplén y estanques, se colocaron el afirmado y se les compactó, para posteriormente realizar la imprimación y colocado la carpeta asfáltica en caliente de 2" de espesor, la plataforma fue de 3 m de ancho.

3.47 G.1 IMPRIMACION



FOTOS N°s 190 y 191.- Imprimación del acceso lateral, subiendo a la plataforma del reservorio de compensación.



FOTO N° 192.- Imprimación del acceso lateral, al inicio de la plataforma del dique perimetral del reservorio de compensación.



FOTO N° 193.- Imprimación, de la plataforma del dique perimetral del reservorio de compensación.



FOTO N° 194.- Imprimación, se observa a un camión imprimador en pleno proceso de ejecución de la coronación del dique central del reservorio de compensación.

3.47 G.2 CARPETA ASFALTICA



FOTO N° 195.- Asfaltado, se observa la colocación de la carpeta asfáltica de la plataforma de la corona del reservorio de compensación.



FOTO N° 196.- Asfaltado, se observa culminando los trabajos de colocación de la carpeta asfáltica en la plataforma de la corona del reservorio de compensación.



FOTO N° 197.- Asfaltado, se observa a una máquina asfaltadora y a un rodillo liso autopropulsado en pleno trabajo de asfaltado y compactación respectivamente, en la plataforma de la corona del reservorio de compensación..



FOTO N° 198.- Imprimación, de la coronación del dique perimetral del reservorio de compensación.



FOTO N° 199.- Asfaltado, se observa a un rodillo liso y otro de neumáticos en la compactación del asfalto en caliente colocado en la plataforma del dique lateral de la coronación del reservorio de compensación e ingenieros a cargo de la obra.

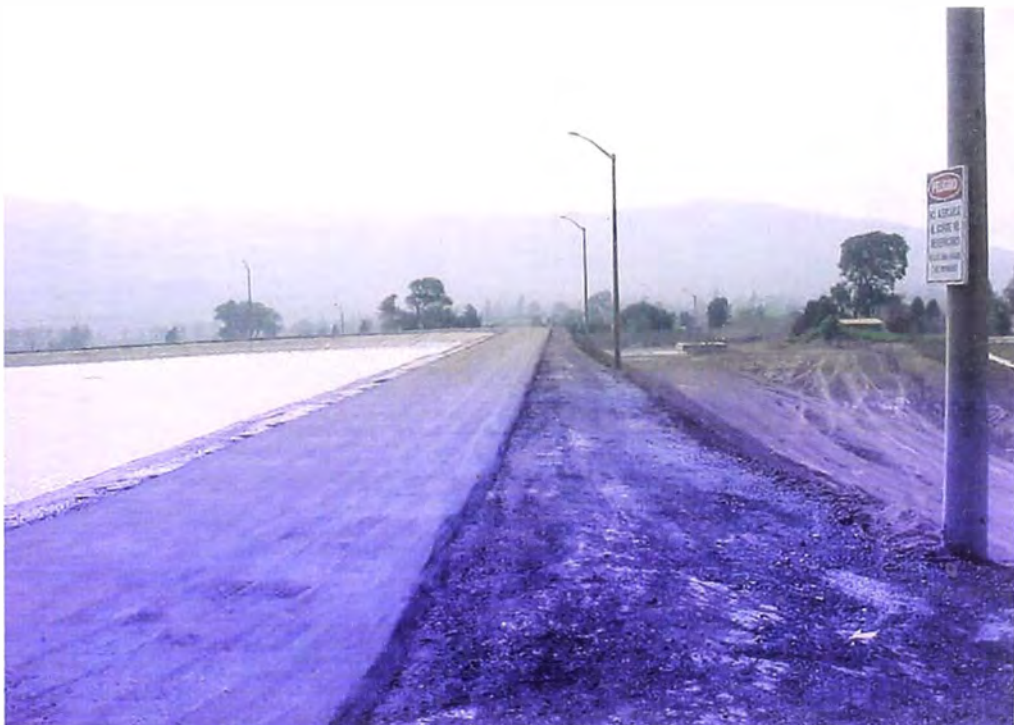


FOTO N° 200.- Asfaltado, se observa la colocación parcial de la carpeta asfáltica en la plataforma del dique central de la corona del reservorio de compensación.



FOTO N° 201.- Asphaltado, se observa a una máquina asfaltadora Barber Greene en pleno trabajo de colocación del asfalto en caliente en la plataforma de la coronación del reservorio de compensación y ayudantes en pleno extendido.



FOTO N° 202.- Asphaltado, se observa completando la colocación de la carpeta asfáltica en la franja lateral de la plataforma de la corona del reservorio de compensación.



FOTO N° 203.- Asfaltado, se observa culminado la carpeta asfáltica de la plataforma del dique perimetral en la corona del reservorio de compensación.



FOTO N° 204.- Control de calidad del asfaltado, técnico de asfalto extrayendo una muestra colocada de la pavimentación en la coronación del reservorio de compensación, para el ensayo respectivo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. CONCLUSIONES

- El contrato de concesión para la “Planta de Tratamiento Chillón”, suscrito entre SEDAPAL y el “Consortio Agua Azul” es beneficioso, puesto que a la fecha el proyecto está proporcionando agua tratada a los distritos del Cono Norte de Lima, como Carabaylo, Comas, Puente Piedra y Ancón.
- El proyecto a ejecutar por el Consorcio, ha sido realizado al 100% de lo indicado en sus dos etapas, habiéndose logrado a la fecha hacer las interconexiones de los sistemas de abastecimiento de agua de la Planta de Tratamiento del Río Chillón al sistema de abastecimiento de La Atarjea, incorporando un buen volumen de agua de consumo a la población de Lima.
- En la construcción de la captación, los problemas que se tuvieron en la etapa de cimentación (colocación del concreto debajo del nivel freático) habían sido previsto en el estudio, por lo que no significó demora en la ejecución. Asimismo; las dificultades durante el proceso constructivo ejecutadas, que derivaron en el aspecto ambiental, los trabajos para la formación de los planos de cimentación y de los vaciados de concreto que se realizaron parcialmente por debajo de la napa freática; los flujos superficiales que se presentaron durante los trabajos se desviaron de modo provisional y temporalmente por tal motivo, con equipos mecánicos y motobombas con mangueras.
- En general todas las obras ejecutadas contaron con su respectivo programa de obra, lo que facilitó el abastecimiento de materiales y el control de la obra.
- La bocatoma ha sido cimentada y construido en una zona apropiada donde existe una buena estabilidad, siendo una parte cimentada en roca fija.

- En el tendido de tuberías ha sido bien ejecutada, porque se contó con los equipos mecánicos apropiados y personal calificado con experiencia.
- En la construcción del reservorio de compensación, el material utilizado para los terraplenes fueron del lecho del río (material gravoso) y de la cantera ubicado cerca al terraplén lográndose una buena calidad de obra, lo que fue debidamente compactado.
- La geo membrana y los geo textiles están cumpliendo una función muy importante en la impermeabilización del reservorio, lo que garantizará su durabilidad, así como su buena estabilidad.
- La logística en la ejecución de la obra ha sido bien planificada, porque el abastecimiento de materiales siempre llegaba oportunamente; y, en lo que se refiere al personal ésta fue debidamente seleccionada para cada una de las actividades que se realizaban, lo que permitió obtener buenos rendimientos en la ejecución.
- En la ejecución de la obra no se ha presentado accidentes graves debido a que se contó con un Plan de seguridad donde se previeron los diferentes riesgos.
- El presente tema, expone los procesos constructivos ejecutados en la captación, conducción y reservorios de compensación, los mismos que al final mostraron coincidencia con el expediente, permitiendo se cumpla y se respete su ejecución en el tiempo previsto.
- La construcción de las obras civiles, como resultado final se puede definir que en los diferentes recursos llámense humanos, se ha contado con personal altamente calificado y con experiencia, así como personal intermedio que se ha formado durante el periodo de ejecución.
- Se ha contado con buenas canteras en calidad y cantidad de los materiales requeridos, estando éstas cerca generaron un mínimo costo

de transporte. Dichos materiales han sido debidamente empleados en su mezcla in situ, para los diques del reservorio de compensación.

- Para el movimiento de tierra de las obras ejecutadas se utilizaron las siguientes maquinarias y/o equipos: tractores sobre orugas, retroexcavadoras, cargadores frontales, motoniveladoras, rodillo liso autopropulsado, camiones volquetes, camiones cisterna, compactadores portátiles, motobombas, etc., asimismo para las obras de concreto se han utilizado generalmente camiones concreteros (mixers); y, para las diferentes etapas, cumpliendo con los plazos establecidos en la programación.
- Se ha utilizado la última tecnología, con la impermeabilización de las estructuras con el uso de la geomembrana y geotextiles para su protección, para las obras civiles destinadas al almacenamiento de agua (reservorios).
- En el aspecto de la seguridad de la obra, la misma se ha llevado con mucha exigencia en todo sus aspectos y se tiene como resultado la no presencia de accidentes graves, debido a un plan de seguridad implementado.
- La implementación de un buen sistema de manejo de ejecución de obra en la infraestructura de saneamiento a través de concesiones entre empresas del estado peruano con empresas internacionales, en busca de un fin social, debido a la carencia de agua en la ciudad, es beneficiosa.
- Hacer siempre la planificación y programación de las obras en general, de sus componentes, teniendo en cuenta los factores pertenecientes al lugar de la obra a ejecutarse.

2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el Estado debe suscribir otros convenios de concesión para la ejecución de proyectos de envergadura que sean necesarios para el desarrollo del país.
- Hacer siempre el planeamiento general de las obras a fin de lograr el abastecimiento de materiales, equipos y mano de obra en forma oportuna en la ejecución de las obras.
- Asimismo, en toda obra deberá de contarse con un Plan de Seguridad para evitar accidentes y lograr mejor productividad y calidad en los procesos constructivos.
- Es recomendable que las demás empresas constructoras, ejecutoras de diversas obras, deban contar con una buena organización (organigramas, planeamiento, programación, etc.), que permitan atender cada uno de las necesidades que requieran las obras.
- En la ejecución de estas obras, es necesario se tenga en cuenta a las demás instituciones ligados a la ingeniería civil, promoviendo y dándole facilidades para sus visitas, ya que con las experiencias ganadas le permitan a las personas o instituciones, ver el desarrollo tecnológico de la obra y/o dar sugerencias técnicas necesarias para ésta.

BIBLIOGRAFIA

1. MINISTERIO DE VIVIENDA
Reglamento Nacional de Edificaciones
2. SEDAPAL
Especificaciones Técnicas
3. MINISTERIO DE VIVIENDA
Reglamento de Metrados para Obras de Edificación
4. ITINTEC
Normas
400.033 Andamios. Requisitos
400.034 Andamios. Definiciones y Clasificación
5. INDECOPI
Especificaciones
6. ASTM C361M-90
Especificaciones para tubos de concreto armado pretensado
7. Norma Técnica de Edificación E-050
Suelos y Cimentaciones
Edición Enero 1997
8. M y M Consultores S.R.L.
Estudio de Suelos Planta de Tratamiento de Agua y Tanque de
Compensación N° M1456