

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE TECNOLOGÍA

**METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO NUEVO
COLECTOR 24 DE MAYO.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGA EN
ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

LOAIZA OJEDA LIDIA ROCIO

DIRECTOR: INGENIERO CORDOVA JENRY

Quito, Septiembre 2007

DECLARACIÓN

Lidia Rocío Loaiza Ojeda, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en éste documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a éste trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Srta. Lidia Rocío Loaiza Ojeda

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Lidia Rocio Loaiza Ojeda, bajo mi supervisión.

Ing. Jenry Córdova
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

*Deseo dejar constancia de mi profundo y sincero
agradecimiento a:*

Mis padres y hermanos, ya que sin su apoyo y comprensión habría sido imposible la culminación de esta etapa estudiantil de mi vida.

Franklin Guanochanga, quien con total y desinteresada bondad me brindó su ayuda en la realización de este Proyecto de Titulación así como su comprensión y ánimo recibidos en los momentos de flaqueza e incertidumbre de mi vida.

Mis maestros quienes supieron impartirme todos sus conocimientos con paciencia y comprensión y de manera especial al ingeniero Córdova Jenry que fue mi guía para la realización de este Proyecto de Titulación.

A todos ellos mil gracias

Rocío Loaiza

DEDICATORIA

A mis Padres

Quienes con infinito amor y sabiduría supieron encaminarme por el sendero del conocimiento, para llegar a obtener una profesión y ser una mujer de bien y útil a la sociedad.

Rocío Loaiza

CONTENIDO

		Pág.
	RESUMEN	1
	PRESENTACIÓN	3
CAPÍTULO I		
CARACTERÍSTICAS Y ASPECTOS GENERALES.		
1.1	IMPORTANCIA DEL TEMA	4
1.2	ADJUDICACIÓN DEL PROYECTO	5
1.3	DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO	9
1.3.1	ESTUDIO AMBIENTAL DE INSIDENCIA AL PROYECTO	10
1.4	CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS	14
1.5	CARACTERISTICAS GEOLÓGICAS	15
1.5.1	RIESGOS GEODINÁMICOS	17
1.6	CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS	19
1.7	ORGANIZACIÓN DE TRABAJOS	21
1.8	SEGURIDAD INDUSTRIAL	22
1.8.1	DE LA POLÍTICA DE LA EMPRESA	22
1.8.1.1	OBLIGACIONES DEL TRABAJADOR	23
1.8.1.2	OBLIGACIONES DE LA EMPRESA CON EL EMPLEADOR	26
CAPÍTULO II		
CONSTRUCCIÓN DE DIQUE Y COLECTOR A CIELO ABIERTO		
2.1	OBRAS PRELIMINARES	27

2.1.1	INSTALACIÓN DE CAMPAMENTOS	27
2.1.1.1	CAMPAMENTO PVM-7	28
2.1.1.2	CAMPAMENTO PVM-6'	28
2.1.1.3	CAMPAMENTO PVM-5'	28
2.1.1.4	CAMPAMENTO PVM-4'	29
2.1.1.5	CAMPAMENTO PVM-3'	30
2.1.1.6	CAMPAMENTO DEL DIQUE	30
2.1.1.7	CAMPAMENTO BASE	31
2.2	DIQUE Y COLECTOR A CIELO ABIERTO	31
2.2.1	GENERALIDADES	31
2.2.2	MÉTODO DE EXCAVACIÓN DIQUE Y COLECTOR A CIELO ABIERTO	34
2.2.2.1	EXCAVACIÓN EN ROCA	38
2.2.2.2	EXCAVACIÓN EN CONGLOMERADO	40
2.2.2.3	EXCAVACIÓN EN MATERIAL DE RELLENO	41
2.3	CIMENTACIÓN PARA ESTRUCTURA	44
2.3.1	DRENAJE	44
2.3.2	MEJORAMIENTO DE SUELO DE CIMENTACIÓN	47
2.3.3	RELLENO DE ESCOLLERA DE PIEDRA PARA CIMENTACIÓN	48
2.4	SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN DE DIQUE	49
2.5	SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN DE COLECTOR A CIELO ABIERTO	58
2.5.1	HORMIGÓN DE REPLANTILLO EN HORMIGÓN	59
2.5.2	ARMADO DE ACERO DE REFUERZO	61
2.5.3	ENCOFRADO Y HORMIGONADO DE COLECTOR A CIELO ABIERTO	63
2.5.3.1	ENCOFRADO Y HORMIGONADO DE SOLERA	63
2.5.3.2	ENCOFRADO Y HORMIGONADO DE PAREDES	64
2.6	CONFINAMIENTO Y RELLENO DE ESTRUCTURA A CIELO ABIERTO	68

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL

3.1	POZOS DE REVISIÓN PARA INGRESO A TÚNEL	71
-----	--	----

3.1.1	EXCAVACIÓN EN POZOS	71
3.1.1.1	EXCAVACIÓN EN POZO PVM3'	72
3.1.1.2	EXCAVACIÓN EN POZO PVM4'	73
3.1.1.3	EXCAVACIÓN EN POZO PVM5'	74
3.1.1.4	EXCAVACIÓN EN POZO PVM6' y PVM7'	76
3.1.1.5	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS POZOS	77
3.2	ENTIBADO CONTINUO EN POZOS	78
3.3	ARMADO ESTRUCTURAL EN POZOS	80
3.4	ENCOFRADO EN POZO	84
3.5	FUNDACIÓN EN POZO	85
3.6	SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN EN TÚNEL	88
3.6.1	MÉTODO DE EXCAVACIÓN EN TÚNEL	89
3.6.2	EXCAVACIÓN EN ROCA	90
3.6.2.1	FRENTE PVM4' HACIA PVM5' Y PVM4' HACIA PVM3' 91	
3.6.2.2	PERFORACIÓN	93
3.6.2.3	GEOMECÁNICA	94
3.6.2.4	PERFORABILIDAD	95
3.6.2.5	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	95
3.6.2.6	AVANCE DE EXCAVACIÓN	95
3.6.2.7	SOSTENIMIENTO EN TÚNEL DE ROCA	98
3.6.2.8	ENTIBADO EN TÚNEL DE ROCA	100
3.6.3	EXCAVACIÓN EN ARENA	101
3.6.3.1	FRENTE PVM5' HACIA PVM6' Y PVM5' HACIA PVM4' 101	
3.6.3.2	SOSTENIMIENTO EN TÚNEL DE ARENA	103
3.6.3.2.1	CHIMENEAS U ORADOS	104
3.6.3.3	ENTIBADO EN TÚNEL DE ARENA	106
3.6.4	EXCAVACIÓN EN CONSOLIDADO	107
3.6.4.1	EXCAVACIÓN EN TÚNEL PVM6' A PVM5'	107
3.6.4.2	EXCAVACIÓN EN TÚNEL PVM6' A PVM7	109
3.6.5	CONTROL DE AVANCE EN EXCAVACIÓN DE TÚNEL 110	
3.7	REZAGA DE MATERIAL	114
3.7.1	DESALOJO HORIZONTAL	114
3.7.2	DESALOJO VERTICAL	116

3.8	VENTILACIÓN	118
3.8.1	DEFICIENCIA DE OXIGENO	119
3.8.2	CAUDAL DE AIRE REQUERIDO O NECESARIO POR CONCEPTO DE GASES	120
3.8.2.1	EQUIPOS DE COMBUSTIÓN INTERNA	120
3.8.2.2	CONTROL DE POLVOS	121
3.9	ILUMINACIÓN	123
3.10	SOSTENIMIENTO	123
3.10.1	MARCOS DE PERFIL IPN-120	123
3.10.2	CERCHA CELOSÍA ESTRUCTURAL	125
3.11	REVESTIMIENTO	126
3.11.1	ARMADURA EN TÚNEL	126
3.11.2	ENCOFRADO	128
3.11.3	HORMIGONADO	131
3.12	EQUIPO ASIGNADO AL PROYECTO	136
3.12.1	MAQUINARIA ASIGNADA A LOS FRENTE DE TRABAJO	136

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	138
GLOSARIO	140
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143
ANEXOS	144

RESUMEN

La problemática de un deficiente servicio de alcantarillado en el Distrito Metropolitano de Quito, requiere de la construcción inmediata del “Nuevo Colector 24 de Mayo”.

Por las características tanto geológicas como topográficas de la línea del proyecto, existieron muchas particularidades, siendo estas tratadas de manera especial, ya que necesitaron la implementación de mano de obra calificada, equipo especial para su avance y dirección técnica experimentada.

Para la construcción del proyecto se requirió |de aproximadamente 500 días para su construcción, por ello se emprendió jornadas de charlas informativas a la ciudadanía, acerca de la construcción de “Nuevo Colector 24 de Mayo”, los inconvenientes y molestias temporales fueron necesarios para comodidades futuras y definitivas, además de ser un fuente generadora de empleo para la población que habita en los alrededores.

Sin embargo se debe considerar que para un normal desarrollo de la construcción fue indispensable realizarlo en temporada de verano, ya que la presencia de exceso de agua podría haber provocado provoca serios problemas para el avance de la obra así como riesgos para la integridad física del personal que opera en su construcción. De ahí que la ejecución del Colector se lo realiza las 24 horas para evitar la temporada invernal.

Se tuvo un especial cuidado en lo que se refiere a las características del los materiales a emplearse en la obra, ya que cada uno de ellos cumple con una función técnica específica, en cada elemento construido para conformar las estructuras y obtener resultados óptimos en cuanto a la calidad del Colector.

La metodología constructiva comenzó con la planificación por parte del equipo técnico de la constructora, el cual fue revisado y aprobado por

Fiscalización, posteriormente se explicó a todo el equipo operativo para su inmediata ejecución.

El colector en túnel es una estructura de hormigón armado, para el cual se utilizó un acero de refuerzo de un $f'y=4200$ Kg/cm², y hormigón pre mezclado de las siguientes resistencias: 140 Kg/cm² para replantillo, 210 Kg/cm² para pozos especiales y 240 Kg/cm² para el dique, colector a cielo abierto y colector en túnel. El espesor de la solera, paredes, bóveda es de 30cm con una sección libre de trabajo de 3.00 x 3.30 m. con un radio de bóveda de 1.50 m. y para la excavación 3.60 x 3.90 m, con un radio de 1.80m.

La presente investigación en su primer capítulo muestra los antecedentes del proyecto, en el segundo y tercero se describen de manera explicativa la metodología que se llevó a cabo en cada uno de los frentes de trabajo.

Este proyecto inició en la abscisa 0+000.00 a la altura de la antigua Cantera de San Roque y terminó en la abscisa 0+857.18 en la bifurcación del ingreso al viaducto de la avenida 24 de Mayo y calle Chimborazo.

PRESENTACIÓN

El objetivo del presente trabajo es establecer un documento en el cual se conozca el método para la construcción de un proyecto civil de gran envergadura, tomando como estudio de aplicación el proyecto “NUEVO COLECTOR 24 DE MAYO” Este documento se enmarca dentro de las normas del buen construir, tomando en cuenta los códigos civiles de construcción y criterios técnicos de los responsables de la dirección técnica del proyecto y bibliografía afín al proyecto en desarrollo.

Actualmente el Distrito Metropolitano de Quito, dispone de sistemas de Agua Potable y Alcantarillado que requieren de manera urgente la ampliación de sus redes para incrementar la cobertura de sus servicios, en las comunidades urbanas y rurales que al momento carecen de los mismos; aspecto que contribuirá elevar el nivel de vida de la población.

En virtud de lo antes citado, la EMAAP-Q ha considerado importante la construcción del “NUEVO COLECTOR 24 DE MAYO”, en el sector de San Roque debido a que el actual colector se encuentra en riesgo de colapsar por la gran demanda

Es por ello que mediante convocatoria a Licitación Pública AD-HOC BID N° 002-2005. Se procedió a adjudicar el proyecto al Consorcio BigDig S.A. & Asociados quien es el contratista encargado de la ejecución de los trabajos.

CAPITULO I

CARACTERÍSTICAS Y ASPECTOS GENERALES

1.1 IMPORTANCIA DEL TEMA

El objeto del presente trabajo de investigación es elaborar un documento en el cual se conozca la metodología utilizada para la construcción de una obra de gran envergadura, tomando como estudio de aplicación el proyecto **“NUEVO COLECTOR 24 DE MAYO”**, a cargo de la empresa BIGDIG S.A & ASOCIADOS.

El proyecto se enmarcó dentro de las normas del buen construir, así como los códigos civiles de construcción y criterios de los profesionales responsables de la dirección técnica y administrativa del proyecto y bibliografía afín al desarrollo de esta obra.

La Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito (EMAAP-Q), tiene entre su principal objetivo: “la prestación de los servicios de alcantarillado y agua potable, para preservar la salud de los habitantes y obtener una rentabilidad social en sus inversiones, así como cuidar el entorno ecológico y contribuir al mantenimiento de las fuentes hídricas del Distrito Metropolitano de Quito”¹.

Por ende la EMAAP-Q ha considerado primordial la construcción del **“NUEVO COLECTOR 24 DE MAYO”**, que esta ubicado en la parroquia San Roque del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), Provincia de Pichincha, debido a que el antiguo Colector 24 de Mayo ya no abastece la demanda para el que fue creado, razón por la cual la EMAAP-Q presentó un proyecto para la construcción del Nuevo Colector 24 de Mayo al Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

El BID como parte del desarrollo de la primera fase del Programa de Saneamiento Ambiental (PSA) para el DMQ, decidió financiar el costo del proyecto.

Es por ello que mediante convocatoria a Licitación Pública AD-HOC BID N° 002-2005 por parte de la EMAAP-Q, en la cual habiendo presentado el consorcio BIGDIG S.A & ASOCIADOS la oferta esta se ubicó en el primer lugar, procediendo a adjudicarle el proyecto al Consorcio BIGDIG S.A & ASOCIADOS, luego de cumplir con todos los requisitos exigidos por parte de la empresa contratante EMAAP-Q.

La necesidad de estudiar y documentar este trabajo como una **“METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO NUEVO COLECTOR 24 DE MAYO”**, se fundamenta en elaborar una guía en el cual conste los diferentes pasos que se han presentado durante la ejecución de la construcción del Nuevo Colector, mediante la recopilación de datos técnicos, administrativos y teóricos. Los mismos que permitirán tener una bibliografía referente de cómo fue el proceso constructivo de esta obra civil especial. Esta obtención de datos será de gran ayuda para las personas que estén involucradas o que puedan incursionar en este tipo de trabajos. Por lo cual el objetivo de esta investigación es poner a disposición todos los datos tomados en obra con lo que se espera satisfacer la mayoría de inquietudes que pueden tener los estudiantes, profesionales, empresas públicas y privadas, que se proyecten como futuros contratistas de obras similares al objeto de estudio de la presente investigación.

1.2 ADJUDICACIÓN DEL PROYECTO

El Alcalde del cantón Quito, en atención a las justas necesidades de la población del sector de San Roque en el centro de la Capital acerca de la falta de un servicio eficiente de alcantarillado, decidió iniciar con las gestiones respectivas para la construcción del Proyecto Nuevo Colector 24 de Mayo.

Es por ello que la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito (EMAAP-Q) recibió del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el préstamo BID No. 1424/OC-EC, para financiar el costo de la primera fase del Programa de Saneamiento Ambiental para el Distrito Metropolitano de Quito.

¹ Presentación de las Bases precontractuales de la licitación pública AD-HOC BID N° 002-2005 EMAAP-Q,

El Comité de Contrataciones de la EMAAP-Q, en sesión del 26 de julio de 2005, convocó a las personas naturales y/o jurídicas y/o consorcios de firmas, nacionales o extranjeras, provenientes de países miembros del BID, con experiencia como contratistas de obras civiles, para que presenten sus ofertas para la Construcción de las Obras del Proyecto: NUEVO COLECTOR 24 DE MAYO, en la Parroquia San Roque del Distrito Metropolitano de Quito, obra que tiene un presupuesto referencial estimado de UN MILLÓN SEISCIENTOS SETENTA Y OCHO MIL CIENTO SESENTA Y CUATRO, 90/100 DÓLARES (\$ 1'678.164,90 USD.), sin incluir el IVA, con un plazo de ejecución de 500 días. Esta convocatoria se publicó en los medios escritos de mayor circulación en el país según lo dispone la Codificación de la Ley de Contratación Pública.

Este procedimiento precontractual tiene como "propósito seleccionar la oferta evaluada como la más baja en precio (no necesariamente debió ser la de menor precio ofertado) y que cumpla sustancialmente con los requerimientos de las Bases, y consecuentemente la más conveniente para la EMAAP-Q"².

Dentro de las empresas que participaron en este concurso, se encuentra el consorcio BIGDIG S.A & ASOCIADOS, el mismo que procedió a la compra de los documentos precontractuales que se encontraban disponibles en la Secretaría del Comité de Contrataciones de la EMAAP-Q, ubicada en la avenida Mariana de Jesús entre calles Alemania e Italia de la Ciudad de Quito, cuarto piso, oficina 407 de la Dirección Jurídica, desde el 15 de agosto de 2005 hasta el 16 de Septiembre de 2005, previo el pago del derecho de inscripción de doscientos dólares Estadounidenses (\$ 200,00 USD).

² Condiciones generales precontractuales de la licitación pública AD-HOC BID N° 002-2005 EMAAP-Q,

**CUADRO DE UBICACIÓN DE LOS OFERENTES A LA LICITACIÓN
PUBLICAAD-HOC N° 002-2005**

N°	OFERENTE	MONTO	DESCUENTO	MONTO FINAL	PLAZO	COMPANÍA DE SEGUROS	MONTO DE GARANTIA	PORCENTAJE
1	BIGDIG S.A Y ASOCIADOS	\$ 1476,679.80	0.00%	\$ 1476,679.80	17 meses	Equinoccial	\$ 33,564.00	87.99% 12.01%
2	BUENO Y CASTRO	\$ 1492,925.84	0.00%	\$ 1492,925.84	16 meses	Colon	\$34,000.00	88.96% 11.04%
3	ECUACOL	\$ 1589,770.92	4.65%	\$ 1515,846.57	17 meses	Colon	\$ 33,565.00	90.33% 9.67%

Tabla 1.- Informe emitido por la Comisión Técnica de Apoyo de la Licitación Pública 002-2005 de la EMAAP-Q

Luego de que el Directorio y Equipo técnico del consorcio BIGDIG S.A & ASOCIADOS, adquiriera las bases y cumpliera con todos los requisitos en ella indicados y después de examinar los documentos precontractuales del proyecto, el Directorio decidió participar en dicho concurso. Para lo cual se procedió a la elaboración de todos los documentos entre los que constan en términos generales los siguientes:

- Carta de presentación y compromiso
- Datos Generales del Participante (consorcio)
- Indicadores de situación financiera
- Personal Profesional Técnico Propuesto para el Proyecto.
- Equipo Asignado al Proyecto
- Experiencia del Participante como Contratista Directo de Obras
- Detalle de Experiencia del Participante como Contratista Directo en Obras Similares
- Detalle de Contratos en Ejecución
- Metodología de Construcción
- Oferta Económica
- Tablas de Cantidades y Precios Unitarios (mano de obra, costos indirectos y utilidad, tarifas de equipos, costos de materiales)
- Lista de Bienes a Incorporarse a la Obra
- Características y Especificaciones Técnicas de los bienes Ofertados.

Una vez que se realizó la oferta, como siguiente paso se procedió a cumplir con todos los requisitos formales exigidos por la EMAAP-Q, el mismo que contenía la oferta económica en sobre único y sellado con tres ejemplares y su respectivo digital, el cual fue entregado en la Secretaría, el día 15 de septiembre de 2005, fecha tope para presentar las ofertas.

Cabe mencionar que previo a la presentación de dicha oferta, también fue compromiso del oferente inspeccionar y examinar los sitios del proyecto y su sector aledaño, para verificar por si mismo las condiciones naturales, geológicas, topográficas, las fuentes de agua, materiales, minas, los accesos a las obras, en general obtener por su cuenta toda la información necesaria para definir el costo de los trabajos y evaluar su influencia en la elaboración de la oferta.

El Comité de Contrataciones de la EMAAP-Q se reunió a las 16h00 horas del 15 de septiembre del 2005 en acto público en presencia de los participantes que desearon asistir, a la apertura de las propuestas conforme lo establece el Art. 33 de la Codificación de la Ley de Contratación Pública para verificar cual fue la propuesta ganadora.

Para ello el Comité de Contrataciones de la EMAAP-Q, procedió en acto público abrir los sobres de las ofertas presentadas, a dicho acto asistieron los representantes de los participantes, acto seguido se procedió a leer en voz alta el nombre de los concursantes, el precio y plazo de ejecución de la oferta entre otros datos relevantes de la misma.

Seguidamente, el Comité de Contrataciones de la EMAAP-Q designó una Comisión Técnica de apoyo con tres miembros para el análisis legal, técnico y económico de los documentos de las ofertas, comisión que el 25 de septiembre de 2005 presentó su informe de evaluación de ofertas al Comité de Contrataciones de la EMAAP-Q.

Cuando el Comité de Contrataciones de la EMAAP-Q, consideró completo su informe, dispuso al Secretario que notifique y entregue a cada uno de los

participantes en el siguiente día los resultados quedando como ganadora la oferta presentada por el Consorcio BIGDIG S.A & ASOCIADOS.

Una vez notificados los resultados, después de los siguientes 5 días hábiles a la publicación de los resultados, el Comité de Contrataciones de la EMAAP-Q, procedió a la preadjudicación, previo la presentación de un informe detallado sobre el análisis y comparación de las ofertas presentadas por los contratistas.

Finalmente se procedió a la celebración del contrato entre la empresa contratante EMAAP-Q y la empresa contratista Consorcio BIGDIG S.A & ASOCIADOS, con el pago del anticipo del 40% del contrato.

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto NUEVO COLECTOR 24 DE MAYO, es una obra que se está construyendo con la Fiscalización del Programa de Saneamiento Ambiental de la EMAAP-Q, misma que está a cargo del Consorcio BIGDIG S.A & ASOCIADOS, esta obra se encuentra financiada con prestamos del BID, valorado en UN MILLON CUATROCIENTOS SETENTA Y NUEVE MIL NOVECIENTOS OCHO, 16/100 DÓLARES (\$ 1'479.908,16 USD), sin incluir el IVA, con un plazo de ejecución de 500 días.

El proyecto Nuevo Colector 24 de Mayo, se encuentra ubicado en el sector de la Parroquia de San Roque en el Distrito Metropolitano de Quito.

El proyecto objeto de estudio de la presente investigación consta de los siguientes trabajos:

Obras de ingreso al Colector, con la construcción de un dique de hormigón armado. "Construcción de 110 m de colector en hormigón armado, en zanja y a cielo abierto, de sección de 3,00 m x 3,00 m (astiales de 1,50 m de alto y bóveda de radio = 1,50 m). Construcción de 757,18 m de colector en túnel, revestido con hormigón armado, de esta longitud, 41 m tendrá una sección 3,00 m x 3,00 m (astiales de 1,50 m de alto y bóveda de radio = 1,50 m) y 646,18 m una sección

de 3,00 m x 3,30 m (astiales de 1,80 m de alto y bóveda de radio = 1,50 m), en hormigón armado. Este túnel empatará en una de las celdas del colector 24 de mayo existente. Construcción de: pozos de revisión especiales (profundidades > a 25 m), pozos de revisión tipo (superficiales), sumideros. Reparaciones de conexiones domiciliarias tanto de agua potable como de alcantarillado y reposiciones de aceras, bordillos y calzada”³.

Los trabajos en este proyecto iniciaron el siete de abril del 2006, para el normal y oportuno desenvolvimiento en la ejecución de esta obra, fue necesario implementar 6 frentes de trabajo, cada uno constituido por un maestro mayor 8 tuneleros y 30 peones.

El consorcio BIGDIG S.A & ASOCIADOS, cumpliendo con las obligaciones contraídas en el contrato del proyecto, ha brindado toda la maquinaria, medidas de seguridad, capacitación, servicio medico y otros servicios que protejan la integridad tanto física como sicológica de todo el personal que opera en la ejecución de este magno proyecto.

Desde el mes de junio del 2006 hasta febrero del 2007 los trabajos se realizaron las 24 horas, ya que se debía cumplir con los plazos establecidos por parte de la Fiscalización de la EMAAP-Q y en adelante en una sola jornada.

1.3.1 ESTUDIO AMBIENTAL DE INSIDENCIA AL PROYECTO

“El medio ambiente constituye el factor mas influyente en el desarrollo de un proyecto, ya que es el resultado de la combinación de modos de producir y consumir los bienes comunes (suelo, aire, agua...)”⁴

Zona Urbana Densa es la tipología de uso de suelo que debió cumplir el estudio ambiental del área donde se edificará el NUEVO COLECTOR 24 DE MAYO, este estudio estuvo realizado a base del análisis de las variables como:

³ Bases precontractuales licitación publica AD-HOC no. 002-2005, instrucciones para oferentes, pag. 1

⁴ Estudio de impacto Ambiental del PSA de la EMAAP-Q,

edificaciones, sombríos , bosques, pastos naturales, pastos secos (jardines, parques, parterres) y vegetación baja. Requisito indispensable para garantizar que la inversión ejecutada en este proyecto vaya en beneficio de gran parte de la población del Distrito Metropolitano de Quito.

Según el Plan Maestro de Gestión Ambiental de Quito⁵, desarrollado por el grupo Consultor AF-IPK-AB de la República Sueca, mismo que fue concluido en marzo del 2001. Dentro de esta investigación se constituyeron algunos parámetros de referencia dentro de las estrategias del plan como: expansión de la red de alcantarillado.

Cabe destacar que del estudio se obtuvo la siguiente información. “Toda el agua residual producida en el actual sistema de alcantarillado del Distrito Metropolitano de Quito es descargada directamente el 75% en el río Machangara , 20% en el río Monjas y el 5% en le río San Pedro”⁶.

Dentro del último Programa de manejo adecuado de desechos sólidos para las laderas del Pichincha, elaborado por el Ingeniero Francisco de la Torre en el año de 1995, efectuó un diagnóstico de la situación operativa del servicio de recolección de desechos sólidos en la ciudad, con énfasis en el análisis del servicio en las laderas del Pichincha, donde como resultado del estudio expone entre los aspectos más importantes que: “un 30% de los desechos de tipo domestico generados en el área urbano de las laderas del Pichincha son depositados en los márgenes de las quebradas entre ellas la quebrada Jerusalem, representando un alto riesgo de taponamiento de cauces”⁷.

Es por ello que previo a la construcción del nuevo Colector se emprendió una campaña para concienciar a la población aledaña al proyecto, de no arrojar basura a las laderas de la quebrada, para así dar una mejor trabajabilidad al Nuevo Colector 24 de Mayo.

⁵ Fuente bibliográfica EMAAP-Q

⁶ Estudio de impacto Ambiental del PSA de la EMAAP-Q, pag 14

Tomando como base el plano correspondiente a la Zonificación de Uso y Ocupación del Suelo (ZUOS), definido por la Municipalidad el Distrito Metropolitano de Quito, en la zona urbana en el área del proyecto se identifican los siguientes casos de viviendas:

- Viviendas construidas dentro de la franja de seguridad del cauce bajo de la quebrada Jerusalén, sujetas a amenazas de tipo hidrodinámico (flujos de agua y lodos).

Las edificaciones situadas junto a las laderas de la antigua cantera de San Roque o del ex Penal García Moreno, se tuvieron que expropiar hace varios años, ya que la presencia de tormentas en épocas de invierno, producen gran avalancha de lodo, desestabilizando de esta manera el talud sobre la cual se cimienta dichas construcciones, produciéndose de esta manera una alta amenaza hidrodinámica, debido al fuerte movimiento que produce el agua en este lugar.



Figura N° 1 Viviendas ubicada junto al cauce natural de la quebrada Jerusalén

- Viviendas ubicadas en sitios de alto riesgo geodinámico.



Figura N° 2 viviendas en sitios de alto riesgo geodinámico

El sector de la Antigua Cantera de San Roque era el lugar de explotación de material pétreo, en aquel tiempo manera en que se explotaba dicha cantera no era técnica, por lo que en la actualidad se puede observar grandes bloques de roca figurados, esto representa un gran problema para las casas que están cimentadas en la parte alta de la Cantera en el sector la Libertad, poniendo en peligro las casas situadas en la parte baja de la calle Rocafuerte al pie de la Cantera.

Complementariamente, cabe anotar como problemas adicionales aunque de menor riesgo, la existencia de barrios en áreas de pendiente superior al 30%⁸ como el caso del barrio la Libertad, la franja del barrio Toctiuco ubicada al sur de la calle El Placer entre otros.

Las áreas de riesgo en el cauce de la Quebrada Jerusalén presentan un primer grupo de viviendas que corresponden a las ubicadas en el tramo comprendido en el sitio de captación de la Quebrada Jerusalén (ingreso al sistema de colectores, y el inicio de la escalinata para acceder al barrio de los Ángeles y al sitio alto del dique). En este sector existen seis edificaciones de viviendas, pertenecientes a cinco familias, más una edificación parcialmente

construida y otra parcialmente derrocada, que se encuentra junto al cauce bajo de la quebrada.

Estas viviendas además de estar sometidas a la amenaza de torrentes de agua y sedimentos que bajarían por el cauce de la quebrada durante eventos de alta pluviosidad, están sujetas a problemas de salud pública originados por la cercanía al cauce de la quebrada que transporta básicamente aguas residuales y por tanto tiene un elevado grado de contaminación microbiológica.

Un segundo grupo de edificaciones son las ubicadas sobre el cauce canalizado de la quebrada aguas arriba de la calle La Libertad que corresponde a edificaciones de vivienda, dos locales amplios originalmente previstos para casas de tolerancia y canchas del complejo deportivo de la Federación Deportiva de Pichincha (Liga Parroquial San Roque)

Es importante precisar que en el área de construcción del proyecto habitan de manera permanente un total de 30 familias lo que totaliza una población de 137 habitantes, los mismos que residen en viviendas de su propiedad. A esto debe adicionarse las instalaciones de dos propietarios mayores: la hacienda San Francisco y la Finca de propiedad el ingeniero Hernández.

1.4 CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS

Según el estudio de auditoría de la Asociación de Consultores “Guido Díaz Navarrete”, sobre el Ordenamiento Territorial de las laderas centro y sur orientales del Pichincha, identifica a la micro cuenca de la Quebrada Jerusalén como la de mayor extensión de las pertenecientes en este sector.

El proyecto a construirse se encuentra captando las aguas lluvias provenientes de la quebrada Jerusalén, las mismas que transportan las aguas lluvias de los barrios El Placer y La Libertad Alta, en este sector se estima que en

⁸ Estudio de Impacto Ambiental del PSA de la EMAAP-Q

invierno el caudal de la quebrada es de 36,76 m³/seg. y en verano es de 10,20 m³/seg.

Con respecto al flujo a lo largo de los cauces propiamente dichos, el problema de erosión y arrastre de sedimentos se ve atenuado por el hecho de que el suelo del cauce y márgenes en los tramos medios y bajos tienen una base rocosa menos susceptible a erosión por parte de los flujos de agua.

La Escuela Politécnica Nacional a través del HIGEODES fue la encargada de realizar los trabajos para determinar el caudal de las quebradas aledañas al proyecto, para dicho objeto, y complementariamente para definir la calidad del agua de los distintos tramos de las quebradas, se aforaron y tomaron muestras en puntos estratégicos de mayor interés de los caudales por lo que se concluye:

- El deterioro de la calidad del cauce bajo de la quebrada La Chorrera y de todo el tramo de la quebrada Jerusalén se debe básicamente a las varias descargas de aguas residuales generadas en los siguientes sectores:

La parte del barrio Toctiuco ubicada al sur de la calle El Placer, los nuevos barrios ubicados sobre la margen derecha de la quebrada San Cristóbal (Atacazo, El Cano, Velasco, Los Angeles). En efecto el caudal total que en su inicio es de aproximadamente 1.5 l/s, se incrementa a 10.65 l/s en el ingreso a la red de colectores debido a estos aportes.

1.5 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

Según el estudio de auditoría de la Asociación de Consultores “Guido Díaz Navarrete” identificó a la cantera de la Quebrada Jerusalén como la principal fuente de provisión de materiales para la construcción en el pasado, lo que califica como depredación que ocasionó un importante impacto negativo para el sector.



Figura N° 3.- Antigua cantera de la quebrada Jerusalén

Los estudios previos geológicos y geotécnicos estuvieron efectuados por el HIGEODES (año 2002) y complementada con evaluaciones y reconocimientos de campos efectuados por el equipo técnico de especialistas del PSA EMAAP-Q, los cuales presentaron los siguientes aspectos relevantes:

- El área de estudio tiene como basamento lavas y como depósito de cobertura la Cangahua, suelos volcánicos, coluviales, depósitos de flujo de lodo antiguo, aluviales recientes, rellenos y escombros.
- Las lavas son macizas y muy fracturadas con permeabilidad secundaria y afloran generalmente en los tramos medio y superior de las quebradas.

La cangahua cubren las rocas del basamento, y flujos de lodos antiguos, con espesores entre 6 y al menos 20 metros. Los suelos volcánicos ubicados principalmente sobre los 3200 msnm. Cubren las lavas con espesores de hasta 6m. Los coluviales se ubican en toda el área de estudio con espesores variables, los aluviales pueden tener espesores de hasta 5 m y los rellenos y depósitos de escombros ubicados principalmente en los tramos inferiores de las quebradas y en algunos sitios de la ladera en la parte urbana.

En base a los datos geológicos presentados en los planos de los estudios se detalla los siguientes tipos de materiales (Ver Anexo de planos lamina N°2 y 3)

- “Escombros y Rellenos(e;r).- Mezclas heterogéneas de bloques, boleos y gravas angulares en matriz areno limosa, suelta y húmeda, con escombros de origen antrópico.
- Coluvial y/o Aluvial (Co).- Mezclas de bloques, boleos y gravas sub angulares en matriz limo arenosa o areno limosa sueltas y húmedas.
- Tefras o Tobas (Qc).- Cangahua formada por limos arenosos – arenas limosas consistentes, poco fracturados a fracturadas, con estratos más arenosos o con pómez dispuestos en forma periclinal y eventuales bloques de rocas, secos a húmedos.
- Volcánicos (Lv).- Piroclastos rosados a violáceos areno limosos, densos intercalados con lavas andesíticas y brechas poco alteradas, fracturadas y poco húmedas a húmedas.
- Zona de Falla.- Formadas por mezcla de ceniza areno limosa con bloque y boleos de roca, suelta a poco compacta y seca a húmeda. (Ancho 10m a 15m)”⁹

1.5.1 RIESGOS GEODINÁMICOS

Las características geológicas, geotécnicas y topográficas de determinados sitios especiales del proyecto, se definen como de inestabilidad crítica y por tanto de alto riesgo para las edificaciones e infraestructura pública en ellos existente.

La caracterización de tales sitios ha sido efectuada en el área de geotecnia y complementada con un análisis de las edificaciones efectuado por los técnicos

de ordenamiento territorial. Si bien en dichas secciones del estudio se analizan pormenorizadamente la situación particular e intervenciones requeridas en cada sitio, en esta parte se presenta a nivel ilustrativo el caso más crítico correspondiente al sector de la antigua cantera:

Sector de la antigua cantera ubicada en el costado derecho de la quebrada Jerusalén aguas abajo, como amenaza se tiene el desprendimiento de bloques de roca debido a que su talud se encuentra fisurado y un eventual deslizamiento de este talud que ocasionaría el derrumbe de las viviendas ubicadas sobre su cresta. Para mitigar estos riesgos, se consideran las siguientes intervenciones y usos potenciales del área:

- Reubicación de las viviendas que se encuentren dentro del área de seguridad en la parte alta del talud.

Con respecto al área ubicada al pie del talud, existen en principio las siguientes opciones: emplearla como escombrera para ubicar los materiales de desalojo producidos por las obras de ampliación y rehabilitación de las redes de alcantarillado, lo cual implicaría la conformación de rellenos técnicamente ejecutados que contribuirían a la estabilidad del talud principal. Una segunda opción es emplearla como área para laminación de caudales y retención de escombros, de determinarse prioritario este uso.

Como información específica generada para objetos del presente estudio, se tiene la identificación y referencia de varios sitios catalogados como críticos desde el punto de vista de riesgos geodinámicos (deslizamientos), siendo estos los siguientes:

- Deslizamientos de coberturas en la cabecera de la margen derecha de la Quebrada Jerusalén
- Escombreras y fuertes pendientes en el barrio Atacazo.

⁹ Extracto de Planos de Perfil de láminas 2 y 3 del Proyecto Nuevo Colector 24 de Mayo.

- Movimiento de escombros en los barrios Jorge Calderón y La Libertad.
- Desprendimiento y caída de bloques del talud de la cantera del Barrio La Libertad.
- Desprendimiento y caída de bloques en las antiguas canteras de San Roque la Libertad.
- Talud inestable y escombreras en las calles Río Verde y El Placer.
- Taludes inestables en el área posterior al Penal García Moreno

1.6 CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS

El Proyecto NUEVO COLECTOR 24 DE MAYO se encuentra en un área con elevaciones máximas de 2923,29 msnm, en la zona del antiguo COLECTOR 24 DE MAYO, en la parroquia San Roque al Centro Occidente del Distrito Metropolitano de Quito.

La línea ambiental del proyecto tiene un amplio rango de variación de altura, parte de los 2740 msnm en el río Machangara a los 3950 msnm en Cruz Loma, es decir un clima lluvioso sub-temperado.

La obra se implanta desde la calle Chimborazo hasta el sector denominado La Cantera, en una longitud de 857.18 metros, con varias secciones tipo baúl. En la abscisa 0+000.00 se construye la presa dique más un tramo de excavación a cielo abierto hasta la abscisa 0+110.00.

Para continuar con un túnel desde la abscisa 0+110.00 hasta 0+857.18 en las siguientes secciones: desde la abscisa 0+023.91 a 0+062.00 en una sección de 3.00 x 4.00 metros; desde la abscisa 0+062.00 a la 0+72.00 tenemos una transición; de la abscisa 0+72.00 a 0+211.5 la sección es de 3.00 x 3.00; de la

abscisa 0+211.50 a 0+857.18 la sección es de 3.00 x 3.30, todas revestidas de hormigón armado.

El dique se encuentra en la abscisa 0+000.00, su cota de terreno es de 2928.52 msnm y la cota del canal es de 2923.29 de ingreso a las rejillas. Esta sección está diseñada para un caudal de 29.41 m³/seg., con una pendiente de 0.50% a una velocidad de 4.99m/seg. en el ingreso.

El Colector se encuentra en la abscisa 0+013.00, cota de terreno 2922.82 a una profundidad de 3.05 m, con una pendiente de 21.74%.

El pozo PVM3 se encuentra en la abscisa 0+156.08, cota 2904.10 msnm a una profundidad de 12.71 m, con una pendiente de 7.06%, transportando un caudal de 29.41m³/seg. a una velocidad de 7.95m/s.

El pozo PVM4' se encuentra en la abscisa 0+264.46, cota de terreno 2894.32msnm con profundidad de 11.00 m, y una pendiente de 7.06%, transportando un caudal de 36.75m³/seg. a una velocidad de 5.76 m/seg.

El pozo PVM5' se encuentra en la abscisa 0+474.97, cota de terreno 2887.195 msnm con una profundidad de 18.36 m, y una pendiente de 7.06% transportando un caudal de 36.75 m³/seg. a una velocidad de 5.76m/seg.

El pozo PVM6' se encuentra en la abscisa 0+696.70, cota de terreno 2866.59 msnm con una profundidad de 13.51 m, y una pendiente de 7.06% transportando un caudal de 36.75 m³/seg. a una velocidad de 5.76 m/seg.

El pozo PVM7' se encuentra en la abscisa 0+857.18, cota 2848.423 msnm una pendiente de 7.06% y una profundidad de 6.45m, con un caudal de 36.75m³/seg. a una velocidad de 5.76m/seg.

Los principales lugares que atraviesa este proyecto son: La antigua Cantera de San Roque a la altura de 2928.60, el mercado de San Roque a 2885.85 La gradiente del colector debido a razones de diseño (hidráulicas -

constructivas) es variable entre 0.50 %, 21.74% y 7.06%. (Ver anexo de planos lamina N°2 y 3)

1.7 ORGANIZACIÓN DE TRABAJOS

Resumen Histórico.- El 7 de abril del 2006, la EMAAP-Q, procede a la realización del desembolso del 40% del monto total contratado de la obra, por concepto de adelanto.

De manera inmediata el representante legal del Consorcio procedió a conformar los grupos de trabajo para realizar las diferentes actividades en el proyecto.

En tal virtud se contrata a 4 maestros, cada uno con 38 obreros. A todo el personal operativo se le brinda todo el apoyo logística para que durante la construcción del proyecto ellos puedan vivir con toda tranquilidad y comodidades en los campamentos construidos en los diferentes puntos de la obra.



Figura N° 4 Campamento base de la obra, ubicado en la bifurcación de la calle Chimborazo e ingreso al viaducto 24 de mayo

La maquinaria necesaria para la construcción de esta obra será proporcionada por la empresa contratista.

Las órdenes de trabajo en el Proyecto Nuevo Colector 24 de Mayo, se realizan según la siguiente jerarquía:

- Fiscalización
- Superintendencia
- Coordinación de Obra
- Residencia
- Obreros

1.8 SEGURIDAD INDUSTRIAL.

El consorcio BIG DIG S.A. y ASOCIADOS contrataron con la EMAAP-Q la “CONSTRUCCIÓN DEL COLECTOR DE LA AVENIDA 24 DE MAYO”, para lo cual necesita la implementación de un PLAN DE SEGURIDAD y SALUD LABORAL en el trabajo, para de esta manera poder brindar una buena salud y proteger la integridad física de todo el personal que labora en este proyecto.

Es por ello que se detalla a continuación un extracto de los deberes y derechos por parte del Consorcio contratante de la obra y del personal que trabaja en este proyecto.

1.8.1 DE LA POLÍTICA DE LA EMPRESA

La empresa desde su inicio, ha promovido acciones en la seguridad y la salud de sus trabajadores, la protección al medio ambiente y en la búsqueda de la calidad y la excelencia de sus servicios volcados a sus clientes. De esta política surge que:

- Todos los accidentes o enfermedades profesionales pueden o deben ser prevenidos.
- Las causas que generan los accidentes pueden ser eliminados o controlados.

- La prevención de los accidentes laborales es una obligación indeclinable de todo el personal de la empresa, cualquiera sea su función, y de quienes se hallen transitoriamente en ella constituyendo, además una condición del empleo.

En tal virtud para la aplicación de esta política de seguridad y salud en el trabajo se deberá cumplir con lo siguiente:

- Aplicar las Normas de Seguridad y Salud vigentes
- Asumir actitudes seguras en toda circunstancia.
- Participar en programas relacionados con la prevención de accidentes y protección al medio ambiente.
- Velar por mantener el orden y la limpieza como condición básica en que se apoya toda acción de seguridad¹⁰.

1.8.1.1. Obligaciones del trabajador

La seguridad e integridad física del personal que labora en la obra es responsabilidad compartida entre la empresa y el trabajador, es por ello que se han adoptado medidas obligatorias que deben ser acatadas durante las jornadas de trabajo por parte del personal, las mismas que se detallan a continuación entre las mas importantes:

- Trabajar de forma segura, siguiendo de manera rigurosa todas las instrucciones y recomendaciones dadas por su superior. En consecuencia esta prohibido que el personal operativo trabaje en altura, si padece de mareos ó convulsiones. De igual manera que realice tareas de esfuerzo físico si padece de insuficiencia cardiaca o hernia abdominal o inguinal, y en

¹⁰ Consorcio BIG DIG S.A Y ASOCIADOS, Plan de Seguridad y Salud Laboral para el Proyecto “Construcción del Colector Avenida 24 de Mayo” pag. 6

ambientes contaminados de polvo si padece de silicosis u otro tipo de neumoconiosis.

- “Realizar las tareas de modo tal, de no exponerse ni exponer a sus compañeros innecesariamente al peligro.
- Cumplir obligatoriamente con el Plan de Prevención de Riesgos elaborado para el Proyecto.
- A la hora de ingreso al lugar de trabajo, el trabajador deberá presentarse debidamente vestido y con los elementos o equipos de protección personal que la empresa le haya destinado para la labor. Es decir quedará prohibido el uso de ropas sueltas, corbatas, anillos, llaveros , colgantes, pulseras o cadenas de reloj cuando trabajen cerca de maquinaria en movimiento.
- Si un trabajador se accidentara durante la jornada de labor, el mismo o su compañero de trabajo, deberá avisar inmediatamente a su jefe directo a objeto de administrar al accidentado los primeros auxilios con los medios existentes en la Empresa. Posteriormente será trasladado a los centros médicos de especialidad según la hoja de “ Cadena de Supervivencia de Accidentados” del Consorcio BIGDIG S.A
- Todo el personal deberá conocer el buen uso de los extintores de incendios y cuando se descargue uno de estos informar al supervisor o miembro del Comité Así como la ubicación de los mismos y cualquier otro elemento de combate de incendio de su área de trabajo, a fin de que en caso de peligro su uso sea oportuno y eficaz
- Todo trabajador deberá preocuparse que el área de trabajo se mantenga limpia en orden y despejada de obstáculos para evitar accidentes y/o incidentes.

- Cualquier síntoma de enfermedad, congestión o fiebre deberá ser comunicado al supervisor, al Comité y este a su vez al Servicio Médico de la Empresa.
- Mantener los campamentos en perfecto estado de orden y limpieza¹¹.

Si se llegare a presentar algún tipo de accidente dentro del área del proyecto y en jornada de trabajo, se debe auxiliar de inmediato a la persona afectada aplicando el siguiente flujo grama de atención al herido.

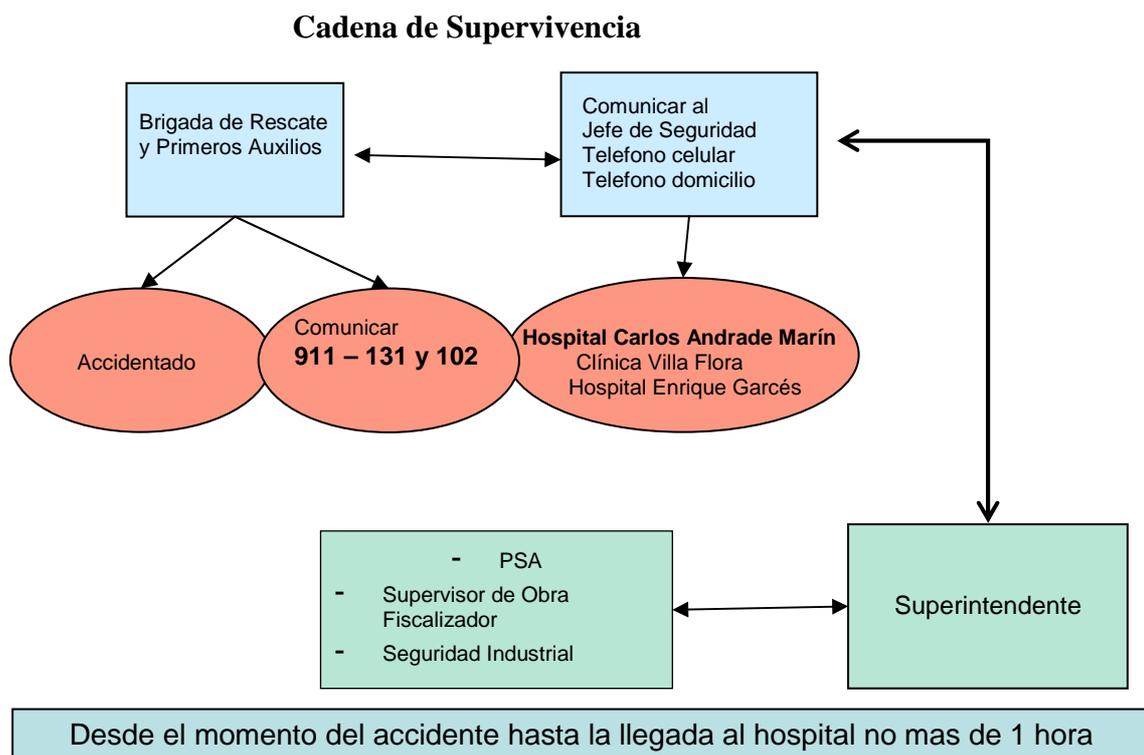


Gráfico N° 1 Cadena de supervivencia diseñada por el Consorcio BigDig S.A & ASOCIADOS

¹¹ Consorcio BIG DIG S.A Y ASOCIADOS, Plan de Seguridad y Salud Laboral para el Proyecto “Construcción del Colector Avenida 24 de Mayo” pag. 9

1.8.1.2 Obligaciones de la empresa con el empleador

- “Mantener en buen estado de servicio las instalaciones, máquinas, herramientas y materiales para un trabajo seguro.
- Organizar y facilitar los servicios médicos, comités y departamentos de seguridad, con sujeción a las normas legales vigentes
- Entregar gratuitamente a sus trabajadores vestido adecuado para el trabajo y los medios de protección personal y colectiva necesarios
- Instruir sobre los riesgos de los diferentes puestos de trabajo, la forma y métodos para prevenirlos así como para dar formación en materia de prevención de riesgos al personal de la empresa con especial atención a los directivos técnicos y mandos medios a través de cursos regulares y periódicos.
- Prohibir o paralizar los trabajos en los que se advierten riesgos inminentes de accidentes, cuando no sea posible el empleo de los medios adecuados para evitarlos.
- Todo el proyecto Colector 24 de Mayo fué declarado “Zona Libre de alcohol y Drogas ilícitas” , con el objetivo de mantener ambientes seguros y saludables de trabajo a fin de optimizar la eficiencia y evitar accidentes.
- Almacenar todo tipo de combustible en un lugar seguro y adecuado para el mismo.
- Sancionar conforme lo establece el Reglamento de Seguridad Industrial al personal que no cumpla con las disposiciones”¹².

¹² Consorcio BIG DIG S.A Y ASOCIADOS, Plan de Seguridad y Salud Laboral para el Proyecto “Construcción del Colector Avenida 24 de Mayo” pag. 15

CAPITULO II

CONSTRUCCIÓN DE DIQUE Y COLECTOR A CIELO ABIERTO

2.1 OBRAS PRELIMINARES

Las obras preliminares son trabajos que se realizan para crear las condiciones necesarias para llevar la ejecución de la obra sin problemas siendo estas actividades las siguientes:

2.1.1 INSTALACIÓN DE CAMPAMENTOS

Cada uno de estos debe contar con un área suficiente para un correcto almacenamiento del material, cuidando que estos no pierdan sus características y propiedades. Para esta obra se abrieron seis frentes de trabajo en los siguientes pozos de avance que en adelante serán denominados como: PVM-7, PVM-6', PVM-5', PVM-4', PVM-3', dique y campamento base, en los cuales se construyeron los campamentos. (Ver anexo A)

Todos los campamentos cumplieron con las condiciones generales del contrato art. 4, literal 4.15 que expresa lo siguiente "Servicios e Instalaciones: es responsabilidad del contratista realizar las instalaciones provisionales que se requieran, tales como campamentos, oficinas, bodegas, talleres, baterías de servicios higiénicos y baños, comedores, accesos interiores, servicios de energía eléctrica, agua potable, telecomunicaciones, etc. Todos los costos que demanden estas instalaciones, incluyendo el costo de servicios públicos, serán considerados gastos generales del contrato.

De igual manera el ó los contratistas deberán poner a órdenes de la fiscalización una oficina de al menos 100m², en la zona del proyecto; durante el tiempo de ejecución del mismo, hasta la recepción definitiva. Las instalaciones deberán contar con todos los servicios básicos.

Las instalaciones provisionales serán desmontables para que el contratista las retire a la terminación de los trabajos, como requisito previo a la suscripción del acta de entrega-recepción definitiva. Las instalaciones permanentes serán ejecutadas a las instrucciones de las especificaciones técnicas que forman parte del contrato¹³.

2.1.1.1 Campamento PVM-7.

Se encuentra ubicado en la intersección de las calles Chimborazo y 24 de Mayo, una vez realizada la limpieza y la ubicación del eje del pozo se procede a levantar las paredes del cerramiento, con paneles metálicos de reciclaje, el mismo que lleva en su parte exterior alta rótulos de señalización de seguridad industrial y laboral, como información para todas las personas inmersas en el proyecto. Adicionalmente este campamento cuenta con un medidor de energía eléctrica trifásico, el cual proporcionará energía para abastecer la iluminación, ventilación y funcionamiento de equipos.

2.1.1.2 Campamento PVM-6'

Está localizado a 160.48 m. de distancia del pozo PVM-7, previo a la colocación del cerramiento se realizó el desbanque de un pequeño talud de tierra, para luego proceder al levantamiento de las paredes del campamento con paneles metálicos de reciclaje, así como un banco de trabajo para figurado de acero de refuerzo, 2 cuartos que servirán como guachimanía y comedor, y una bodega para herramienta menor y otra para soldadura, además se realizaron instalaciones hidrosanitarias y eléctricas.

2.1.1.3 Campamento PVM-5'

La construcción de este campamento, se lo realizó en la intersección de las calles 24 de Mayo y Rocafuerte, en virtud de que el sitio de trabajo es muy estrecho (3.6x6.0)m. este campamento cuenta con un cerramiento de paneles

¹³ Bases pre contractuales, Condiciones generales del contrato, artículo 4 literal 4.15

metálicos con iguales características de seguridad industrial que los otros. Por razones de seguridad de la obra, también se instaló una caseta de guardianía para vigilancia nocturna y de fines de semana debido a que se encuentra lejos del campamento base, así como también su respectiva instalación eléctrica e individual medidor de energía.

2.1.1.4 Campamento PVM-4'

Este campamento está ubicado al occidente de la cancha de la Liga Barrial de San Roque, aquí se adecuó bodegas para herramienta, equipo de soldadura y 2 dormitorios con sus respectivas duchas y sanitarios, adicional a estos servicios se creó un banco de trabajo para figurado de acero de refuerzo así como un cuarto de maquinas de ventilación. También se construyó un polvorín, el cual está destinado para el almacenamiento de la dinamita, mecha lenta, fulminantes y tecneles, el cual fue diseñado de acuerdo a las especificaciones técnicas y requerimientos del comando conjunto de las fuerzas armadas, que son los encargados de la movilización del material explosivo.



Figura N° 5.- Vista frontal del Campamento PVM-4'

2.1.1.5 Campamento PVM-3'

Las condiciones del campamento PVM-3' son exclusivamente de bodegaje, ya que se encuentra en una zona accesible al tráfico y descongestionada.

2.1.1.6 Campamento del Dique

Para la construcción de este campamento fue necesario realizar caminos de acceso con equipo caminero, esto se lo realizó con el fin de poder ingresar con las volquetas y maquinaria pesada para iniciar los trabajos de excavación de un diente de roca, esto para poder construir el campamento en una plataforma en el lado izquierdo aguas arriba del dique, el cual consta de bodegas de herramienta menor, y un dormitorio para obreros, así como también de dos casetas de guardias esto para incrementar la seguridad ya que el dique esta ubicado en la calle Rocafuerte uno 500m. Al occidente del ex Penal García Moreno, pues en este lugar se guardan equipos costosos y la misma maquinaria pesada. El campamento dispone de los servicios de higiene necesarios para un normal desenvolvimiento y trabajo del personal que labora en esta parte de la obra.



Figura N° 6.- Excavación del diente de roca, para instalar el Campamento del dique

2.1.1.7 Campamento Base

Para el levantamiento de este campamento se tuvo que realizar algunas actividades previas como: desbroce del terreno y nivelación ya que se contaba con una loma de tierra con chamba, todo esto porque se debía adecuar cinco contenedores los que servirían para oficinas del equipo técnico de la obra, bodega central del material y herramienta menor y dormitorios para el personal operativo de la obra, adicional a estas instalaciones se adecuó también una garita la misma que sirve para vigilancia así como también se instaló duchas y servicios higiénicos para el personal de obra y equipo técnico.



Figura N° 7.- Vista de fondo del Campamento Base

2.2 DIQUE Y COLECTOR A CIELO ABIERTO

2.2.1 GENERALIDADES

Una de las primeras actividades para la construcción del dique comprende el desvío aguas abajo de la quebrada Jerusalén. Dentro del contrato estuvo previsto realizarlo con tubería plástica de 500mm y un canalón de madera, construyendo al inicio de la captación un ataguía con sacos de terro-cemento y

puntales de madera; luego de un análisis técnico y un sondeo realizado a los moradores del sector se tomó la decisión de realizar un canal de dos secciones diferentes, el uno rectangular y el otro trapezoidal, ambos de hormigón armado cuyas dimensiones se presentan el siguiente esquema grafico.

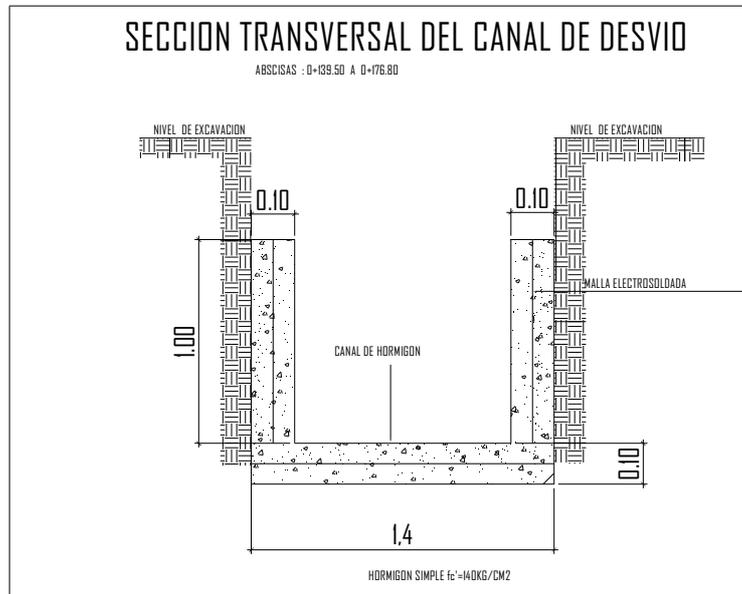


Gráfico N° 2 Detalle de primera sección canal de desvío.

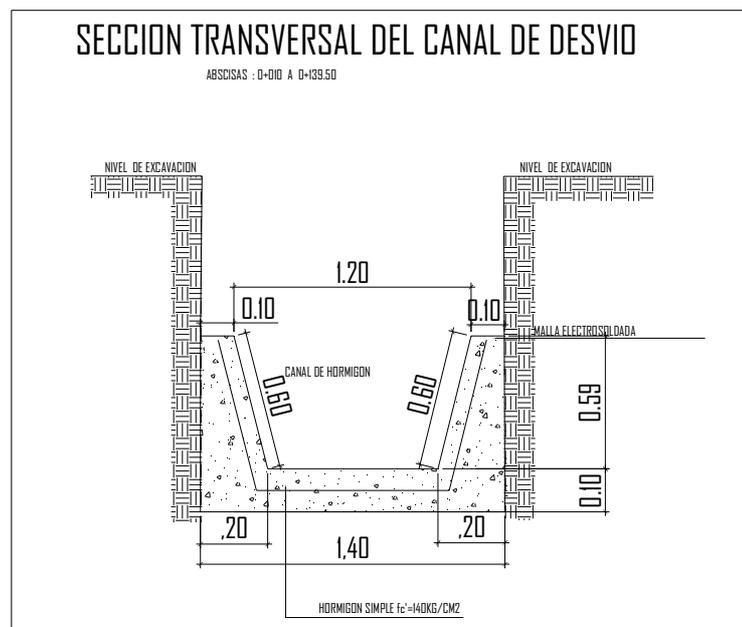


Gráfico N° 3 Detalle de segunda sección canal de desvío.



Figura N° 8.- Imagen del sitio antes de iniciar los trabajos en la quebrada Jerusalén



Figura N° 9.- Imagen del colector después de haber realizado las primeras excavaciones

El mismo que tiene la capacidad suficiente de captar las aguas de la quebrada incluidas las aguas pluviales, con ello evitar cualquier desbordamiento en una crecida por el caudal de aguas lluvias.

2.2.2 MÉTODO DE EXCAVACIÓN DIQUE Y COLECTOR A CIELO ABIERTO

Una vez ejecutadas la construcción de la ataguía, que comprende en levantar un pequeño muro de contención que consta de sacos semi llenos de arena ó tierra mezclados con cemento en una proporción 1:10 (c:a) que fraguara con la propia humedad que se origina en el sitio y que son sostenidos en forma horizontal con pingos de madera, muro que tiene una dimensión de 1.80m. x 2.50m. con lo que se obtiene el desvío de las aguas de la quebrada Jerusalén, posteriormente se inicia con la excavación de la zanja en un material conglomerado de la antigua cantera de San Roque, para lo cual se cuenta con una excavadora (gallineta) y una cuadrilla de personal.



Figura N° 10.- Canal excavado margen izquierda del dique aguas abajo, sección rectangular.



Figura N° 11.- Canal excavado margen izquierda del dique aguas abajo, sección trapezoidal para ingreso al antiguo Colector 24 de mayo.

A continuación se procede con el rasanteo de la zanja para tomar los niveles acordes a la pendiente indicada por el equipo de topografía, se continua con el encofrado del canal en longitudes de 10m esto es posible por la sección del canal que se tiene, una vez rasanteado y perfilado se coloca la malla con armadura de refuerzo, se encofra y se procede al revestimiento del mismo que se lo hormigono en sitio, con una resistencia de 210 kg/cm², se detalla cuadro de dosificación utilizado.

MATERIALES	PROVEEDOR	DOSIFICACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
CEMENTO	SELVA ALEGRE	1:2:3.	KG	350
ARENA LAVADA	GUAYLLABAMBA		M3	0,55
RIPIO TRITURADO	GUAYLLABAMBA		M3	0,84

Tabla N° 2 Cuadro de dosificación para un hormigón de f'c: 210¹⁴

¹⁴ Cuadro de dosificación de hormigón, diseñado por laboratorio de la Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Civil.



Figura N° 12.- Encofrado de canal de desvío.



Figura N° 13.- Hormigonado de canal de desvío

Luego de haber culminado con el hormigonado, al siguiente día se desencofra y se realiza el curado respectivo.



Figura N° 14.-Recubrimiento con aditivo para impermeabilizar el canal de desvío

Simultáneamente se inicia los trabajos de excavación del colector a cielo abierto aguas abajo, para lo cual el equipo de topografía deja colocado laterales que son estacas en donde consta los cortes de excavación y perfil acción de talud. La excavación es realizada con una retroexcavadora hidráulica de oruga John Deere 690B, el material de excavación es cargado en volquetes de 8 y 10 m³ de capacidad, el material desalojado se lo acopia al costado izquierdo del dique aguas arriba con la finalidad de conformar un terraplén que en lo posterior servirá para ejecutar un proyecto arquitectónico de parques y jardines para la comunidad.

A lo largo de la excavación se encontró grandes bloques de antiguas cimentación de casas que dificultó el correcto desempeño de la excavación por lo que fue necesario realizar voladuras en escala pequeña ya que el cucharón de la

maquina no podía realizar la excavación con normalidad, a medida que se iba bajando hacia la cota de cimentación según los datos de los planos el nivel freático de la quebrada fue aumentando en magnitud, hasta que se convirtió en terreno fangoso lleno de sedimento y material conglomerado y un relleno de grandes rocas provenientes de la antigua cantera, ya que en la línea del proyecto se encontraba el lecho de la antigua quebrada que fue relleno con material del lugar.



Figura N° 15.- Casa derrocada con voladuras, ubicada en el sector alto del Dique.

2.2.2.1 Excavación en roca.

Una vez que fue realizado el replanteo y nivelación, se procedió a ejecutar la excavación para llegar a la cota de cimentación de la estructura del dique, excavación que se realizó a cielo abierto, en la abscisa 0+000.00 que corresponde al inicio del proyecto se encuentra ubicado la estructura del Dique, por lo cual se procedió a realizar la excavación a la margen izquierda aguas abajo con la excavadora y dos volquetas de una capacidad de 8m³ cada una. Al llegar a una profundidad de cincuenta centímetros se encontró un banco de roca por lo que fue necesario ir utilizando dinamita (Explogell III) y mecha lenta para realizar las voladuras y de esta manera avanzar en la excavación, cabe señalar que las cargas utilizadas fueron mínimas debido a que muy cerca se encontraba una casa habitada, aproximadamente a unos ocho metros de distancia; esto ocasionó que ya

no se pueda continuar utilizando dicho material para continuar con la excavación, por lo que fue necesario avanzar con martillos perforadores y rompedores neumáticos, los cuales iban perforando la roca y a su vez la excavadora realizaba el desalojo vertical para colocarlo en las volquetas y proceder con su respectivo desalojo al lugar de acopio, así logrando llegar a la cota de cimentación.

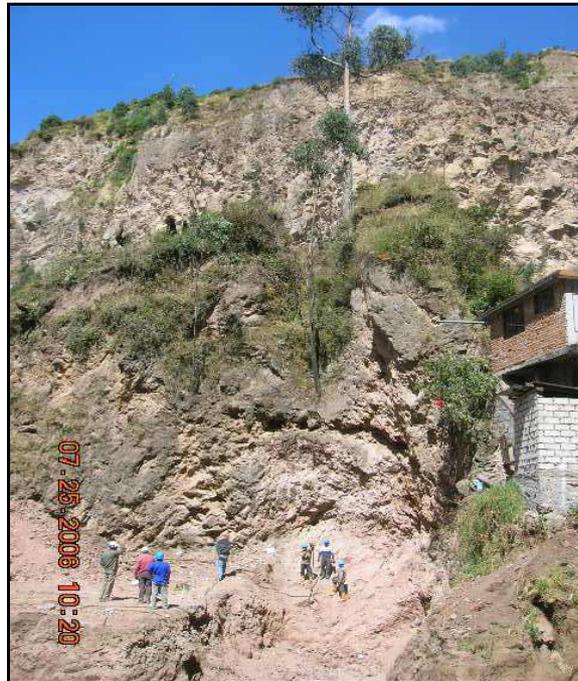


Figura N° 16.- Personal excavando con martillos neumáticos y rompedores



Figura N° 17.- Excavación margen derecha aguas abajo en roca utilizando martillos neumáticos

En el momento de realizar la excavación en el material rocoso, no fue necesario colocar entibado ya que el material excavado era de una roca sólida que brindó las seguridades del caso en los taludes formados por la excavación, esta decisión fue conjunta entre fiscalización y el contratista.

El equipo de perforación funciona con un compresor Atlas Copco de 125 psi y 200 hp. El cual genera la presión necesaria para que trabajen los martillos rompedores y perforadores neumáticos.

2.2.2.2 Excavación en conglomerado

La excavación del sitio de implantación del dique margen izquierda aguas abajo y colector a cielo abierto se realizó mediante el uso de una retroexcavadora John Deere 690B ya que el material encontrado en la excavación corresponde a un relleno conglomerado de la antigua cantera de San Roque, por lo que fue posible obtener un buen avance aproximado de 40 m³/h, condiciones que brindaron un avance normal durante su ejecución, esto se lo hizo hasta la cota de cimentación, de acuerdo a los planos de diseño y en forma conjunta con las indicaciones y disposiciones emanadas por Fiscalización, cumpliendo con las normas del buen construir.

Para dar inicio a la apertura de zanja se empezó por excavar desde la abscisa 0+100.00 y de forma continua aguas arriba hacia la abscisa 0+000.00, ya que por criterios de construcción se inició de abajo hacia arriba (ver anexo de planos lamina 2), esto se lo hizo con la finalidad de que la máquina vaya profundizando la excavación y también para el brazo de la retroexcavadora alcance y tenga un buen radio de giro para cargar las volquetas para realizar el desalojo respectivo del material.



Figura N° 18.- Vista frontal aguas abajo excavación a colector a cielo abierto en la abscisa 0+100.00



Figura N° 19.- Vista frontal aguas arriba excavación colector a cielo abierto

2.2.2.3 Excavación en material de relleno

En el tramo de excavación de las abscisas 0+000.00 – 0+100.00 en una profundidad de excavación de 3.50 m. el nivel freático fue aumentando considerablemente y conjuntamente se encontró un estrato de relleno con material de sedimentación y escombros del antiguo lecho de la quebrada.



Figura N° 20.- Nivel freático en abscisa 0+000.00 sector dique

Debido al nivel freático que encontró al inicio de la excavación fue necesario utilizar bombas de succión para desalojar el agua, pero esto no dio un buen resultado ya que el afloramiento de agua era muy alto, razón por la cual se decidió hacer un drenaje lateral a la línea del colector.



Figura N° 21.- Nivel freático entre abscisas 0+013.00 – 0+033.00 sector colector.

Lo que ocasionó dificultad para continuar con los trabajos, es así que el material se volvió totalmente fangoso y complicado para realizar su desalojo ya que al contener una alto grado de agua, el material al ser desalojado volvía a escurrirse por la compuerta de la volqueta.



Figura N° 22.- Excavación en material fangoso y relleno

Razón por la que fue necesario paralizar el avance de excavación y se procedió a realizar un canal de drenaje para evitar que el agua filtre hacia el tramo de excavación del colector, una vez ejecutado este canal de recolección de agua de filtración y con el canal de excavación en condiciones mas favorables, se continuo avanzando en la profundidad de la excavación, Una vez que se llegó a la cota para cimentación cumpliendo con lo señalado en los planos de ejecución y al encontrar un material fangoso, se observo que era inadecuado para empezar a cimentar la estructura en estas condiciones.



Figura N° 23.- Canal para drenaje

Una vez realizada la excavación del canal para dren se procedió a seguir con la excavación hasta encontrar el lecho natural de la quebrada para poder iniciar con el mejoramiento del suelo y cimentar la estructura.

2.3 CIMENTACIÓN PARA ESTRUCTURA

El suelo de cimentación de la estructura debe estar en condiciones favorables para empezar a la conformación del replantillo y poder ejecutar los trabajos.

2.3.1 DRENAJE

Una vez tomado en cuenta el nivel freático que se presentó en la cota inferior de cimentación se procedió a excavar una zanja lateral para encauzar las aguas hasta la parte baja y drenarla hacia el sitio de la captación existente, esto en la entrada de rejilla del colector antiguo.



Figura N° 24.- Canal de aguas filtrantes vista aguas arriba

El canal que recepta las aguas filtrantes que esta ubicado en el sitio de depresión de la estructura tiene una profundidad de 1.80 m. bajo la cota de suelo de cimentación encontrado, como se puede apreciar en la siguiente fotografía.



Figura N° 25.- Vista lateral derecha aguas arriba canal para drenaje

Luego de haber realizado el canal de drenaje y esta en funcionamiento fue necesario colocar tubería para dirigir el agua de infiltración en tubería plástica de un diámetro de 200 mm. La misma que

tiene perforaciones en la parte superior y lateral para que por esas perforaciones capte las aguas y trabaje como tubería de drenaje.



Figura N° 26.- Tubería drenaje para conducción de aguas de infiltración.

Se realizó un drenaje tipo espina de pescado, con tuberías laterales que conectaban al a tubería principal del canal, esto con el fin de no tener niveles freáticos bajo la estructura a cimentar

Para continuar con los trabajos de cimentación fue necesario colocar agregado grueso sobre la tubería y un enrocado para que funcione como un dren francés, este trabajo fue recomendado por el contratista, ya que tenía experiencia en este tipo de dificultades por lo que procedió a ejecutarlos, este drenaje funciona como un conductor de aguas, drenando el agua por el nivel freático encontrado, se hace una excavación lateral a la línea donde se va a cimentar la estructura debe ser mas profunda de por lo menos unos dos metros mas baja, se colocó una tubería plástica de diámetro de 200mm. con perforaciones en la corona o parte superior de la tubería, esto para que el agua ingrese por estos orificios, se colocó material granular a sus costados y sobre la tubería.

Para evitar la interrupción de los trabajos de la parte del tercio final hacia el pozo No 3 y dejar una vía para que las volquetas con materiales de otros túneles puedan acceder al fondo donde se realiza el relleno y no interferir con los propios trabajos de BIGDIG S.A. & ASOCIADOS, se procederá a retirar el montículo existente en el sector y permitir un acceso seguro para las volquetas. La cuantificación del material removido se realizará en forma conjunta con la Fiscalización

Luego de tener la excavación concluida en la parte de aguas arriba y la sustitución del material hasta el nivel de cimentación, se procederá a colocar hormigón de replantillo, instalar el acero de refuerzo y posteriormente a hormigonar por etapas. Estas etapas serán definidas en función a las condiciones constructivas que se presenten, siguiendo un orden lógico que tienda a articular el proceso en forma adecuada y secuencial.

Cuando se haya concluido esta primera parte de excavación y se haya hormigonado, se continuará con la excavación superficial hasta donde sea posible realizar, luego de lo cual por sugerencia de la Fiscalización se procederá a excavar el tramo inferior hasta el pozo No 3 mediante un túnel. En forma secuencial se continuará con el proceso de conformación del piso, replantillo e instalación de acero de refuerzo y hormigonado de losa y arranque de paredes, luego con la misma secuencia se continuará con paredes y bóveda.

2.3.2 MEJORAMIENTO SUELO DE CIMENTACIÓN

Luego de haber removido y desalojado todo el fango y desechos antrópicos encontrados se procedió a sustituir con material de mejoramiento, este material es producto de las excavaciones que se realizaron en el frente de roca, el cual tubo que seguir un proceso de clasificación, luego de obtener el material idóneo para el mejoramiento se procedió a la carga, transporte y volteo seguido del tendido de material y compactación del mismo.

Este mejoramiento se lo realizó con un relleno de escollera de piedra bajo la cota de cimentación, como se lo ilustra en el siguiente grafico.

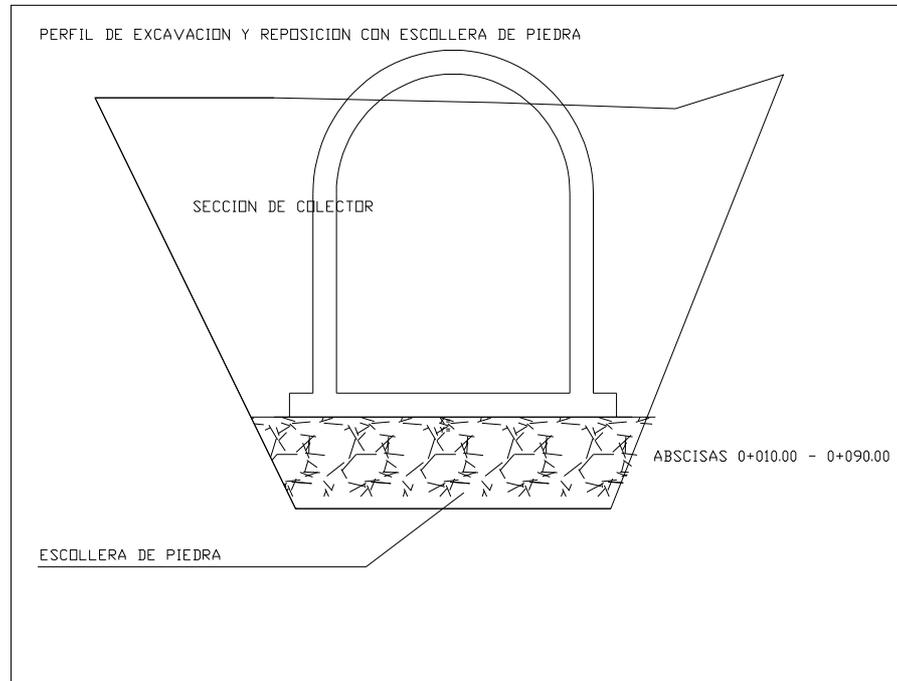


Grafico N° 4.- Sección de relleno con escollera de piedra para mejoramiento de suelo de cimentación

2.3.3 RELLENO DE ESCOLLERA DE PIEDRA PARA CIMENTACIÓN

Una vez realizada la excavación hasta la cota donde se encontró suelo de cimentación, se procedió a realizar el mejoramiento del mismo, con material pétreo granular, el mismo que se obtuvo del rezague del frente de avance de excavación del pozo PVM4', este material rocoso adecuado para realizar el relleno de escollera, el mismo que se acopio en el lugar mas cercano al de zanja abierta, se realizo su respectiva clasificación y tendido de material, con lo cual se ejecuto el mejoramiento para cimentar la estructura.

Una vez que se ha realizado la excavación se pasa colocar los respectivos niveles de cimentación de la estructura en el abscisado correspondientes al dique y el colector en longitudes de 5 metros.

El proceso de trabajo en seguir consistió en ir colocando una primera capa de rocas de tamaño entre un diámetro de 0.80 a 1.50 metros de diámetro con rocas de menor tamaño para cubrir los diferentes vacíos, esto para ir conformando el relleno de escollera el cual funcione también como un drenaje, este relleno especial se lo realizó con el propósito de cimentar la estructura del dique y el colector a cielo abierto; posteriormente se fueron colocando las siguientes capas compactándolas en capas de 0.30 metros con el rodillo mecánico vibratorio estas capas se las realizó con material de sub-base, tomado en cuenta que su compactación llegue a tener un porcentaje de 95 para que la estructura al levantar no tenga ningún inconveniente, según lo estipulado en las especificaciones técnicas ya que es una obra hidráulica muy importante, todo este trabajo se lo realizó manteniendo todas las cotas originales de proyecto, por ende las de cimentación.

Para realizar este proceso de conformación de escollera, se tuvo en cuenta el camino de acceso para que ingresen las máquinas, tanto la excavadora de oruga, tractor y rodillo para que vayan conformando el relleno de acuerdo con los niveles y su respectiva gradiente.

2.4 SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN DE DIQUE

Luego de haber conformado el relleno de escollera, se pasó por última vez el rodillo mecánico vibratorio, de esta manera se tuvo en perfectas condiciones la cota de cimentación, para continuar con la construcción del de las bases del dique.

Se localizó el sitio más privilegiado para el estacionamiento del mixer de hormigón premezclado, así como también su cobertura para la ubicación de la bomba y la colocación de la tubería, la cual conduce el hormigón para llegar al lugar de colado del replantillo, cabe destacar que es importante que el jefe a cargo o el residente de obra inspeccione cada una de las uniones entre las tuberías que son sujetadas por abrazaderas, las mismas que deben tener su empaque respectivo ya que si no están bien colocadas podrían ser causa del fracaso del

hormigonado y desperdiciar volumen de hormigón, eso se debe a que las malas uniones provocan que se desperdicie la lechada, esto a su vez hace que el agregado que tiene aristas vivas o muy pronunciadas como son los agregados de DISENSA¹⁵ que tiene su cantera en el sector Pifo, se incrusten entre las uniones y esto ocasione el taponamiento en el interior de la tubería, tocando así desarmar la tubería instalada para destapar la tubería.

Luego de haber tomado todas las precauciones necesarias se procede a realizar el colado del mismo en el sitio de fundación hasta culminar con toda el área a hormigonar del replantillo

De forma simultánea otra cuadrilla de trabajadores proceden a figurar¹⁶ el acero de refuerzo según las marcas de los planos.

Una vez conformada la plataforma para hormigonado y habiéndose chequeado los niveles de cimentación del replantillo de la losa del dique, se procedió a colar el hormigón premezclado con una resistencia de 140kg/cm², acorde a las especificaciones técnicas de los planos, tomando las muestras o testigos de hormigón para los ensayos de laboratorio respectivos.

¹⁵ Empresa que provee de agregados y material pétreo para la fabricación de hormigón.

¹⁶ Cortar y realizar dobleces al acero de refuerzo de acuerdo a las marcas establecidas en los planos estructurales, manteniendo dimensiones y tipos de figuras del armado estructural



Figura N° 27.- Replanteo de hormigón f'c: 140 kg/cm² en dique

Una vez hormigonado el replanteo, como siguiente actividad se procede a replantear (dibujar) en la base o replanteo las bases de los elementos a levantar que nacen conjuntamente con la zapata del dique, luego se colocan y arma el acero de refuerzo ya figurado de acuerdo a las marcas establecidas en los planos estructurales, esta actividad se debe controlar minuciosamente que el acero de refuerzo (hierros) tengan las dimensiones, figuras que pertenezcan a la estructura que se esta armando y sean del diámetro y espaciamiento correspondiente.

Luego de tener lista la armadura de la zapata o losa de fondo (solera) se procede de igual forma el levantar la armadura de la pantalla del dique, así como también de los contrafuertes, para realizar esta actividad se procede a poner pisos de madera de eucalipto en forma longitudinal paralela a la pantalla y transversal a la misma, esto con el fin de ayudar al los hierros de la armadura que no pierdan su rigidez por la esbeltez del elemento a construir y también para que los obreros tengan un sitio de apoyo para ubicar los hierros a plomo y a escuadra según el trazado inferior.

Los desprendimientos de material granular no se dieron en los taludes de roca, pero en el caso que existía presencia de material sobre la base del replanteo, se procedía a quitarlo manualmente o con chorros de agua, para librar

de impurezas tanto el área para hormigonar la solera, así como también la armadura.



Figura N° 28.- Armado de zapata en sentido norte sur de la zapata del dique

Consecuentemente se procedió a colocar el encofrado lateral, para lo cual se utilizaron tableros contrachapados SIMONS de Intacto, con los cuales se obtiene un hormigón visto de buena presentación, conjuntamente se colocan costaneras que sujetan y dan estabilidad a los tableros en todo su perímetro; posteriormente se procede a hormigonar la estructura de la zapata en sección de (23 x 3.80 m.), dejando una junta de construcción con una banda PVC de 30 cm. Para el segundo tramo de hormigonado, para lo cual se utilizó un hormigón premezclado con una resistencia de 240Kg/cm² de la empresa Holcin¹⁷.

¹⁷ Empresa Ecuatoriana que diseña y fabrica hormigón según las especificaciones del cliente y provee de hormigón premezclado.



Figura N° 29.- armado de contrafuertes del dique

Luego de realizado el hormigonado de la losa de fondo se procede con el desencofrado y curado del hormigón, luego del desencofrado es importante que se limpien los tableros y se pase una mano de diesel para mantenerlos en buen estado, estos tableros Simons pertenecen a Intaco¹⁸, empresa que alquilo los tableros de encofrado al consorcio BIGDIG S.A. & ASOCIADOS.

Como segunda etapa se procedió con la continuación del armado estructural de la pantalla y contrafuertes del dique hasta una altura de 2.40 m. que es lo máximo que se puede encofrar en esta estructura, ya que no se puede levantarla mas porque en el momento de hormigonado hubiese tenido mucha esbeltez y al colado del hormigón este se podría segregar y perder sus características. Para la continuación de la construcción de la pantalla y contrafuertes e lo hizo de tramos de una longitud de 4.80 m. y una altura e 2.40 m. dejando su respectiva junta en forma de llave para el siguiente hormigonado.

¹⁸ Proveedor de tableros de encofrado mixtos (madera y marco metálico) para hormigones vistos.



Figura N° 30.- Continuación de la armado de la segunda sección de pantalla y contrafuertes

En el encofrado se utilizó tableros Simons, este tipo de tableros, por su diseño permiten elevar el encofrado con mayor rapidez, ya que en el borde de su marco tienen unas perforaciones en las cuales ingresan unas cuñas entre si sujetando al tablero y adicionalmente tienen otras ranuras para colocar separadores entre los tableros según corresponda la pared del hormigonado para este caso fue de 30 cm. Esto es muy versátil ya que se obvia la utilización de separadores de varilla entre los tableros, así colocando únicamente las galletas para separar el encofrado de la armadura estructural, respetando el recubrimiento especificado en los planos.

Una vez encofrado ya se tiene levantada la estructura de tableros y se procede con el alineado y aplomado correspondiente, esto se lo hace con el apuntalamiento respectivo, apoyados en el piso con cuñas de madera sujetas al piso con clavos de acero, para evitar deslizamientos den forma de péndulo invertido de la pantalla o contrafuerte a hormigonar, así como también e la unión de tableros se colocan viguetas tablonos de eucalipto para apuntalar ya sea con puntales metálicos o pingos de madera, los cuales son colocados en la base o pie, en el centro y la parte alta o cabeza de la vigueta, formando un encofrado estable y seguro para trabajar, este procedimiento para encofrado y chequeo se lo

conoció en la materia de fiscalización y control impartida en la Escuela Politécnica Nacional

Luego de tener ya la estructura en una longitud de 23.00 m. y una altura de 2.40 m. se fue relleno con material apto para la compactación como es la cangahua los tramos vacíos entre los contrafuertes, hasta llegar a la cota de cimentación de la losa del vertedero que forma parte del dique, es así que se tubo que ir conformando en el momento del relleno y se fue dando forma al vertedero, el mismo que esta a la misma cota de las rejillas de ingreso de la pantalla del dique, seguidamente se realizo el hormigonado del replantillo formando ya el vertedero el cual tenia dos vigas embebidas en la losa del mismo.



Figura N° 31.- Relleno y compactación entre contrafuertes del dique.

De forma seguida y en actividades simultaneas los dos frentes de trabajo que estaban a cargo del dique continuaron con el armado de la losa del vertedero y las vigas, una vez concluido el armado estructural se procedió con el encofrado para la fundación del elemento a hormigonar, cabe destacar que para hormigonar la losa del vertedero se levantaron las armaduras de las paredes del baúl del dique, esto con la finalidad de hormigonar la losa con la pared guía, colocando una junta de PVC.

Este trabajo se lo hizo ya que este elemento en esta cota va estar el continuo contacto con el agua, esto con el fin de evitar que exista filtración de agua hacia las partes laterales del dique.

Para cada uno de los tramos que se hizo el hormigonado, tanto la pantalla del dique como sus contrafuertes debían estar correctamente alineado, aplomados y apuntalados esto se o hizo con la finalidad de no tener problemas de soplado de tableros y torceduras en el alineado de la estructura.



Figura N° 32.- Ubicación de mixer y bomba de hormigón para fundación de paredes del dique



Figura N° 33.- Hormigonado de losa superior del dique



Figura N° 34.- Encofrado de pantalla del dique margen izquierda aguas arriba



Figura N° 35.- Encofrado tercer tramo de la pantalla del dique aguas arriba



Figura N° 36.- Desencofrado de pantalla del Dique

2.5 Sistema de construcción de colector a cielo abierto

Posteriormente de haber realizado el relleno de escollera en el tramo desde la abscisa 0+013.00 a la 0+086.00 (ver anexo de planos N°2), se compacto la base para iniciar la cimentación de la estructura de construcción del vertedero y

colector a cielo abierto, el cual debía tener mas del 95% en los ensayos de densidades, tomados con el densímetro nuclear de los laboratorios de la PUCE.

Inmediatamente el equipo de topografía y con la supervisión del Residente de obra, se chequearon los niveles de cimentación y su respectiva gradiente, para no tener problemas con la construcción del colector y componentes como vertedero, colchón de agua, graderías internas del colector e inicio del vórtice.

2.5.1 HORMIGONADO DE REPLANTILLO EN COLECTOR

Este trabajo fue realizado con hormigón premezclado f'c: 140 kg/cm² de la empresa Equinoccial.

Previo al hormigonado de este tramo se procedió con el encofrado lateral en la longitud a realizar el replantillo, ya que este trabajo se lo realizo en tres partes, el encofrado fue asegurado con pequeños anclajes de varilla de 14 mm. Para evitar las rieles de eucalipto se desplacen, así logrando un hormigonado uniforme y alineado, posteriormente se realizo su respectivo curado.



Figura N° 37 .-Colocación de encofrado lateral y replantillo de estructuras



Figura N° 38.- Replantillo segundo tramo de colector

Por la diferencia de alturas que existía desde el sitio donde se ubicaban los mixer de hormigón y el sitio de colado, se construyó un chimbuso metálico, el mismo que conecta a una tubería plástica de un diámetro de 200 mm. La cual conduce el hormigón, la misma que se sujetó con puntales de eucalipto en forma de cruz para evitar que el peso del hormigón rompa la tubería, estos soportes se lo colocaron cada tres metros de distancia.

En la sección del colector aguas abajo en donde hay un transición donde el colector tiene un gradeado se procedió a conformar las gradas de replantillo con el hormigón.



Figura N° 39.- Conformación de gradas de replantillo con encofrado

2.5.2 ARMADO DE ACERO DE REFUERZO

En la base del replantillo se realiza el trazado del los hierros tanto longitudinal como transversal formando una especie de malla, colocando los hierros a cada 0.20 m. según las marcas y figuras de los planos estructurales correspondientes a cada elemento, este armado se lo hizo desde la abscisa 0+013 hasta la 0+062.00, distancia que corresponde a la losa de fondo de sección plana con una gradiente de 0.05

A partir de la abscisa 0+062.00 el armado de acero se lo hizo acorde a las marcas estructurales ya que corresponden a una conformación de gradas, por lo que los hierros de refuerzo fueron cortados y figurados en forma de gradas acorde a las secciones de huella y contrahuella de la estructura que corresponde al 21.74%. y gradas de 1.15 m. de huella y 0.25 m. de contrahuella, según consta en los planos estructurales.



Figura N° 40.- Armado estructural de solera en colector desde aguas abajo hacia aguas arriba desde la abscisa 0+086.32



Figura N° 41.- Armado estructural de paredes boveda desde la abscisa 0+086.32

Luego de tener armado los hierros inferiores se procedió de la misma forma para figurar y armar los hierros superiores, manteniendo un espaciamento entre

la parrilla inferior y superior una altura de 0.20 m. ya que se debía respetar un recubrimiento de 5 centímetros del replantillo y el terminado del hormigón en la losa, según lo indicado en las especificaciones de los planos.

Conjuntamente con los aceros de la losa de fondo o solera se levantaron las varillas perpendiculares al replantillo, estos eran para las paredes que conformarían los astiales del colector, en un inicio solo se los armaba un tramo pequeño para la guía de pared, puesto que el hormigonado de la losa se lo debía hacer en forma monolítica con el arranque de pared, esto para evitar que se tenga filtraciones en los costados internos del colector.

Posteriormente se procedía con la continuación del armado del resto de la estructura del colector que correspondía a los hastiales y la bóveda arco, puesto que al acero de refuerzo se lo figuro de la forma tal que tenia la sección en forma del signo omega de forma simultanea se colocaban parantes de puntales de madera para evitar que por la esbeltez del colector los hierros se deformen o en el peor de los casos la estructura de las paredes este en forma de vaivén, de la misma forma toda esta estructura se la hizo con un armado de acero de refuerzo de diámetro de 12 y 14 mm. Con un espaciamiento en sentido transversal y longitudinal de a cada 0.20 m.

2.5.3 ENCOFRADO Y HORMIGONADO DE COLECTOR A CIELO ABIERTO

Una vez que el armado de la losa de fondo fue concluido y se ha realizado el respectivo chequeo entre el residente de obra y fiscalización y sin ninguna novedad, se procedió con el encofrado para el hormigonado de la losa, colocando de igual forma separadores entre la armadura y el tablero de encofrado, el mismo que es de tipo Simons de 2.40 x 0.30 m. de Intaco, colocando también una costaneras entre la base del replantillo y el tablero, formando una especie de escuadra y sujetando con un cuartón de madera entre si, formando un triangulo para evitar que el hormigón sople a encofrado.

2.5.3.1 Encofrado y hormigonado de solera

Entonces se procede con el hormigonado de la solera y la guía de pared, tomando en cuenta el sitio de ubicación de los mixer de hormigón premezclado con la bomba de hormigón y su respectiva tubería de hormigón. Es importante que se observe al inicio del colado de hormigón que estén los ellos respectivos el los carros como medida de control, adicionalmente una persona debe estar atenta para decir al jefe de bomba y al operador del mixer que se detenga o a su vez continúe con el bombeo del hormigón, para precautelar que no se desperdicie el material, conjuntamente con el hormigonado de losa se debe tener el vibrador ya sea eléctrico o a gasolina para vibrar, evitando que se formen cokeras, de ser posible se deben mantener dos vibradores in situ, esto como medida de prevención si uno llegase a fallar.



Figura N° 42.- Encofrado de guía de pared de paredes de colector

Una vez concluido el hormigonado de este tramo se procede a desarmar la tubería para lavarla, de forma simultánea se ejecuta el codaleado del hormigonado y posteriormente con un paleteado con el mismo hormigón esto para que la parte superior de la losa sea del mismo hormigón, evitando colocar mortero con arena fina.

Al siguiente día se procede con el desencofrado del elemento, luego se sacan los tableros a un lugar amplio para limpiarlos y colocar una capa de líquido desmoldante como mantenimiento del mismo.

2.5.3.2 Encofrado y hormigonado de paredes.

Se procede con el encofrado vertical de las paredes del colector, como ya se hormigono la guía de pared, el nuevo encofrado debe mantener la misma alineación de la pared guía, para el tramo recto se utilizo tableros de 2.40 m. de alto x 0.60 m. de ancho y se los coloco en forma horizontal por razones constructivas para un mejor alineamiento y colocación de vigas en las uniones de losa tableros, para un apuntalamiento correcto y preciso, cabe destacar que se colocaron separadores de 30 cm. Entre los tableros esto es con el fin de ya no utilizar muchos separadores como galletas de hormigón, adicionalmente como se hormigono los tramos de pared de los dos lados se apuntalo entre si las paredes con los puntales metálicos y adicionalmente a sus costados también se apuntalo con dirección al suelo, colocando unas cuñas que se clavaron en forma de estacas en el piso para apoyo.



Figura N° 43.- Apuntalamiento de paredes con gatas metálicas

Una vez terminado el encofrado se procedió con el alineamiento y se colocó a plomo el encofrado. Posteriormente se levantó un andamio para que el personal pueda caminar con toda tranquilidad en la parte alta para ubicar la tubería de hormigón y poder moverla de un lado hacia otro según corresponda el avance de hormigonado y para la ubicación respectiva del vibrador.



Figura N° 44.- Colocación de andamio y vibrado de hormigón en paredes

Así una vez que se tiene todo en óptimas condiciones, se procede con el hormigonado de las paredes con un hormigón de resistencia $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$, tomando sus respectivas muestras para conocer el asentamiento del hormigón con el cono de Abrahams donde se obtiene un asentamiento entre 12 y 14 cm. Acorde a las especificaciones técnicas descritas en los planos y consiguiente las muestras o testigos de hormigón.

Al siguiente día se procede con el desencofrado del elemento hormigonado, procediendo con el curado y resanes del mismo, para lo cual se utilizó el aditivo Betoncryl para la unión entre hormigón y mortero, una vez retirado el encofrado se procede a colocar en la parte alta de las paredes dejando un espaciamiento de diez centímetros, un perfil tipo I, que servirá de apoyo para colocar el encofrado interno de bóveda arco para el colector.



Figura N° 45.- Encofrado interno y externo de bóveda de colector

En cuanto al encofrado externo se procedió a colocar tablones cepillados y canteados, los cuales eran sujetos con varillas de un diámetro de 18 mm. En su cara externa, debidamente enzunchado con alambre galvanizado N° 14 debidamente entorchado, la finalidad de este tipo de encofrado fue el de economizar y brindar una alternativa para el hormigonado y no fabricar tableros metálicos en forma de bóveda arco o de madera, este encofrado trabajaba en el momento que se vaciaba el hormigón que se iba colocando sobre la armadura y por gravedad se dirigía a la parte bajadle encofradote los tablones y la presión que ejercía el hormigón hacia que el tablón trabaje hacia fuera y los amarres respondan tal fuerza logrando así el encofrado externo, cabe notar que este encofrado se lo realizo solo hasta los dos tercios de la bóveda quedando libre la parte de clave o corona del arco y para este tramo se fabrico un codal en forma de arco con el cual se fue dando la forma arqueada del colector.



Figura N°.- 46 sistema de encofrado externo en bóveda de colector a cielo abierto

Una vez culminada la fundación de la estructura se procedía a cubrir la parte superior del arco con plástico de polietileno como precaución que llueva y lave el hormigonado.

De igual forma se procedía al siguiente día con el desencofrado, limpiando los encofrados metálicos y los tablonos de madera.

2.6 CONFINAMIENTO Y RELLENO DE ESTRUCTURA A CIELO ABIERTO

Una vez que culminó con la construcción del tramo del dique y el colector a cielo abierto se procedió al relleno lateral de la estructura con la finalidad de confinar los elementos tanto lateralmente así como en la parte superior, para este trabajo fue necesario cubrir el canal de desvío de aguas de la quebrada Jerusalén con tapas de hormigón prefabricadas, para realizar un relleno sobre el canal y poder pasar el tractor TD15 Internacional Y el Rodillo vibratorio para ir compactando en capas de treinta centímetros.



Figura N°.- 47 Acopio de material para confinamiento de estructura



Figura N°.- 48 Relleno lateral de estructura de colector



Figura N° 49.- relleno compactado sobre estructura de colector

CAPITULO III

CONSTRUCCIÓN DEL TUNEL

3.1 POZOS DE REVISIÓN PARA INGRESO A TUNEL

Un pozo de revisión, es una estructura diseñada y destinada para permitir el acceso al interior del túnel, para las operaciones de mantenimiento, especialmente de limpieza de escombros y sedimentos, los cuales son ejecutados por la EMAAP-Q.

Los pozos de avance sirven para el ingreso de materiales, equipos, manga de ventilación, trabajos del elevador, grúa o Winche que se utilizó para el desalojo vertical, los cuales se detallarán más adelante.

3.1.1 EXCAVACION EN POZOS

Previo a la construcción del túnel, se realizarán los trabajos de excavación de forma secuencial en los 5 pozos de avance previstos para la ejecución de la obra, estos pozos son: PVM3', PVM4', PVM5' PVM6' Y PVM7. (Ver anexo de planos lamina A).

Luego que el personal técnico de la empresa contratista procedió a ubicar los ejes de los pozos de acuerdo a la ubicación de los pozos según consta en el plano. (Ver anexo de planos lámina N° 1). Presentados y aprobados por la EMAAP-Q., una vez ubicada las respectivas coordenadas, se da inicio a la apertura de los frentes de excavación de forma simultanea, esto con el objeto de tener un avance considerable y con el fin de cumplir el cronograma valorado de trabajos.

Para la excavación de los pozos de avance es necesario contar con la maquinaria necesaria para su normal ejecución, los que se menciona a continuación:

Retroexcavadora, esta máquina permitió realizar el ciclo de carga a las volquetas, para el desalojo de material de excavación como se muestra en el anexo de maquinaria figura N° 95 y 102

Compresores, esta máquina genera una red de aire comprimido el cual es transmitido a través de una manguera neumática hasta un lubricador donde se genera una presión máxima de trabajo de 125 psi, generando una potencia necesaria para que trabajen los martillos rompedores y perforadores según la excavación lo requiera, transformadores, equipo de soldadura eléctrica etc. (Ver anexo de maquinaria figura N° 90, 91, 114)

Una vez que se cuenta con todo el equipo asignado a los frentes de trabajo para la excavación, acorde a cada frente de trabajo, dependiendo del tipo de material que se halla en cada uno de ellos, se procedió con la excavación respectiva, en tiempos simultáneos en unos y consecuentes en otros.

3.1.1.1 Excavación en pozo PVM3'

Posteriormente de haber ubicado el eje de excavación del pozo PVM3', se procedió a replantear para que el personal de excavación proceda con la ejecución de los trabajos, conjuntamente con la excavadora de oruga como se muestra en la figura N° 50. Cabe destacar que el material encontrado en este frente de trabajo es relleno producto de la antigua Cantera de San Roque y materiales sueltos.

En el primero metro de excavación se tuvo el material de relleno no siendo así en la excavación de menor cota, pues este estrato geológico empezó a cambiar por uno de rocas cizalladas y relleno de rocas, razón por la cual fue imposible continuar con la retroexcavadora ya que las uñas de la maquinaria podrían dañarse con facilidad.

Entonces se procedió a utilizar explosivos con cargas pequeñas para realizar voladuras con dinamita (Tacos de Explogell III), estas voladuras tuvieron

una carga de 300 a 500 gramos/m³ con lo cual fue posible romper la roca en pequeños bloques para poder realizar el rezague del material y se pueda ejecutar sin problemas el desalojo vertical.

El mismo procedimiento se lo realizó hasta alcanzar una altura de pozo de 11.50 metros de profundidad con el cual se llegó a la cota de canal.



Figura N° 50.- Excavadora hidráulica, extrayendo el material del pozo PVM3'

Es necesario antes de iniciar los trabajos de excavación en los pozos realizar una pequeñas cunetas para el desvío de agua lluvia para evitar que ingrese dentro del pozo.

3.1.1.2 Excavación en pozo PVM4'

De forma similar los trabajos se iniciaron con la maquinaria pesada hasta la cota donde alcanzaba el brazo de la excavadora, pero en este frente de trabajo el material rocoso se encontró en toda la base de excavación del pozo.

Para poder continuar con el avance planificado se utilizó explosivos con tacos de dinamita de 200 gramos cada uno, para hacer las voladura se realizaron perforaciones con barrenos de 1.20 metros de profundidad en forma vertical en

una sección aproximada de 3.80 x 2.70 metros, con una área de 10.36 m²., las perforaciones se realizaron con espaciamentos de 45 a 50 cm.

Una vez que se ha cargado la roca con explosivos, se procedió a avisar a los peatones, propietarios de viviendas aledañas al sector que se va a realizar una voladura, para que de esta manera la gente de este sector esté sobre aviso y no sean sorprendidos por el estruendo ocasionado por la voladura.

Una vez que se cargan las perforaciones con los tacos de dinamita y el cordón detonante, es aconsejable sobre esta base colocar unos sacos de arena o tierra, con la finalidad de que en el momento de la explosión las esquirlas de roca no se expandan produciendo daños al personal, equipos o maquinaria como se muestra en la siguiente figura.



Figura N° 51.-Extracción de material rocoso en PVM4'

3.1.1.3 Excavación en pozo PVM5'

En este pozo las condiciones geológicas fueron diferentes a las anteriores, puesto que en los ocho primeros metros de excavación se encontró un material con limo, muy consolidado (cangahua).

Conforme seguía aumentando la profundidad de excavación se fue encontrando un manto (estrato) de arena suelta sin cohesión, con lo que el avance se volvió lento, ya que se debían tomar todas las precauciones del caso, puesto que una vez que se tubo este material se excavó aproximadamente unos dos metros, pero el pozo colapsó.

Por lo que se debió volver a rellenar el pozo y empezar nuevamente con la excavación adoptando otra metodología de trabajo, como es el de excavación y avance continuo con el entibado en todo el perímetro del pozo. Lo cual dio muy buen resultado, el proceso de excavación se repitió hasta llegar a la profundidad de 18 metros, con lo que se llegó a la cota de canal.

Para el avance de este pozo se utilizó un elevador tipo pluma y herramienta menor (ver figura N° 52), ya que estos son rápidos con lo que se puede ganar tiempo en la ruta crítica del cronograma.



Figura N° 52.- Rezague vertical de material arenoso en PVM5'

3.1.1.4 Excavación en pozos PVM6', PVM7

La excavación en estos pozos fue muy similar ya que se utilizó en una gran parte la retroexcavadora para sacar el material y depositarlo directamente en las volquetas para el respectivo desalojo, cabe destacar que a tres metros de profundidad el material limo arcilloso empezó a cambiar por un material conglomerado grueso, alternándose con rocas metamórficas grandes de canto rodado.

Una vez que el brazo de la máquina ya no pudo continuar con el trabajo (ver figura N° 53) se implantó la utilización de dos elevadores de pluma para el desalojo vertical del mismo.

En el tramo de excavación del pozo PVM7 se obtuvo un material de relleno con una alta contaminación de basura y escombros a la altura de la calle Chimborazo e ingreso al viaducto 24 de mayo, lo cual hizo que la excavación sea ágil pero sin descuidar la protección lateral de las paredes o caras del pozo para brindar la seguridad respectiva a los obreros.



Figura N° 53.- Excavación vertical con retroexcavadora en pozo de avance PVM6'.

En cuanto al personal para la excavación de los pozos de avance se requirió un total de 6 personas, los cuales tienen sus cargos respectivos y desempeñan las siguientes funciones:

El residente, controla la correcta ejecución del trabajo, es decir que el personal esté con su equipo de seguridad, y la excavación se realice correctamente es decir alineada y acorde a las medidas de los planos.

El maestro mayor y sus obreros, ejecutaron la construcción, empezando por demarcar el sitio de excavación del pozo, verificando los datos acordes al plano y el replanteo del mismo, para esto se usó el método de la escuadra con las medidas de 3, 4, 5 metros respectivamente, (que consiste en formar un triángulo rectángulo con sus catetos de 3 y 4 y con la hipotenusa de 5), posteriormente ejecutando las perforaciones.

3.1.1.5 Descripción general de los pozos

Una vez construido el andamio se procedió a la construcción de una caseta, la misma que permitió proteger todo el elemento estructural del pozo, esto mientras dure la construcción del proyecto. Los pilares de esta cubierta fueron hechos con perfiles metálicos tipo C de 10 cm. x 3 cm. x 3 mm., formando una columna cuadrada al unir los dos perfiles tipo C, en la parte del techo se usó hojas de zinc de 0.80 x 3.60 metros.

El área de las cubiertas fue variable en cada uno de los frentes de excavación de los pozos debido a la ubicación de los mismos, considerando que para el rezague se necesitó el uso de elevadores. Se consideró una altura de las casetas de 2.40 metros de altura para dar facilidad de trabajo a este tipo de maquinaria.

A continuación se presenta un cuadro con la ubicación general de los pozos con sus respectivas medidas.

POZO	UBICACIÓN	LARGO	ANCHO	PROFUNDIDAD
PVM3'	0+130.95	4.00	2.00	12.00
PVM4'	0+264.46	4.60	1.70	12.00
PVM5'	0+474.97	1.70	1.70	18.00
PVM6'	0+696.70	2.30	2.00	11.50
PVM7	0+857.18	2.00	2.00	6.40

Tabla 3.- Cuadro de ubicación de los frentes de excavación de pozos del Nuevo Colector 24 de mayo

3.2 ENTIBADO CONTÍNUO EN POZOS

El entibado es un tipo de soporte que se utilizó para estabilizar la sección excavada, este método se lo realizó básicamente para precautelar la estructura del pozo y evitar que esta se derrumbe por la inestabilidad del material, según el grado de auto sustentación y grado de consolidación del suelo al excavar.

Por la seguridad de los pozos y del personal que trabaja en esta obra, se procedió a recubrir las excavaciones con rieles de eucalipto en todo el perímetro y profundidad del pozo. El entibado consiste en colocar rieles de eucalipto a las paredes del pozo. En la corona del pozo se procede con la colocación de pisos de madera en cada lado del pozo quedando empotrados hacia las paredes para evitar deslizamientos hacia el interior del pozo, estos pisos de madera como se los conoce son tallos de eucalipto de un diámetro aproximado de 18 a 20 cm, estos se encuentran sujetos a los rieles de eucalipto Esta actividad se la realiza cada 2.40 m y 1.20 m de excavación vertical según lo requiera el tipo de suelo que se tenga. Luego que se ha culminado con el entibado se procedió a colocar tablas de monte de 0.25 x 2.40m como encofrado perdido sobre el entibado.

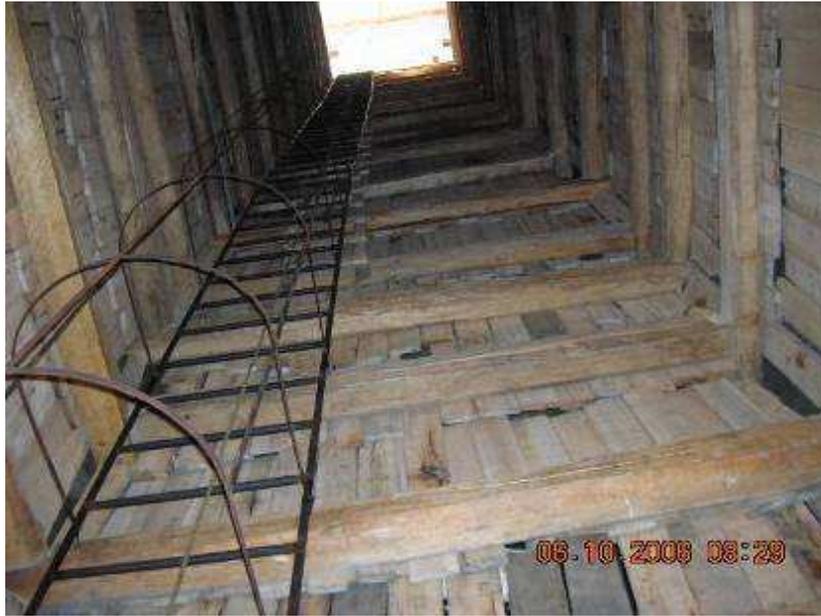


Figura N° 54.- Entibado continuo de pozo en todo el perímetro

Ya colocado todo el entibado continuo de pozos, se procedió a colocar una escalera, la misma que contenía un espaldar en la parte trasera como apoyo para la seguridad del personal en el caso de que existiera algún accidente. (Ver figura N° 54)

Paralelamente se procede a la instalación de una cubierta, la misma que sirvió como protección para los trabajos que se desarrollarán a futuro sobre todo para proteger del agua en épocas invernales. (Ver figura N° 56)

Luego de haber colocado todo el entibado de madera, se colocaron unas barandas de tubo al rededor del pozo, esto se lo realizó con el fin de proteger al personal de futuros accidentes. Estos andamios se encuentran empotrados en la corona del pozo con hormigón simple. (Ver figura N° 55)



Figura N° 55.- Colocación de barandas o pasamanos de seguridad en pozos



Figura N° 56.- Cubierta sobre PVM4' para proteger a la estructura de épocas invernales.

3.3 ARMADO ESTRUCTURAL EN POZOS

El acero de refuerzo (hierro) cumple una función muy importante en todo elemento estructural como es trabajar a tracción, de allí su importancia de colocar

la cantidad, marca y forma del figurado que indica el plano estructural de pozos (ver anexo de planos lámina N° 11)

Para dar inicio al corte del acero de refuerzo de los pozos de revisión se busca un lugar para ubicar el banco de madera donde se procede a doblar y figurar el hierro según las marcas correspondientes que se especifican en los planos estructurales.

Una vez que el personal de fierros han cortado y figurado el acero de refuerzo total que va en el pozo se procede a su armado estructural, primeramente se empieza por distribuir el hierro longitudinal que va junto a la cara del encofrado perdido, el mismo que tuvo la forma de L y un diámetro de 12mm con un $f'y$: 4200 kg/cm², la parte de la pata queda en la corona del pozo para posteriormente traslapar con otro hierro en forma de L, el cual tuvo las mismas características que el anterior, con lo que se armó el brocal, el mismo que mantendrá estable al elemento debido a la altura del pozo, estos hierros longitudinales se encuentran distribuidos a cada 0.20 m.

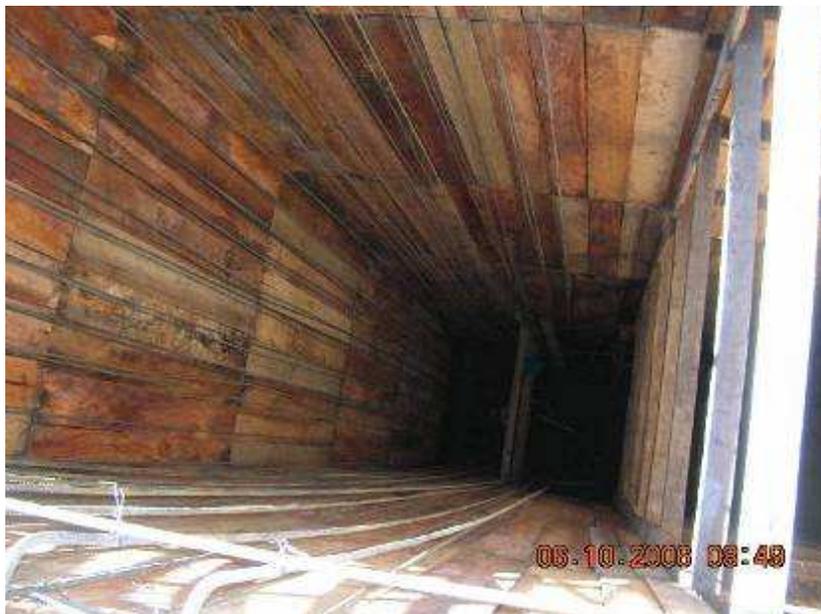


Figura N° 57.- Armado de aceros de refuerzos longitudinales en pozo

Después de que se ha distribuido todo el hierro longitudinal se procede desde la parte baja a colocar el hierro transversal cada 0.20m para armar la malla exterior que va a estar a presión y conjuntamente se va colocando los otros hierros hasta conformar la armadura de refuerzo, simultáneamente se realiza el amarre con alambre galvanizado N° 18, los hierros transversales son de tipo S1 y S2.



Figura N° 58.- Armado estructural del pozo de caras internas y externas

Durante el armado del acero de refuerzo se fue manteniendo el espaciamiento adecuado entre el encofrado para el recubrimiento respectivo del hormigón y la armadura. El recubrimiento según las especificaciones técnicas de los planos entre la armadura del pozo y el encofrado interno y externo es de 5 cm, este proceso se repite de forma cíclica en todos los pozos.

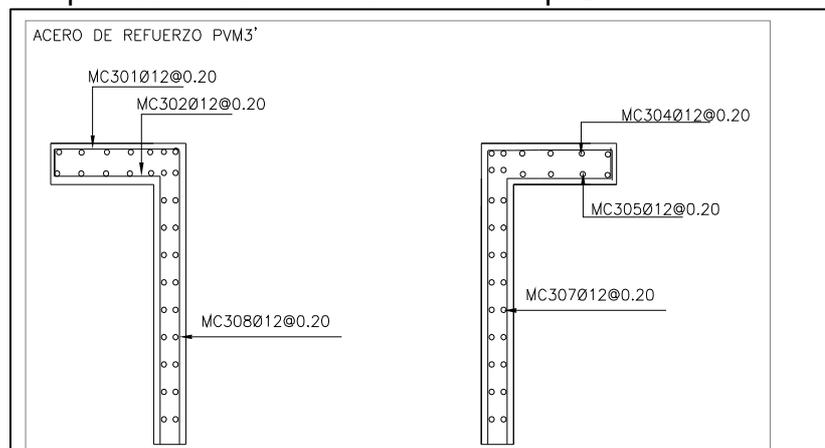


Grafico N° 5.- Detalle de armado estructural para pozos tipo.

Previo a la fundación del pozo se procedió a la elaboración de las escaleras de acceso a los pozos de revisión, estas escaleras se construirán de tubería galvanizada 0.25 mm para los largueros de la escalera. La cual fue empotrada en las paredes de hormigón en los dos extremos, estas fueron protegidas con dos manos de pintura anticorrosiva y dos manos de pintura esmalte.

Las barandas y pasamanos para las escaleras se construirán de varilla de hierro, pletinas y tubería galvanizada 0.25 mm como borde pasamanos los cuales irán soldados y pintados con anticorrosivo y pintura esmalte.

PLANILLA DE ACERO DE REFUERZO PARA LA CONSTRUCCION DE LAS OBRAS DEL NUEVO COLECTOR 24 DE MAYO PAREROQUIA OBRA: CONSTRUCCION DEL TUNEL DE ALCANTARILLADO PLANILLA DE HIERROS POZOS DE REVISION TIPO															
Mc	φ (mm)	TIPO	CANT. #	DIMENSIONES								LONGITUD EN M		PESO EN KG	
				a	a	b	b	c	c	g	g	Corte	Total	Unitario	Total
PLANILLA DE HIERROS PARA POZO Pvm3'															
BRICAL Y PAREDES															
301	12	S1	72	0.20		0.95		2.50				3.65	262.80	0.888	233.37
302	12	S2	62	0.25		0.80		2.50				3.55	220.10	0.888	195.45
303	12	C	12	0.20		4.00		0.20				4.40	52.80	0.888	46.89
304	12	C	12	0.20		6.10		0.20				6.50	78.00	0.888	69.26
305	12	I	12	4.00						0.10		4.10	49.20	0.888	
306	12	I	12	6.10						0.10		6.20	74.40	0.888	
307	12	L	11	4.50		2.40				0.10		7.00	77.00	0.888	68.38
308	12	L	11	4.00		1.90				0.10		6.00	66.00	0.888	58.61

Tabla 4.- Planilla de acero de refuerzo de pozos tipo

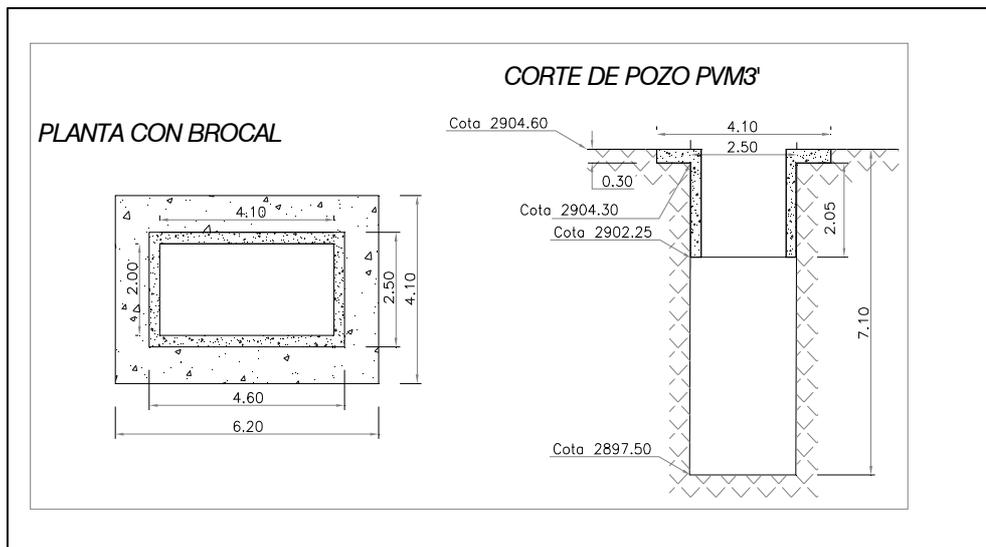


Grafico N° 6.- Detalle de la planta y perfil de pozos tipo

3.4 ENCOFRADO EN POZO

Luego que se realizó toda la armadura se procedió a colocar el encofrado con tableros Simons de 0.60 x 2.40m. de madera recubierto con diesel o desmoldante, esto para que no pueda pegarse el hormigón a la cara de madera del encofrado en el momento de la fundación y posteriormente cuando se realice el desencofrado quede la estructura lisa, este procedimiento se lo realiza de abajo hacia arriba cuidando que este bien alineado y a plomo como también su respectiva escuadra, las mismas que están sujetadas con cuñas que ingresan por los orificios que existen en los tableros para un correcto alineado, así como también se coloca alambre numero 14 galvanizado previamente entorchados para ensunchar el encofrado y apuntalamiento entre sus caras, dicho encofrado debe ser de 2.4m de altura para evitar que en el momento del hormigonado el material se disgregue.

Las superficies del encofrado deben estar limpias de material suelto o flojo, polvo, barro o cualquier otra materia como se muestra en la figura N° 59. Esta limpieza se realizó con chorros de agua y aire a presión, también se utilizó alambre (lustre) y cepillos de alambre para sacar los restos de hormigón.



Figura N° 59.- Encofrado en pozo, completamente libre de residuos de cualquier material

3.5 FUNDACION EN POZO

Una vez que se tiene encofrado toda la estructura, se procede a la fundación con hormigón premezclado de una resistencia de 210kg/cm².

El hormigón es una mezcla de cemento, agregado de tamaño nominal máximo de $\frac{3}{4}$ ”, arena, agua y un aditivo cuando sea necesario. Será conducido a través de un tubo por gravedad, el cual es baceado directamente del mixer del hormigón como se muestra en la figura N° 60.

Para el hormigonado de los pozos se utilizó el hormigón de la empresa Holcim, ya que mantiene estándares de calidad en los materiales y en los tiempos de entrega.



Figura N° 60.- Mixer de hormigón premezclado Holcim

Para el hormigonado de los pozos se procedió a colocar el aditivo de SIKAMEN N-100 el cual trabaja como un fluidificante del hormigón ya que por la cantidad de acero y el espesor de la pared del pozo (0.25m) fue dificultoso el vibrado del elemento, este aditivo se lo utilizó con el fin de evitar que se formen coqueas en las paredes, adicionalmente se golpeaba los tableros del encofrado con mazos de goma para evitar dichas coqueas.

Este aditivo se mezcla con el hormigón en la tolva del mixer durante unos diez minutos, su modo de uso es la colocación de un litro de aditivo por cada metro cúbico, con lo que el hormigón aumenta su asentamiento haciéndolo mas fluido y manteniendo su resistencia sin alterarla.



Figura N° 61.- Vista superior de pozo revestido con hormigón premezclado

Una vez ya realizado el hormigonado de los tramos inferiores se procede con el desencofrado de las paredes y si hay alguna falla por mal vibrado se resanó al siguiente día las paredes del pozo para que el curado del mismo no sea muy tarde tal como se muestra en la figura N° 61.

Cuando en el proceso constructivo se suscitaron eventos inesperados como el desprendimiento de materiales en el borde del pozo, se procedió a hormigonar inmediatamente la parte derrumbada tras del entibado del pozo conforme a lo acordado con la Fiscalización.



Figura N° 62.- Vista de pozo y brocal superior

Una vez ya realizado en hormigonado de todos los tramos del pozo se culminó con la fundación del brocal en la corona del pozo, el cual permitió una mejor trabajabilidad de las paredes del pozo para un mejor sostenimiento de la estructura debido a su esbeltez tal como se muestra en la figura N° 62.

El acceso al pozo dispondrá de estribos o peldaños formados con varillas de hierro de 16 mm de diámetro, con recorte de aleta en las extremidades para empotrarse, en una longitud de 20 cm y colocados a 40 cm de espaciamiento; los peldaños fueron debidamente empotrados y asegurados formando un saliente de 15 cm por 30 cm de ancho.

3.6 SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN EN TÚNEL

El método de construcción del túnel requiere de un conjunto de medios técnicos y administrativos para resolver los problemas que se presentan durante el procedimiento de excavación como: el suministro y transporte de: equipos, materiales, mano de obra, protecciones, drenaje, transporte de material excavado, iluminación, ventilación y más actividades necesarias para la ejecución de las obras subterráneas.

Además las excavaciones subterráneas del túnel se realizaron según las líneas de túnel, pendientes, niveles y dimensiones como se indica en el anexo de planos lámina N° 11 y como lo ordene la Fiscalización si existieran cambios, previa evaluación de las condiciones geológicas o sociales del sitio. Cabe indicar que el área de excavación será exacta dependiendo de la calidad de los materiales encontrados durante la excavación del túnel.

El entibado continuo permanente de túnel, también dependió de las condiciones geológicas, ya que este tipo de trabajo garantizó la estabilidad temporal del túnel o galería.

Toda actividad dentro del túnel deberá contar con la aprobación de Fiscalización, previa aprobación de la metodología presentada por parte de la empresa constructora y si dicha metodología no fuese la más idónea se deberá implementar otra según las condiciones del suelo.

3.6.1 MÉTODO DE EXCAVACIÓN EN TÚNEL.

Durante la excavación en túnel se presentaron varios estratos de material en la línea del proyecto, debido a su ubicación ya que gran parte está ubicada sobre la antigua quebrada Jerusalén, bajo la ubicación de edificaciones a lo largo de la avenida 24 de mayo y al lecho mismo de la quebrada, en la parte de inicio del proyecto con la antigua cantera de San Roque, en tal virtud el avance para la excavación del túnel se lo realizó de varias formas entre ellas la manual y mecánica entre otras, estos métodos dependen del tipo de material a excavar.

En el transcurso del desarrollo de este capítulo se describirá en que consiste cada uno de los métodos utilizados en la ejecución de la excavación de los diferentes frentes de trabajo y con los diferentes tipos de suelo que se han encontrado a lo largo del proyecto.

3.6.2 EXCAVACION EN ROCA

Para la excavación en este tipo de material se utilizó diversos métodos ya que la geología era muy heterogénea, en este capítulo se explicará las distintas alternativas de avance en este tipo de material así como también la generalidad de los explosivos.

- Explosivo: Sustancia o mezcla de sustancias que por liberación súbita de su energía produce una sobre presión en sus alrededores seguida de llama y ruido.
- Detonador: Accesorio de iniciación en forma de cápsula detonante que puede ser en serie de micro retardos (20 a 30 ms), largo periodo (0.5 seg) o instantáneos
- Cebo: Carga de explosivo de alta potencia y sensibilidad en la que se sitúa el iniciador y que sirve para aumentar el rendimiento de otros explosivos.
- Agente explosivo: Mezcla de sustancias combustibles y oxidantes que no son intrínsecamente explosivas por separado.
- Dinamita: explosivo inventado por Alfred Nóbél, se considera cualquier explosivo en el que el sensibilizante es la nitroglicerina
- Barreno: Hueco cilíndrico practicado en la roca para alojar explosivo.
- Broca: Util de perforación que transmite la energía a la roca para su destrucción.
- Voladura: Fragmentación de la roca y otros materiales sólidos mediante explosivos confinados en barrenos.

- Mecha Lenta: Es un accesorio para explosivo constituido por un núcleo de pólvora negra y recubierto por capas de hilo, papel alquitrán y PVC que permiten conducir la combustión de la pólvora de un extremo al otro. Sirve para iniciar la detonación de la cápsula detonante y ésta a su vez la detonación de un explosivo primario.

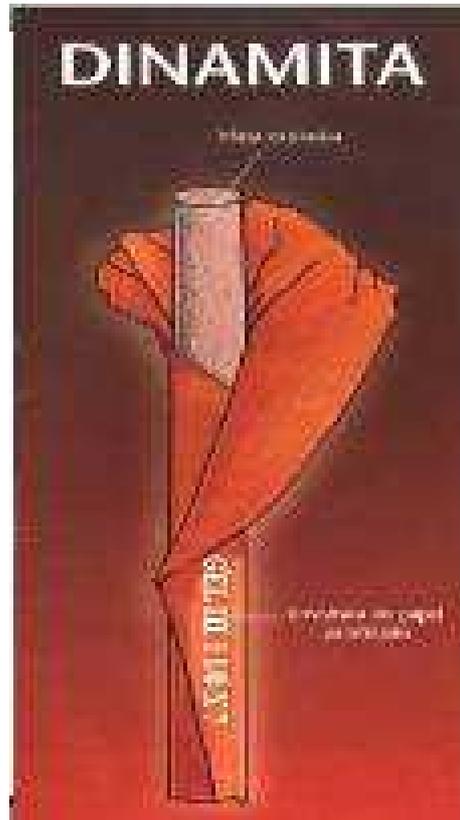


Figura N° 63.- Ilustración de taco de dinamita

3.6.2.1 Frente PVM4' hacia PVM5' y PVM4' hacia PVM3'

La excavación en este tipo de material se lo realizó en el frente del pozo PVM4' aguas abajo y aguas arriba.

- Excavación del túnel por perforación y voladura.- El uso de herramientas neumáticas apoyadas con herramientas manuales o con equipo de perforación neumático se consigue la eliminación de sobre espesores así como la eliminación del efecto de figuración periférica, debido a las explosiones y finalmente se logra un ahorro de tiempo y mano de obra la adopción de este sistema de avance continuo depende de parámetros de

carácter técnico que deben ser tomados en cuenta como por ejemplo: dureza de la roca, homogeneidad de las características estructurales de la roca, posibilidades de organización de la obra. Y para el caso de la presencia de roca se implementaron barrenos de perforación y explosivos en forma controlada y bajo estricto control de seguridad, acorde con el diagrama de voladuras. El perfilado de las secciones rocosas se lo realizó con accesorios complementarios al equipo mecánico de excavación, como martillos perforadores y pie de avance, rompedores, compresor.

Al emplear el sistema de perforación-voladura y limpieza de escombros, el avance del frontón de ataque se logra con un trabajo cíclico. La velocidad de avance, está en relación con las características de oposición que ofrezca el macizo rocoso, la implementación y acondicionamiento de los equipos que se utilizó, la destreza y experiencia de la cuadrilla de trabajadores, y, por último, las condiciones de seguridad o instalaciones que se instalen para que el logro del avance sea el esperado. Para realizar esta excavación se puede hacer por varios métodos de avance expuestos a continuación los mismos que serán utilizados según las características que la excavación presente:

a) Método-de Avance a Sección Plena (Full-Face).-

Se empleó una voladura por cada ciclo o vuelta, rompiendo la roca en cortos tramos y por toda el área transversal del túnel. Este método se lo utilizó donde los tramos de la roca se encontraba en la excavación no ofrece dificultades al desarrollo normal del avance.

b) Método de Avance Parcial de Corona y Banqueo (Top heading).-

Este método se utilizó cuando se encontró en la excavación del túnel, roca suelta o débil, donde es necesario tener un buen sistema de sostenimiento.

Por lo cual se procedió a excavar primero la corona por todo el ancho de la sección del túnel, seguidamente se continúa con la remoción de la zona inferior

del túnel perforando con taladros verticales u horizontales según convenga; el consumo de explosivos es relativamente más bajo que en el método anterior.

c) Método del Túnel Piloto.-

Se perfora un pequeño túnel a lo largo del eje tramo de túnel propuesto, manteniendo un frente de avance a una distancia conveniente del frente del túnel principal; en túneles cortos se perfora el piloto de portal a portal, para luego efectuar la ampliación.

El uso del túnel piloto nos permitirá una exploración geológica a lo largo de toda la longitud del túnel propuesto, a fin de eliminar las dudas en la excavación del túnel principal. Igualmente permitirá efectuar una instrumentación conveniente; aunque el empleo del túnel piloto representaría un costo adicional, nos otorgaría seguridad y una valiosa información que influirá en el avance.

3.6.2.2 Perforación

Se debe considerar que la perforación y voladura forman un conjunto. El taladro perforador correctamente no sirve de nada, si en la fase de voladura éste se carga con explosivos de potencia y cantidad equivocadas.

Lo mismo sucede cuando, empleando el mejor explosivo con esmero y cuidado para su dimensionamiento de potencia, el taladro en su profundidad, paralelismo y densidad no ha sido perforado correctamente. Entonces es necesario definir que las observaciones y cálculos efectuados solamente tienen sentido comprobando que la perforación de los taladros sea correcta en su distribución, longitud, diámetro, dirección y cuidando sean cargados con el explosivo necesario. De esta forma se asegura que en la detonación de cada taladro se cumpla con el avance máximo planeado.

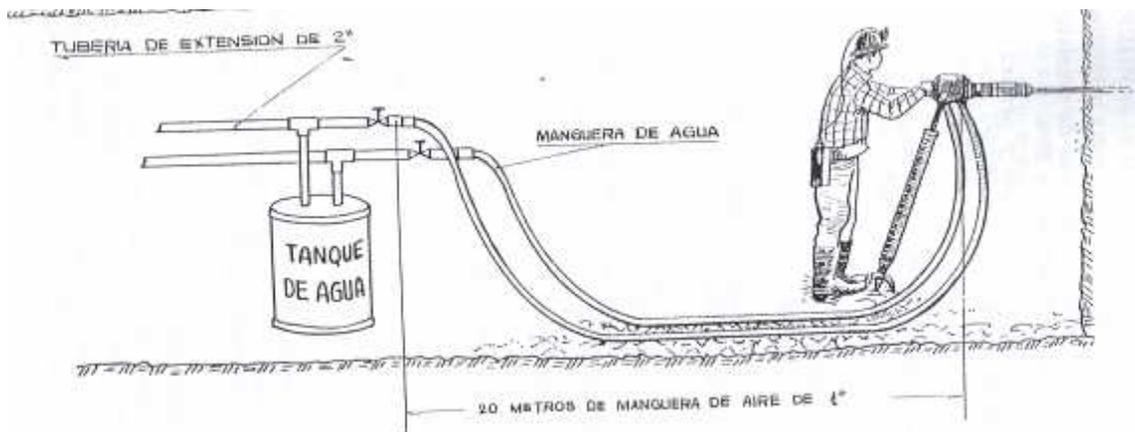


Gráfico N° 7.- Perforación con pie de avance en frontón de roca.

3.6.2.3 Geomecánica

Para el diseño de una voladura, el tipo de roca es, probablemente, el factor más influyente, así como su estructura, dureza y fracturación ya que de el análisis y estudio de este factor resultan valores específicos que nos permiten conocer la cantidad de explosivos requerido en dicha voladura. Tomando en cuenta que las rocas plásticas son más dificultosas a la rotura que las rocas quebradizas.

Con referencia a la teoría del efecto de la voladura dentro del taladro, la presión de detonación representa aproximadamente un 10% de la fuerza y tiene por función fracturar los cuerpos duros y homogéneos de roca, es decir, producir fisuras dentro de las cuales la presión de gases, que representa el 90% restante, pueda desarrollar su fuerza expansiva a plenitud para fragmentar la roca.

En voladuras de rocas plásticas es inconveniente el empleo de explosivos con alta brisancia, pues conduce al aprovechamiento inadecuado de energía. En trabajos de voladura del túnel, las tensiones de las rocas más fuertes se producen en el fondo del taladro, debiendo darse inicio a la voladura en esta zona introduciendo el cartucho iniciador al taladro y colocando el fondo del fulminante en dirección al golpe de detonación.

3.6.2.4 Perforabilidad

La perforabilidad de una roca depende, sobre todo, de la dureza de los minerales componentes y del tamaño de granos de los mismos.

Perforabilidad = dureza + tamaño de grano + abrasividad.

3.6.2.5 Resistencia a la Compresión

La resistencia compresiva de una roca es la capacidad que tiene ésta para resistir una carga estática aplicada sobre ella, hasta que la misma se quiebre. Esta magnitud es usada para medir la perforación de las rocas.

3.6.2.6 Avance de excavación

Una vez que se tiene el frontón de excavación, luego de haber llegado con la excavación del pozo, se diseña el diagrama de tiro o voladura una vez tomado en cuenta todos los aspectos anteriormente descritos como se muestra en la figura N° 64



Figura N° 64.- Malla de voladura con tecneles y cordón detonante

Para la sección del túnel de 12.96 m² se adopta el número de 45 perforaciones, luego para la concentración y la potencia de cargas de fondo y de columna, pueden calcularse a partir de las consideraciones siguientes:

En la primera parte de la excavación del túnel existe la presencia de materiales los mismos que presentan una heterogeneidad muy particular, por la existencia de rocas volcánicas tipo andesita, con varios sistemas de diaclasas (fracturas) formando varios cuerpos de roca en bloques y entre estas fracturas existe material arcilloso que lubrica los mismos, facilitando su escurrimiento y desprendimiento

Ante esta complejidad y de acuerdo con la Fiscalización se procedió a excavar en etapas. Inicialmente se lo hizo en la parte de la clave constituida por los materiales granulares, saturados y que corresponden a depósitos del paleo cauce ya indicado, se instaló la parte superior de la cercha y luego se procedió a remover la parte baja a nivel de paredes y piso mediante el uso de explosivos.

Se introduce en los barrenados una carga de fondo concentrada hasta un tercio de su profundidad total, tomando en cuenta los sitios de perforación del diagrama se deben tener en la parte central perforaciones del cuele y contracuele que son los que permitirán que en el momento de la voladura tenga un espacio para que pueda trabajar de mejor forma los explosivos.

La distancia del barreno a la cara libre (piedra), no debe ser mayor que la $(\text{profundidad del barreno} - 0.40)/2$. El espaciamiento de los barrenos puede calcularse a partir de la carga específica necesaria en la zona de fondo. Para iniciar se adoptara la carga mínima y la profundidad de 1.20 m.

Se colocó una densidad de carga inferior a 1 Kg/m³ como inicio, para evitar que el perímetro de la excavación sea afectado por exceso de desprendimientos, se colocan las cargas en cada una de las perforaciones, se carga 300 gramos de taco de dinamita es decir un taco y medio. Cada taco de Explogell III tiene un peso de 200 gramos, simultáneamente se realizan pequeñas perforaciones en el

taco de dinamita para introducir la mecha lenta que es la que conduce la combustión de la pólvora de un lado a otro, posteriormente se rellena o se taquea con cartón o periódico las perforaciones, la longitud de la mecha lenta será de tal distancia que permita al personal salir del sitio de voladura.



Gráfico N° 8. Preparación de taco de dinamita con fulminante y mecha lenta

Luego de realizar la voladura enseguida se enciende el ventilador eléctrico de 5 hp para que evacue los gases que resultan de la voladura, luego de que han transcurrido por lo menos dos horas el personal puede ingresar, esto con el fin de salvaguardar la integridad física del personal.

Una vez despejado el aire contaminado se procede con el rezague del material, para lo cual se utilizó los martillos rompedores, se realizó el desalojo horizontal con los buguis metálicos y el ciclo se completó con el desalojo vertical del material excavado.

ACTIVIDADES	
Numero de perforaciones	45,00
Profundidad (m)	1,80 – 0.80
Avance por disparo (m)	1,70 - 0.70
Perforación (minutos)	120,00
Carga y disparo (minutos)	60,00
Ventilación (minutos)	30,00
Rezague de material	240,00
Sostenimiento y Entibado	90,00
Otros trabajos	60,00
DURACION DEL CICLO	690.00
(MINUTOS)	

Tabla 5.- Cuadro de tiempos para ciclo de excavación en roca

3.6.2.7 Sostenimiento en túnel de roca

De forma inmediata, luego de haber realizado la voladura se procede a la colocación de la cercha de sostenimiento de perfil IPN-120, esta actividad es importante puesto que el perfil brinda un soporte para evitar cualquier tipo de eventualidades que se podrían lamentar, como el desprendimiento de material o que colapse la clave del túnel, tal como se aprecia en la figura N° 65

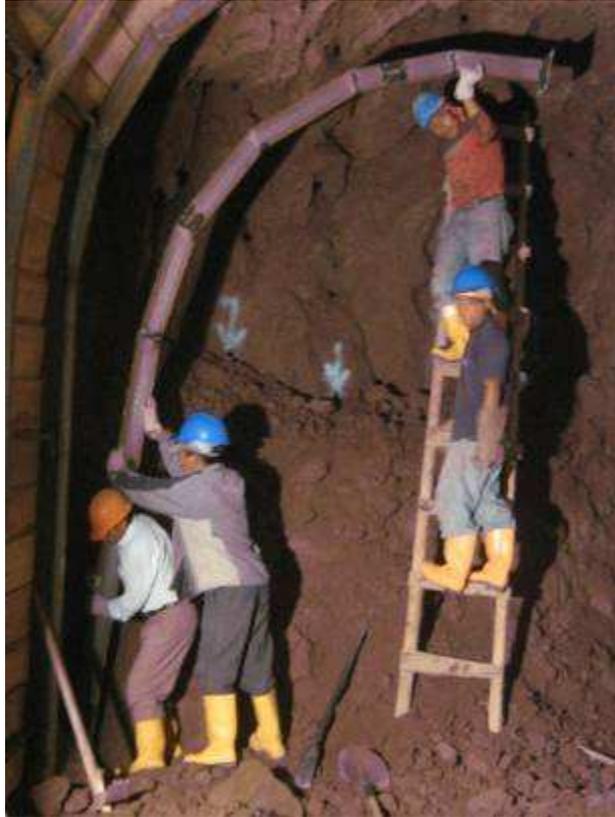


Figura N° 65.- Colocación del marco de cercha

Cabe destacar que en el instante que se colocó la cercha se tuvo mucho cuidado en su colocación, puesto que se deben tomar en cuenta tres cosas importantes como son:

- El alineamiento del túnel,
- El nivel respectivo,
- La ubicación exacta del perfil, manteniendo la sección del túnel.

Por el peligro de los desprendimientos de bloques en la clave del túnel se colocó varillas de 25 mm. En perforaciones sub.horizontales distribuidas en la periferia de la parte superior de la clave, para luego realizar la voladura.

Este procedimiento surtió efecto hasta antes de que apareciera en la clave del túnel el contacto con materiales granulares sobre la bóveda del túnel y además sirva como paraguas y este permita mantener la seguridad del personal

para que puedan avanzar con tranquilidad sin el temor que algún material vaya a desprenderse de la bóveda del túnel y pueda lesionar a los trabajadores.

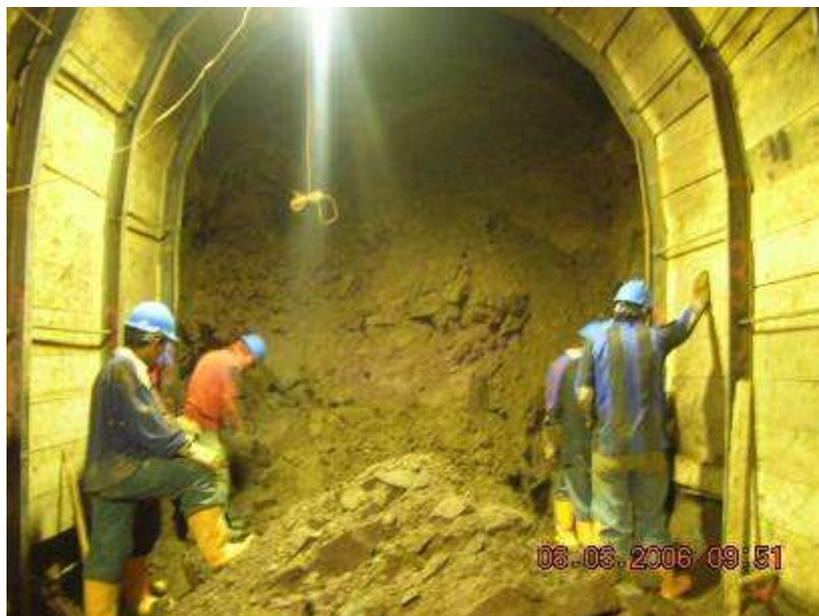


Figura N° 66.- Colocación de cercha IPN-120 al frontón del túnel

3.6.2.8 Entibado en túnel de roca

El entibado fue la actividad que se realizó para garantizar la estabilidad temporal del túnel mediante la colocación de tabloncillos de madera u otros elementos que cumplan con lo indicado, estos elementos fueron colocados en lugares exclusivos previos a la evaluación de las condiciones geológicas del sitio.

Para el caso del proyecto se utilizó un entibado continuo en el túnel debido a las condiciones heterogéneas del material, se colocaron tabloncillos de eucalipto ya que por su dureza permitió una estabilidad dentro del túnel, evitando que se rompiera el madero por la presión que ejerce la roca en la clave del túnel y cuando el material que se encontraba sobre los astilleros y la bóveda se procedió a soldar placas metálicas para un mejor entibado.

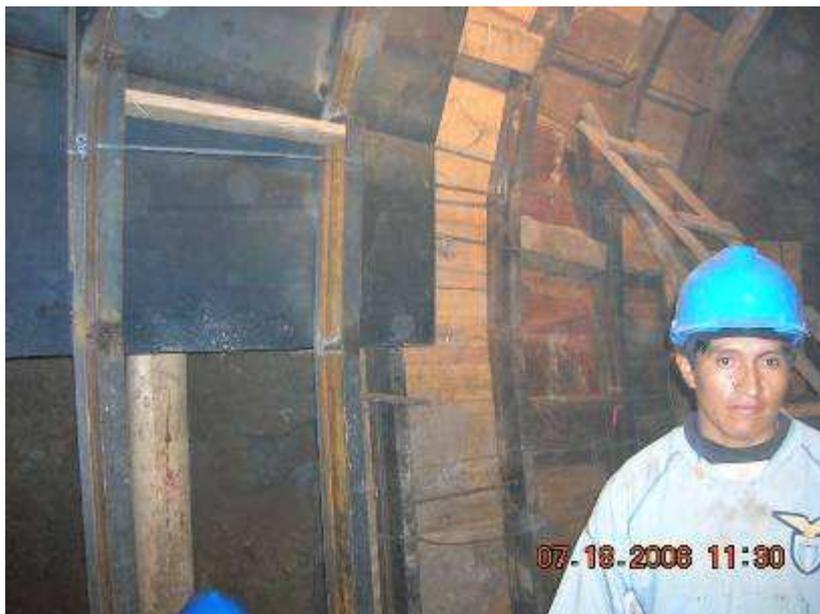


Figura N° 67.- Entibado continuo en túnel de roca.

3.6.3 EXCAVACION EN ARENA

El trabajo de excavación en el tramo del pozo PVM5' hacia el PVM6' aguas abajo y del PVM5' hacia el PVM4' aguas arriba constituyó un serio problema, debido a que el material encontrado en este sector fue arena suelta que no presentan cohesión así como materiales granulares finos distribuidos en capas de limos que corresponden a depósitos de acarreo y sedimentación en el paleo cauce de la quebrada Jerusalén, el problema se presenta principalmente porque la arena se disgrega con mucha facilidad.

Para conocer el material con mayor exactitud el contratista encargo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, la cual realizó los ensayos de clasificación de materiales. (Ver anexo de ensayo de clasificación de materiales)

3.6.3.1 Frente PVM5' hacia PVM6' y PVM5' hacia PVM4'

Este proceso de excavación en este tramo exigió un extremo cuidado e implementación de medidas de alta seguridad los procedimientos de excavación y sostenimiento que fueron extremadamente demorado, por las exigencia que la

protección tanto para el personal como para el túnel y que por lo tanto, se necesitó la implementación de acciones constructivas especiales que no fueron considerados en la información indicada en los planos con la realidad de la distribución del depósito de arena.

Para precautelar la integridad de los trabajadores una de las actividades que se realizaron fue mantener siempre un tramo de arena sin excavar, en el centro del frontón de excavación esto se lo realizó con el fin de mantener un apoyo en forma de talud que no permitió que el frontón se venga encima y colapse la excavación.

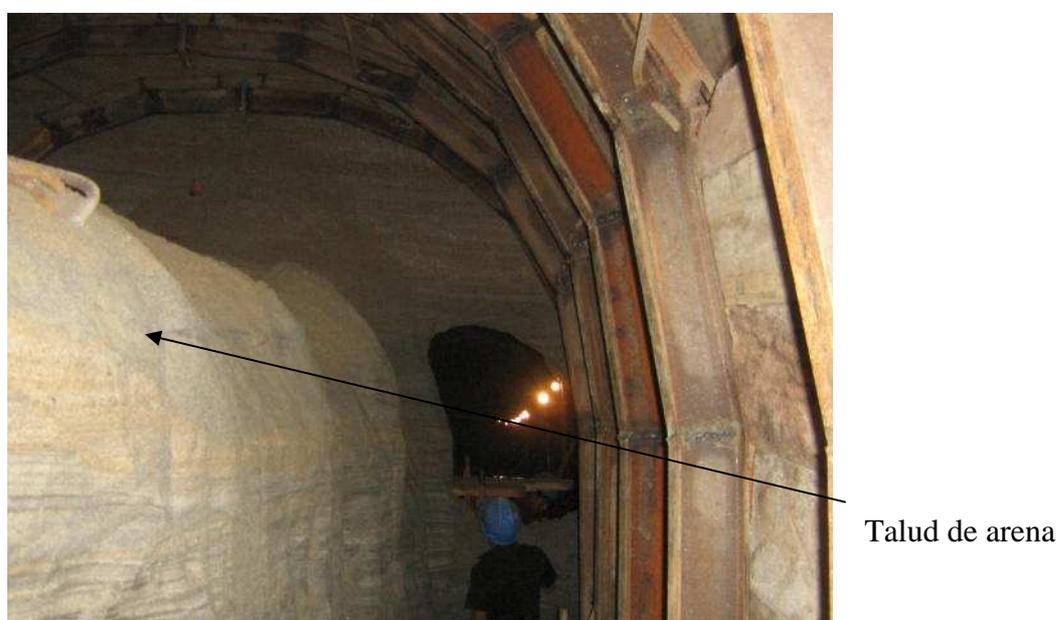


Figura N° 68.- Unión entre frentes de excavación PVM5' aguas abajo y PVM6' aguas arriba

Para la excavación de estos tramos de túnel tanto aguas arriba como aguas abajo fue necesaria la inserción sobre la clave del túnel de agujas ó láminas de 4 mm. de espesor, con 25 cm. de ancho y 1.20 metros de largo, dobladas en forma de omega, este método se lo realizó para retener desprendimientos y facilitar la colocación del sostenimiento con marcos metálicos y su respectivo entibado, para ello se soldó una plancha metálica por la parte baja para cellar los espacios entre las láminas tipo agujas en caso de que estas se hayan desviado. Este procedimiento se debe realizar en forma continua, debido a la falta de cohesión de la arena, ya que ello ocasiona grandes desprendimientos,

generando orados que han sido rellenos con sacos que contiene la misma arena incluso con el uso de tanques metálicos vacíos, de 60 galones, los cuales sirven temporalmente ya que después se colocaron tuberías en la parte superior de la bóveda para realizar inyecciones de lechada de cemento después de haber hormigonado la bóveda, esto se hizo para llenar los vacíos que pudieron haber quedado para que exista un confinamiento entre el entibado y la sección misma de excavación del túnel y la parte superior de la chimenea.

3.6.3.2 Sostenimiento en túnel de arena

En este tramo de arena sin cohesión se procedió a utilizar cerchas IPN-120 y celosías estructurales, según las especificaciones técnicas del proyecto, por el hecho de encontrarse la línea del túnel en un manto de arena y sobre el túnel casas, existiendo una cobertura o potencia de 12 metros se procedió a colocar sobre el marco de los perfiles y las celosías un varilla de diámetro de 16 mm. La que sirvió como oreja y tiene un espaciamiento de seis centímetros entre el marco y la varilla, esto con el fin de que en el momento que se colocó el entibado exista una separación para poder colocar las agujas metálicas e ir hincándolas en el frontón de arena, las agujas metálicas tienen un espesor de 20 cm. Y un longitud de 1.20 m. en forma de lanza, las cuales son hincadas a base de golpes para ir introduciéndolas, se las colocan en toda la sección de la clave, esto trabaja como paraguas tipo marcha avanti, para estabilizar la parte superior de la bóveda y evitar desprendimientos de material que pueden caer sobre los trabajadores, como se puede visualizar en el siguiente grafico N°9.

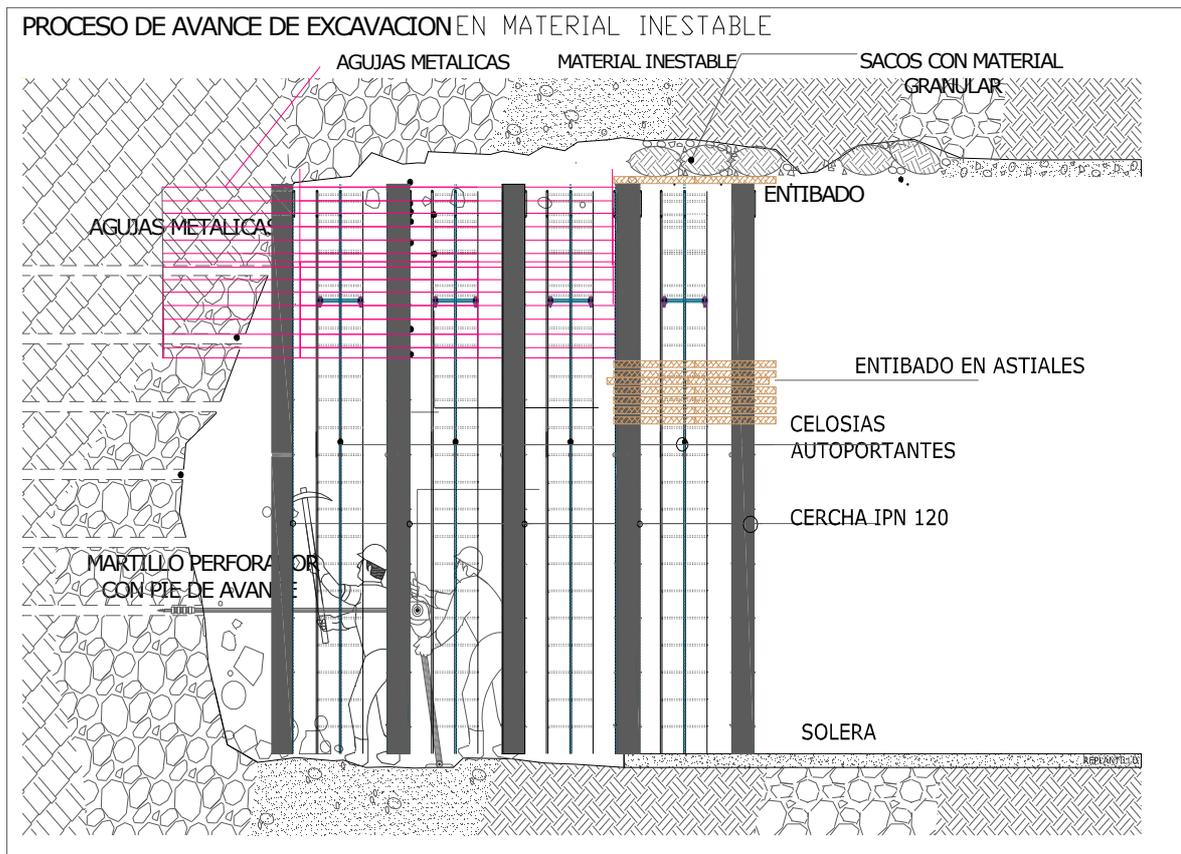


Grafico N° 9- Esquema de avance en túnel con material arenoso inestable

3.6.3.2.1 Chimeneas u Orados

Este fenómeno se produce cuando el material es inestable o tiene poca cohesión, se origina sobre la clave del túnel o en las partes laterales de los astiales, una chimenea es una parte hueca que puede llegar a tener altas alturas e inclusive salir a la superficie, ocasionando hundimientos en la calzada así como también asentamientos diferenciales en estructuras de edificaciones.

Estos derrumbes se conocen como desprendimientos geológicos que se suscitan inesperadamente y deben ser controlados inmediatamente.

Las chimeneas pueden ocurrir por las siguientes causas:

- Poca cohesión del material.

- No haber usado un método de sostenimiento sobre la bóveda del túnel.
- Falta de conocimiento del personal que labora.
- No pronta colocación de cercha o celosía.

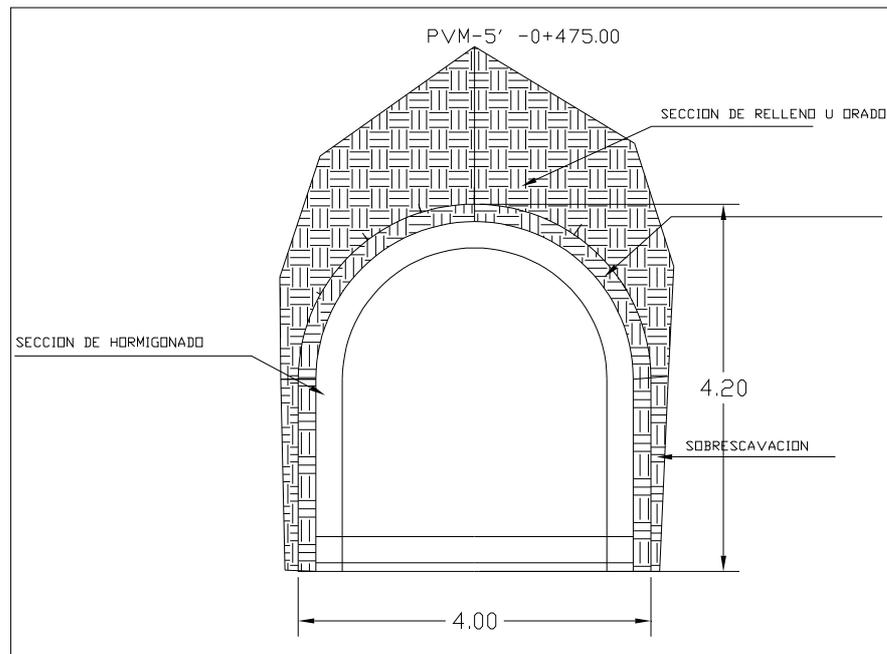


Grafico N° 10.- Sección de sobre excavación producido por desprendimiento geológico de material

En el caso de que se produjera un desprendimiento, antes de continuar con la excavación se debe proceder a rellenar la parte hueca con sacos de yute que contengan el mismo material de excavación y en cantidades no mayores a 25 kg. Que es lo que puede levantar una persona desde la parte inferior hasta la bóveda del túnel.



Figura N° 69.- Chimenea producida en frente de excavación PVM5' hacia el PVM4' aguas arriba

Fue importante dejar colocada tuberías de PVC. de un diámetro de 2" para en lo posterior realizar inyecciones con lechada de cemento, es para confinar mejor y que disminuya en su totalidad la relación de vacíos que existe entre los sacos de yute.

3.6.3.3 Entibado en túnel de arena

El tipo de material que se utilizó para entibar este tramo de excavación en arena fue madera colorada, la misma que fue idónea por las condiciones geológicas del material, se colocaron en longitudes entre 0.60 hasta 1.00m según las condiciones del suelo.

Adicionalmente se colocó un traslape entre cada tablón de 10 cm. Ya que en la excavación en arena no se tenía mayor tiempo para colocarlas consecutivamente, es decir besadas cada cara.

Esto se adoptó siempre y cuando el material de arena tenía un poco de cohesión, no así en el caso que la arena fue totalmente deleznable, fue en ese caso que se utilizó las agujas metálicas sobre el perímetro de la bóveda para evitar el deslizamiento del material.

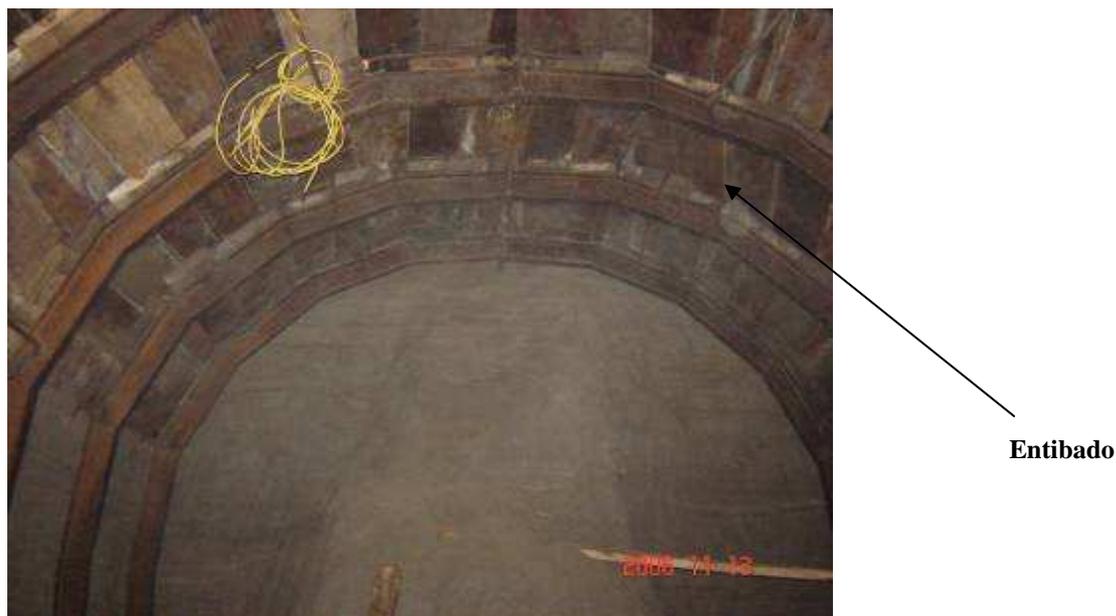


Figura N° 70.- Entibado continuo en tramo de arena

3.6.4 EXCAVACION EN CONSOLIDADO

La geología encontrada en este tramo de excavación en el inicio correspondía a una cangahua, material que presentó un consistencia homogénea en su frontón, lo cual permitió realizar un avance de excavación normal y apropiado con un rendimiento de 2.50 ml de excavación en túnel por jornada, es decir dos turnos uno en la noche y otro en el día, se desalojaba aproximadamente 32 m3., de material.

3.6.4.1 Excavación en túnel PVM6' a PVM5'

Este frente de excavación inicia en la abscisa 0+696.70, la cual estuvo ubicada como el eje en este punto, desde donde se partió avanzando tanto aguas abajo como aguas arriba, del PVM6' hacia PVM5' y PVM6' hacia PVM7 respectivamente, la homogeneidad del material para ambos frentes fue el mismo entre las abscisas 0+696.70 – 0+540.50 aguas arriba, el material corresponde a flujos de lodo y piedras bajados desde las laderas en forma de avalanchas a partir de la abscisa 0+000 hacia la 0+540.50. Adicionalmente se presentaron rocas en forma de bloques dentro de la matriz de cangahua.



Figura N° 71.- Bloque de roca encontrado en la matriz de cangahua.

Los materiales excavados en el primer sector, antes del contacto con el depósito de arena, comprendido entre las abscisa 0+676,70 y 0+59175, se visualizan en la siguiente figura.



Figura N° 72.- Rocas en bloques en excavación PVM6' aguas arriba.

En este tramo los materiales presentaron una heterogeneidad muy particular, por la existencia de rocas volcánicas tipo andesita, con varios sistemas de diaclasas (fracturas) formando varios cuerpos de roca en bloques y entre estas fracturas existe material arcilloso que lubrica los mismos, facilitando su escurrimiento y desprendimiento.

3.6.4.2 Excavación en túnel PVM6' a PVM7

En el avance aguas abajo desde la abscisa 0+696.70 hacia la 0+708.70 se encontró cangahua consolidada y a partir de esta abscisa hacia la abscisa 0+765.00 se encontró grandes bloques de roca.



Figura N° 73.- Rotura de bloques de roca con rompedores eléctricos



Figura N° 74.- Frontón de excavación con deposito de rocas en cangahua.

3.6.5 CONTROL EN AVANCE EN EXCAVACIÓN DE TÚNEL

Toda excavación que fue realizada en el túnel contó con un control de s avance diario para cada turno y frente de trabajo, este registro permitirá llevar un control tanto para la empresa constructora como para Fiscalización del avance que se va teniendo y de esta manera poder cumplir con el plazo establecido en el contrato.

A continuación se detallan los puntos del registro a llevar:

- Localización al iniciar cada ciclo de excavación.
- Localización al finalizar cada ciclo de excavación (avance)
- Sistema de excavación incluyendo el equipo que fue necesario para los avances.
- Cantidad de concreto utilizado como soporte temporal en los frentes por metro lineal de obra subterránea.
- Numero, longitud, localización y tipo de perno de anclajes instalados.
- Numero, localización y tipo de soporte de Acero estructural instalados.

- Metros cuadrados de malla electro soldada indicando la abscisa y zonas horarias.
- Número y clasificación de personal y equipo empleado en cada excavación.
- Infiltración subterránea de agua.
- Clasificación de tipos de terreno.
- Tipo y cantidad de explosivos para cada voladura en caso de que sea necesario.
- Eventos inusitados.



BIGDIG S.A. & ASOCIADOS
PROYECTO: NUEVO COLECTOR 24 DE MAYO
GRUPO 11

INFORME DIARIO DE ACTIVIDADES

TURNO	
DIA	X
NOCHE	X

FECHA: _____

UBICACIÓN: PVM4' SUPERVISOR: _____**1. EXCAVACION**

	METODO	TIPO DE MATERIA	ABSCISAS		AVANCE ML	ACUMULADO ML	DE	A	HORAS
			INICIAL	FINAL					
1.1									
1.2									
1.3									

2. HORMIGON LANZADO

	CAPA	VIA	ABSCISAS		MALLA ELECTROSOLDADA	VOLUMEN M3	DE	A	HORAS
			INICIAL	FINAL					
2.1									
2.2									
2.3									

3. SOPORTE METALICO

	TIPO	CANTIDAD	ABSCISAS		ESPACIAMIENTO m	PESO	DE	A	HORAS
			INICIAL	FINAL					
3.1									
3.2									
3.3									

4. MALLA ELECTROSOLDADA

	TIPO DE MALLA	ABSCISAS		PESO Kg	AREA	DE	A	HORAS
		INICIAL	FINAL					
4.1								
4.2								
4.3								

5. PERNOS PARA ANCLAJE

	CANTIDAD	UBICACION		TIPO DE PERNO	LECHADA DE CEMENTO		DE	A	HORAS
		ABSCISA	FILA N°		CEMENTO	ARENA			
5.1									
5.2									
5.3									

6. OTRAS ACTIVIDADES

							DE	A	HORAS
6.1									
6.2									

Tabla 6.- Formato de control de avance diario en túnel (anverso)

3.7 REZAGA DE MATERIAL

Esta actividad consistió en desalojar el material producto de la excavación, ya sea esta de material rocoso, consolidado (cangahua) y arenoso, consiste en cargar el material en carretillas, buguis o mediante de un bobcat cargador realizar el acarreo horizontal y posteriormente al desalojo vertical.

Se necesitó de un maquinistas, quien fue la persona encargada del manejo y operación de los equipos y maquinarias para el desalojo vertical, también un operador de la mini cargadora dentro del túnel y otro en la cargadora frontal carga el material a las volquetas los cuales fueron transportados a la antigua cantera de la quebrada Jerusalén sitio que fue designado por fiscalización como el lugar de acopio del material de desalojo producto de la excavación de los diferentes frentes de la obra.

3.7.1 DESALOJO HORIZONTAL

Para el desalojo horizontal en el interior del túnel se implementó equipos y maquinarias que se utilizaron individualmente y en conjunto

Para realizar el acarreo mecánico en el interior del túnel se utilizó equipos y herramientas, acordes al material de excavación, ya que con cada uno de ellos es importante realizar un análisis para tomar la decisión correcta para la utilización de los equipos y maquinarias.

- ✓ Mini cargadora Caterpillar.- Esta maquinaria se utilizó ya que el acarreo en grandes distancias, es decir mas de cincuenta metros justifica su uso ya que la cargadora una vez realizada la voladura procedió a cargar en el cucharón, mismo que tuvo las puntas para roca ya que si no lo tenía, el cucharón se hubiese deteriorado con mayor rapidez, fue necesario que cerca al frontón de excavación se realice un túnel piloto que permitió tener la cobertura para que la máquina pueda tener un radio de giro y pueda dar la vuelta una vez cargado, así se obtiene un mayor rendimiento ya que el

mayor inconveniente en la excavación de túneles es el desalojo horizontal y vertical.



Figura N° 75.- Bobcat (mini cargadora) previo al descenso al interior del túnel Pozo PVM4'

El ingreso de la mini excavadora se lo realizó por el Pozo PVM4', cuyas dimensiones de excavación son: 2.50 metros de ancho por 5.40 metros de largo.



Figura N° 76.- Mini cargadora realizando rezague horizontal de material al interior del túnel.

- ✓ Buguis o carros de carga.- Estas herramientas fueron utilizadas para la carga de material y acarreo horizontal del material, uno de los inconvenientes que se presentaron fue que su capacidad de carga no era alta y debió ser empujado por tres personas, mas sin embargo se optó también por colocar un motor con cable, el mismo que es enganchado al bugui y en el momento que empieza a trabajar tira del bugui horizontalmente para el acarreo.

- ✓ Carretillas metálicas.- es otra opción para realizar el acarreo horizontal, pero no aconsejable por los tiempos de trabajo, si bien es cierto cumple con el acarreo pero su rendimiento es bajo cuando el material es rocoso. No así con el material consolidado y arenoso, en el cual brindó excelentes rendimientos con lo que se logró ejecutar el desalojo horizontal con normalidad.

3.7.2 DESALOJO VERTICAL

Para esta actividad fue importante tomar en cuenta el tipo de material a desalojar y la capacidad de carga, ya que no servirá de mucho tener un equipo de alto volumen de desalojo si el rendimiento de excavación es lento, en este caso podría pasar la maquinaria parada la mayor parte del tiempo.

A continuación se presenta varias alternativas para realizar este trabajo.

a.-) Grúas.- Esta maquinaria tiene la capacidad de bajar 70m de profundidad, la capacidad de carga es aproximadamente ocho toneladas que pueden ser cargados desde la parte inferior de excavación hasta el desalojo mismo de la volqueta.

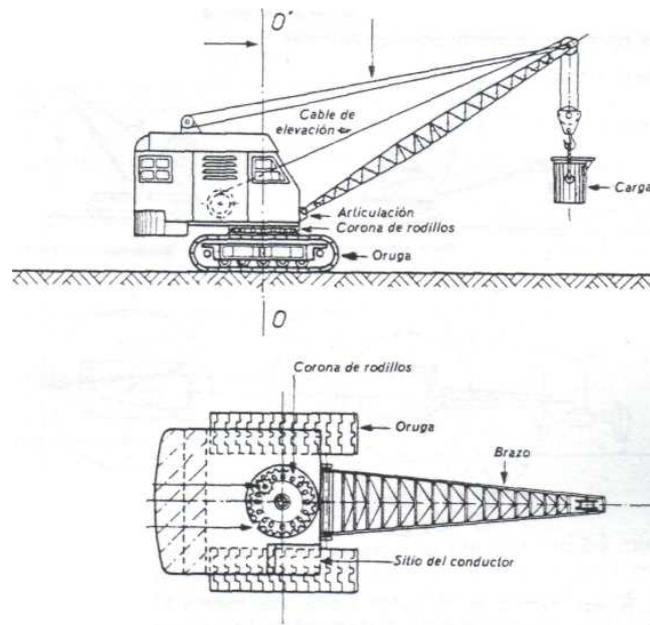


Gráfico N° 11.- Grúa de brazo para desalojo vertical

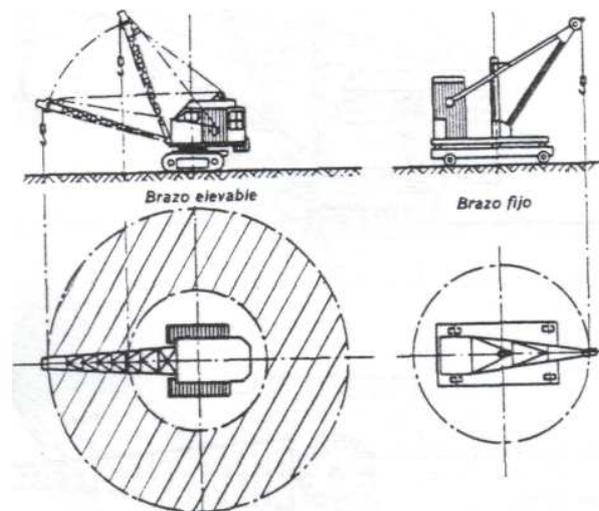


Gráfico N° 12.- Radios de giro y trabajo de la grúa

- ✓ Una de las ventajas es que permitió lograr ángulos de giro de 360° (rotación total).
- ✓ Normalmente una grúa es susceptible de cuatro movimientos:
 - Traslación;
 - Rotación (u orientación);
 - Elevación del brazo;
 - Elevación de la carga.

b.-) Elevadores electromecánicos de 800 Kg. de capacidad.- Su función primordial fue la de realizar el desalojo vertical del material excavado y acarreado horizontalmente dentro del túnel.

Puede realizar el desalojo de material con elevadores eléctricos, a gasolina, pero en cualquier caso se debe tomar en cuenta el tiempo que demora en subir el balde desde la cota mas baja hacia la superficie del pozo.

Se tuvieron elevadores de riel o de pluma, como se mencionó anteriormente, en los que se tomo en cuenta la capacidad de carga y la velocidad, pues no es aconsejable tener un elevador de alta capacidad si su tiempo de elevación del material y demasiado lento, entonces en esos casos se cambia el elevador a uno de pluma, estos elevadores son rápidos y de poca capacidad, pero si el tiempo de excavación y desalojo horizontal es rápido se necesita velocidad en el desalojo vertical, caso contrario puede acumularse demasiado material y entorpecer el desalojo vertical.

En las dos alternativas, los baldes se vaciaron hacia un stock de acumulación, instalado a un lado exterior del pozo y en lo posterior se cargará directamente a las volquetas para su transporte al sitio de desalojo autorizado por la Fiscalización, esto para evitar tiempos muertos en el momento de carga del material, entonces se acumula una buena cantidad y posteriormente se procede a la carga transporte y volteo del material.

Cabe destacar que los tiempos de trabajo que se sacaron con los equipos nombrados con anterioridad fueron proporcionalmente al volumen desalojado vs tiempo.

3.8 VENTILACIÓN

La cantidad de aire fresco que se proporcionó en cada frente de trabajo fue de 10m³/min/trabajador a presión ambiente, tuvo como finalidad oxigenar el interior del túnel cuando se encuentra en funcionamiento la maquinaria y equipo

minero, mediante la filtración, dilución y extracción de CO₂ producido por la maquinaria.

Fue de vital importancia conocer y vigilar los gases que se producen durante el avance de la excavación del túnel, ya que variaciones por sobre las concentraciones normales, pueden derivar en desastrosas consecuencias.

Clasificación de los gases en los túneles

a) Gases esenciales: Indispensable para la vida del hombre

- Aire atmosférico
- Oxígeno.

b) Sofocantes: Se conocen también como desplazadores, estos producen ahogos y en altas concentraciones pueden producir la muerte.

c) Tóxicos o venenosos: Nocivos al organismo por su acción venenosa.

d) Explosivos o inflamables: En altas concentraciones forman mezclas explosivas con el aire.

- Metano: CH₄ (2% MAESTRA - 0.75% REVUELTA).
- Monóxido de carbono: CO (13 - 75%)

3.8.1 DEFICIENCIA DE OXIGENO (SOROCHE)

Cuando el porcentaje de O₂ baja por el consumo de maquinaria diesel, tronaduras, oxidación de la roca, etc. O bien cuando es desplazado por gases inertes como el nitrógeno, se produce una deficiencia del contenido de oxígeno en el aire, lo que se conoce como soroche y que es altamente peligroso para la vida.

Por tanto, no es aceptable, concentraciones de oxígeno inferiores al 19,5% de O₂, siendo este el límite inferior.

Efectos de la deficiencia de oxígeno:

CONTENIDO DE O ₂	EFEECTO
17%	Respiración rápida y profunda equivalente. a 2500 m.s.n.m.
15%	Vértigo, vahído, zumbido en oídos, aceleración de latidos
13%	Pérdida de conocimiento en exposición prolongada.
7%	Peligro de muerte (equivalente a 8800 m.s.n.m)
6%	Movimientos convulsivos, muerte.

Tabla 8.- Cuadro de efectos por disminución de oxígeno en el ser humano.

Es peligroso en ambientes que la atmósfera contenga menos de 18% de oxígeno.

3.8.2 CAUDAL DE AIRE REQUERIDO O NECESARIO POR CONCEPTOS DE GASES

El volumen de aire requerido fue variable durante todo el turno, los métodos o criterios existentes para calcular el caudal de aire relacionado con los problemas y operaciones que afectan al personal que trabaja en la mina, son:

3.8.2.1 Equipos de combustión interna.

El caudal de aire necesario por máquina debe ser especificado por el fabricante. Si no existiese tal especificación, el aire mínimo será de 2.83 metros cúbicos por minuto, por caballo de fuerza efectivo al freno, para máquinas en buenas condiciones de mantenimiento.

Observación: Por óptima que sea la ventilación del área bajo su control, siempre existirán sectores con problemas de aireación, especialmente en los

desarrollos, tanto verticales como horizontales, donde por lo general se producen la mayor cantidad de accidentes por intoxicación de gases y hasta muerte por deficiencia de oxígeno.



Figura N° 77.- Manga de ventilación de ingreso al túnel.

3.8.2.2 Control de polvos

Junto a los gases, son los polvos uno de los principales contaminantes que preocupan al encargado de controlar el ambiente de una mina.

El polvo de las minas es un conjunto de partículas que se encuentran presentes en el aire, paredes, techos, y pisos de las labores mineras. Cuando el polvo se encuentra en el aire, forma un sistema disperso llamado " AEROSOL".

El polvo puede permanecer en el aire durante largo tiempo, dependiendo de varios factores, entre los cuales están: tamaño, finura, forma, peso específico, velocidad del movimiento del aire, humedad y temperatura ambiental.

A continuación se presenta esquemas de ventilación que se utilizó para solucionar la ventilación en el túnel:

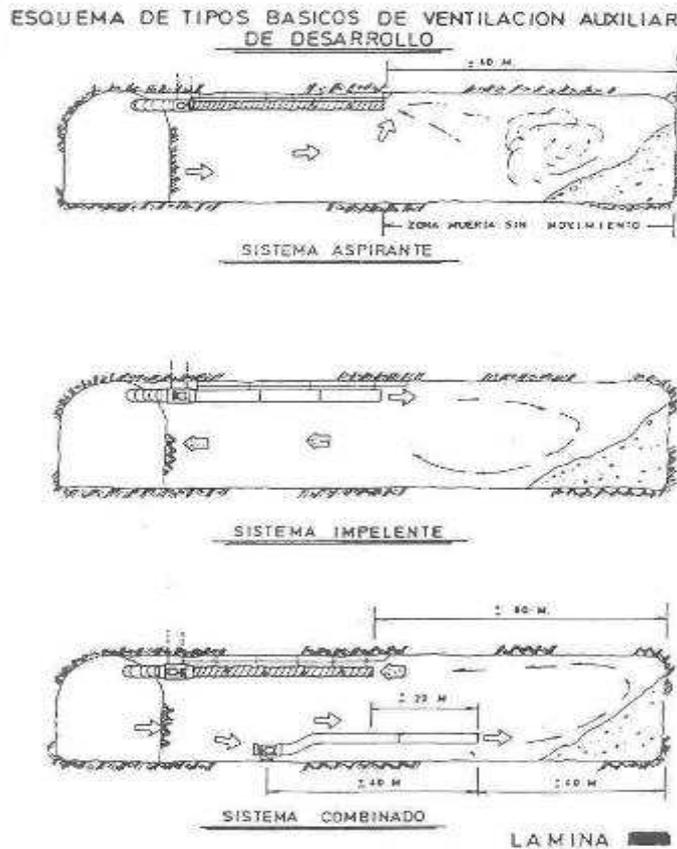


Gráfico N° 13.- Ciclo de Oxigenación al interior del túnel

Se suministró, instaló y operó con un sistema de ventilación suficiente, para asegurar que el aire en la excavación del túnel, no presente ningún riesgo para la salud de los trabajadores, ni peligro de explosión.

El sistema de ventilación propuesto incluye aparatos que suministrarán la cantidad de aire requerida según las especificaciones:

5 m³/minuto por cada persona que permanezca en la excavación, 3 m³/minuto por cada caballo de vapor de potencia de todas las máquinas de combustión interna que estén trabajando dentro de la excavación.

La capacidad requerida para producir una velocidad lineal promedio de aire de 30 m/minuto a través de cualquier sección normal al eje longitudinal de la excavación.

En ningún momento la concentración de gas metano sea superior al 1%.

Las lecturas para determinar el contenido de gases nocivos se ejecutarán por lo menos una vez por turno implementándose un registro completo de estas lecturas.

3.9 ILUMINACIÓN

La iluminación en el túnel tubo 100 luxes en las zonas de trabajo durante la excavación, la remoción de escombros, la limpieza y la instalación de soporte.

El alumbrado en todos los sectores de una excavación subterránea tubo un mínimo de intensidad de iluminación de 50 luxes.

Al frente de las excavaciones se colocaron reflectores de alta intensidad luminosa, esto se ubicaron en todos los frontones de avance de excavación, la alimentación fue suministrada por las líneas de tensión de la empresa eléctrica Quito por medio de medidores de luz, que estos se ubicaron en cada uno de los frentes de excavación.

3.10 SOSTENIMIENTO

Para la protección del personal y el sostenimiento del túnel se empleo dos tipos de sistemas:

- Marcos metálicos de soporte de perfil IPN-120
- Cerchas Celosía estructural

3.10.1 MARCOS DE PERFIL IPN-120

Este sistema se lo utilizó en la gran mayoría del túnel, puesto que brinda una mayor facilidad de colocación y rapidez, una vez realizada la excavación, la longitud de separación o espaciamiento entre cada marco dependía de la

estabilidad del material, siendo así su colocación a cada 1.20 – 0.80 – 0.60 – 0.40 metros.

El material de estos elementos y piezas estructurales de acero debió satisfacer la especificación ASTM – A36, el espaciamiento entre las cerchas metálicas será según las condiciones geológicas que se encuentre en la excavación. En las cerchas que resistan empujes laterales se emplearan perfiles ((vigas) de compresión en la solera.

En cuanto a las cerchas metálicas utilizadas como soportes permanentes, consistieron en perfiles estructurales poligonales o curvados en la forma apropiada, complementados por pernos, tuercas cuñas y más accesorios requeridos para ensamblar las cerchas metálicas, soportar y transmitir directamente las cargas.



Figura N° 78.- Sostenimiento con marcos metálicos de perfil IPN-120

Este sistema sigue el siguiente ciclo de trabajo:

Se colocó la cercha siguiendo las dimensiones y niveles acordes a las gradientes especificadas en los tramos de excavación de los planos, se colocaron

los tablonces de madera hasta cubrir completamente el área de excavación del túnel, adicionalmente se soldaron o se colocaron varillas de diámetro de 18 y 25 mm respectivamente, esto se realizó con la finalidad de arriostrar los marcos uno entre otro logrando que tengan mayor rigidez a lo largo del sostenimiento.

El ciclo se repitió sucesivamente, para cada distancia de avance según el tipo de material que se tiene en cada frente de excavación.

3.10.2 CERCHA CELOSIA ESTRUCTURAL

La colocación de este tipo de estructura de soporte se utilizó en los lugares que se necesitaba aumentar la seguridad y por ende el sostenimiento. Una de las ventajas que brinda este sistema es que es una cercha estructural autoportante, la cual fue implementada por parte del contratista, que permite se distribuya las cargas ejercidas en las partes laterales y en la cúpula o bóveda del túnel, esta celosía fueron ubicadas en los tramos mas críticos como en la excavación de arena sin cohesión y en el frente de roca que tenia un alto porcentaje de roca fisurada.



Figura N° 79.- Celosías estructurales en estratos inestables

3.11 REVESTIMIENTO

El revestimiento del túnel en toda su sección fue realizada en cuatro partes, las mismas que fueron ejecutadas de forma secuencial, teniendo las siguientes partes:

- conformación de gradas para el hormigonado de replantillo.
- Armado estructural de túnel.
- Encofrado y desencofrado de gradas y guías de pared.
- Hormigonado de solera o losa de fondo con arranque de pared.
- Encofrado y desencofrado de paredes o hastiales.
- Hormigonado de Paredes.
- Encofrado y desencofrado de bóveda de túnel.
- Hormigonado de bóveda o cúpula.

3.11.1 ARMADURA EN TÚNEL

El acero que se utilizó debió estar libre de impurezas y óxidos, el acero de refuerzo que se utilizó en este trabajo es de 4200 kg/cm² según lo requerido en las especificaciones técnicas.

Previo a revisión y chequeo de los planos estructurales se procedió a separar los hierros que van a ser utilizados, posteriormente se pasa a ejecutar los cortes del acero y consecuentemente a figurar los hierros según corresponda a las marcas establecidas en los planos.

Una vez realizado el corte y figurado del acero de refuerzo, se pasó a bajar los hierros hacia el sitio de colocación donde se requiere del material, como los aceros de refuerzo están separados según las marcas y debidamente agrupadas para evitar confusiones, en el momento del armado también es importante que el Ingeniero Residente de obra este supervisando los trabajos para evitar que el armado sea inadecuado.

Se empezó por armar la parte baja del túnel en la solera, se continuó con el armado de las paredes, manteniendo el espaciamiento requerido entre las mallas de acero y el recubrimiento con el hormigón, hasta completar el armado con la colocación de los hierros en la bóveda del túnel.



Figura N° 80.- Armado estructural en toda la sección del túnel.

Cabe destacar que en el armado externo donde ejerció presión la estructura se debió cortar el acero de refuerzo longitudinal ya que el marco metálico del perfil IPN-120 no permitía la continuidad del mismo, no así con el hierro longitudinal interno que no perdía su continuidad en toda la línea del túnel.

En los tramos donde se colocó de forma intercalada los marcos metálicos y celosías quedó un espaciamiento, el cual también se armaba con el acero de refuerzo, uniendo entre las celosías un estribo el cual permite que el armado no quede suelto y pueda dar continuidad estructural en las paredes y sección de la bóveda del túnel.



Figura N° 81.- Armado estructural entre cerchas metálicas y celosía.

3.11.2 ENCOFRADO

Los materiales usados para este trabajo fueron principalmente dos: madera y metal, a continuación se describe los diferentes materiales utilizados:

a) Madera:

- Tablas de monte para encofrado.
- Rieles de eucalipto.
- Triples reforzadas para tableros rectos de 0.60 x 2.40 metros.
- Puntales de madera.

b) Metal:

- Puntales metálicos con rosca ajustable.
- Tableros metálicos de 0.30 x 3.40 y 3.00 respectivamente.

El trabajo de encofrado consistió en elaborar una cara interna visible, la cual debió estar perfectamente lisa y limpia, puesto que una vez hormigonado en el momento del desencofrado del hormigón esta sea vista, recta y sin imperfecciones.



Figura N° 82.- Vista frontal de encofrado de contrahuella para replantillo

El encofrado tanto para replantillo, solera, paredes y bóveda, debió mantenerse el alineamiento y la separación de recubrimiento entre el hormigón y el acero. Para el encofrado de replantillo se uso rieles de eucalipto y tablas de monte manteniendo un dimensionamiento acorde entre la contrahuella y el terreno natural para el hormigonado que tiene un espesor de 10 cm., manteniendo los niveles de encofrado respectivos para evitar contra pendientes en el encofrado y posteriormente en el hormigonado.

De la misma forma en el encofrado de solera y paredes guías se procedió con el apuntalamiento y alineamiento de los tableros de la contrahuella y los costados de las paredes guía.

Para el encofrado de las paredes se colocaron los tableros rectos los cuales estuvieron sujetos uno tras de otro y uno debajo de otro formando el encofrado total de las caras de vista, una vez colocados los tableros se procedió a su alineación y plomo, colocando entre los mismos los puntales metálicos que mantuvieron la separación interna de la sección del túnel.



Figura N° 83.- Encofrado y apuntalamiento de paredes

En el sector de la bóveda, antes de subir los tableros de cúpula se colocaron a una altura de 1.80 metros sobre la solera una riel de perfil IPN-120 debidamente apoyada, para sobre esta asentar los tableros de bóveda, los mismos que se apuntalaron, colocando los puntales metálicos en forma de X y reforzando en las partes laterales para evitar que en el momento del hormigonado el tablero sope o ceda sobresaliendo de su sección indicada.



Figura N° 84.- Encofrado y apuntalamiento de bóveda de túnel.

3.11.3 HORMIGONADO

El proceso de hormigonado es fundamental para asegurar una durabilidad en la vida útil de cualquier tipo de proyectos y más aun cuando estos son hidráulicos.

En el proyecto se utilizó cuatro resistencias dependiendo el tramo a hormigonar y según especificaciones técnicas.

- Replanto: $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$.
- Solera, Paredes y bóveda: $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$.
- Pozos de revisión: $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Para cada sección de hormigonado fue fundamental el quipo de hormigonado con el que se contaba, personal de apoyo y logístico, para esta magna obra se trabajo con los servicios de la Hormigonera Holcim Ecuador, quien es la proveedora del hormigón premezclado, puesto que los índices de calidad y tiempo eran un factor importante para el desarrollo de la obra, adicionalmente que es la única empresa dentro del mercado que brinda una desviación estándar de + 30 % sobre la resistencia especificada.

Uno de los cuello de botella que se presentaron en el proceso de hormigonado fue el de taponamiento de las tuberías metálicas que conducía el hormigón premezclado, esto debido a la longitud de tubería utilizado, ya que las distancia para hormigonado oscilaba hasta 150 metros lineales de tubería esto entre longitud vertical y horizontal y las curvaturas que se debieron realizar para llegar a las zonas de hormigonado.



Figura N° 85.- Mixer de hormigón premezclado y bomba de hormigón

Para evitar los taponamientos en la tubería se utilizo el aditivo SIKAMEN N-100 que tiene las propiedades de aumentar la trabajabilidad del hormigón haciéndolo mas fluido, de esta manera se logra una mejor conducción del material por la tubería, las propiedades de este aditivo es de aumentar el asentamiento del hormigón sin que este pierda las características de resistencia, cabe destacar que una vez colocado el aditivo en la tolva del mixer se debe mezclar durante 5 minutos el hormigón y el aditivo, este hormigón fue colocado en el sitio de fundación en un tiempo no mayor de 45 minutos, caso contrario el hormigón empieza a reaccionar y puede empezar a disgregarse dentro de la tolva del mixer.

Previo al revestimiento se colocaron juntas de PVC, las mismas que variaron de acuerdo a los requerimientos de las especificaciones y que nos

permitieron impermeabilizar aquel plano de unión que forman dos hormigones que han sido vertidos en diferentes tiempos, que pertenecen a la misma estructura, y además tienen que formar un todo monolítico. Los planos que formen las juntas de PVC fueron colocados de forma perpendicular a la principal línea de flujo de agua y en general estarán colocados en los puntos de mínimo esfuerzo cortante.

Previo a la llegada del mixer a obra, la bomba con la tubería debió estar una hora antes, esto para proceder armar la tubería, revisar las uniones y sus respectivas abrazaderas.

Se debió tener almacenado en el sitio de hormigonado por lo menos unos cinco tanques de aguas, esto para mezclar con el cemento y bombar la lechada de cemento sobre la superficie a hormigonar.



Figura N° 86.- Hormigonado de replantillo en túnel.

Una vez armada la tubería se procedió al vaciado y bombeado del hormigón, tomando las muestras respectivas del hormigón para los testigos que una vez alcanzado su ciclo de fraguado se realizaron los ensayos respectivos de resistencia a la compresión para verificar su estado. El hormigonado se lo realizó

desde la parte superior para ir hormigonando los tramos superiores y el personal de paletado o alisado deje dando un buen terminado del hormigón.



Figura N° 87.- Hormigonado de solera y guía de pared

Para el hormigonado de la solera y guía de pared se procedió de la misma manera, tomando en cuenta que este hormigonado es mas rápido por ello se solicito a Holcim un hormigón de $f'c=240$ kg/cm² tipo que tiene un agregado nominal máximo de $\frac{3}{4}$ ".



Figura N° 88.- Sección revestida, solera y paredes

Para el hormigonado de las paredes se necesitó adicionalmente que el hormigón sea de roca fluida, con agregado máximo de 1/8", debido a que la sección de hormigonado tuvo dificultad de baceado y el armado mismo no permite un pronto hormigonado.



Figura N° 89.- sección completa de hormigón en túnel

De la misma manera en el colado de la bóveda se utilizó hormigón de roca fluida y adicionalmente el aditivo fluidificante Sikamen-N100, ya que en este tramo

no hay como utilizar el vibrado, solo mazos de goma y el hormigonado. del mismo va paulatinamente según su bombeo y llenado, por lo que se necesitó que el hormigón sea muy fluido por lo menos con un asentamiento de 22 centímetros, la manguera de hormigonado es de caucho, la misma que se ubicó en las ventanas que se dejaron en el encofrado de bóveda y la forma de saber que el tramo a hormigonar está completo es por medio de golpes con mazos de goma y por el derramamiento mismo del hormigón por la ventana, con lo cual se pidió al jefe de bombas que paralice el bombeado hasta cambiar de lugar la manguera de hormigonado hacia otra ventana.

Antes de colocar el hormigón nuevo las superficies de construcción fueron lavadas y cepilladas con un cepillo de alambre y rociadas con agua, hasta que estén saturadas y mantenidas así hasta que el hormigón fue vaciado, si se desea garantizar una unión monolítica entre las partes se usó chicotes de barras extras, adicionalmente se colocó un epóxico en la superficie a hormigonar, el aditivo utilizado fue el Sikadur Primer.

3.12 EQUIPO ASIGNADO AL PROYECTO

La maquinaria que se utilizó en la construcción de la obra “PROYECTO NUEVO COLECTOR 24 DE MAYO” representó uno de los pilares fundamentales para poder llevar a cabo su ejecución. A continuación se detalla lo utilizado en cada uno de los frentes.

3.12.1. MAQUINARIA ASIGNADA A LOS FRENTES DE TRABAJO

La línea del proyecto atravesó tramos geológicamente distintos, esto debido a su ubicación geográfica explicada anteriormente. (Ver anexo de planos lámina N° 2 y 3).

Es por ello que en cada tramo fue necesario la utilización de distinta maquinaria como la que se detalla en la tabla N° 9.

MAQUINARIA Y EQUIPO	DIQUE	PVM3'	PVM4'	PVM5'	PVM6'	PVM7'
BIBRADOR COMPACTADOR ROBINS	X					
BOBCAT CATERPILLAR			X			
BUGIS DE DOS LLANTAS PARA ACARREO MATERIAL			X		X	
CARGADORA FRONTAL CATERPILLAR	X					
COMPRESOR DE 50 LIBRAS ATLAS COPCO	X	X	X	X	X	
ELEVADOR A GASOLINA					X	X
ELEVADOR ELECTRICO + VALDES		X	X	X	X	
EQUIPO DE CORTE CON OXIGENO			X	X	X	X
GALLINETA CASE	X					
MARTILLOS ELECTRICOS PERFORADOR BOSCH	X	X		X	X	
MARTILLOS ELECTRICOS ROMPEDOR BOSCH	X	X		X	X	
MARTILLOS NEOMATICOS ROMPEDOR INGR 61BB	X	X	X			
MARTILLOS NEOMATICOS PERFORADOR BB16 + PIE AVANCE	X	X	X		X	
MTS MANGERAS NEOMATICAS 3/4	X	X	X	X	X	
PALA FRONTAL CATERPILLAR		X	X	X	X	X
PULIDORA ELECTRICA (AMOLADORA) SKRAPERLES	X	X	X	X	X	X
RETRO EXCAVADORA JHONDEERE JB 690 B	X					
RODILLO MECANICO CATERPILLAR	X					
SOLDADORA ELECTRICA JOVA	X	X	X	X	X	X
TRACTOR BULDOCER TD15 INTERNACIONAL	X					
TUBOS DE PLASTIGAMA 3/4 PARA INYECCIONES				X		
VENTILADOR ELECTRICO 5 HP			X	X	X	
VOLQUETAS MISUBISHI RBL-835 DE 8 M3 (PYU 767) 8 M3	X	X	X	X	X	X

Tabla N° 9.- Equipo utilizado en los frentes del colector

CONCLUSIONES

La realización del presente trabajo ha cumplido con su primordial objetivo de documentar las diferentes metodologías utilizadas para la construcción del proyecto. Investigación que estará disponible y formará parte de la bibliografía e la Escuela Politécnica Nacional siendo una fuente de consulta para las personas interesadas en profundizar sus conocimientos en este campo de construcción de obras civiles especiales

RECOMENDACIONES

- La planificación para la ejecución de los trabajos debe estar relacionadas entre la parte administrativa y operativa del proyecto cumpliendo a cabalidad con las fechas de entrega y logística para los trabajos.
- Es necesario dar capacitación continua al personal operativo y técnico sobre primeros auxilios debido al alto índice de accidentes que pueden existir dentro de obras subterráneas
- El constructor no debe confiarse de los estudios previos del proyecto puesto que podría encontrarse con otros tipos de materiales.
- Debido al riesgo que representa el agua en construcciones a cielo abierto, es aconsejable trabajar en la época de verano el 100% del tiempo para evitar colapsos, por las creciente que puedan ocasionarse.
- No se debe permitir que el personal operativo permanezca solo dentro del túnel, ya que podría sufrir el síndrome de la soledad y llegar a fallecer. El número mínimo que debe permanecer dentro del túnel es de dos personas ya que siempre debe existir comunicación cuando se realizan trabajos o excavaciones subterráneas.

- Se debe cultivar una buena relación con los moradores aledaños al proyecto y mantener una comunicación continua para evitar malos entendidos.

GLOSARIO

CAPITULO I

Adjudicación: Fase del procedimiento de contratación administrativa en la que se designa la persona física o jurídica con quien la administración va a celebrar el contrato.

Aforar: Medir la cantidad de agua que lleva una corriente en una unidad de tiempo.

Alcantarillado: Se denomina alcantarillado o red de alcantarillado al sistema de estructuras y tuberías usados para el transporte de aguas servidas (alcantarillado sanitario), o aguas de lluvia, (alcantarillado pluvial) desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se disponen o tratan.

Aluviales: Mezcla de bloques, boleos y gravas sub angulares en matriz limo arenosa o arena limo arenosa suelta y húmeda.

Bóveda: construcción arquitectónica en forma de arco que cubre el espacio entre dos muros o varios pilares.

Brocal: Antepecho que rodea la boca de un pozo para impedir que alguien se caiga en él.

Cíclica: Que se repite periódicamente.

Cohesión: Adhesión de las cosas entre sí o entre las materias de que esta formada.

Colector: Canal o conducto en el que vierten sus aguas las alcantarillas.

CAPITULO II

Comité de Contrataciones: Es el órgano colegiado de la entidad que en su representación efectúa el proceso licitatorio y adjudica el contrato.

Conglomerado: masa conformada por fragmentos de diversas rocas o sustancias minerales unidas por un cemento.

Consortio: agrupación de entidades con intereses comunes.

Contrafuertes: Pilar saliente de un muro, empleado como refuerzo: los contrafuertes permiten al muro resistir empujes transversales.

Contratista: Es el adjudicatario que ha celebrado el contrato con la EMAAP-Q, y, en consecuencia el responsable de ejecutar la obra objeto del contrato.

Cota: Numero que en los mapas indica la altura de un punto sobre el nivel del mar o sobre otro plano de nivel.

Cunetas: Zanja en cada uno de los lados de un camino para recoger las aguas lluvias.

Dinamita: Mezcla explosiva de nitroglicerina con un cuerpo muy poroso que la absorbe y disminuye los riesgos de su manejo.

Dique: Muro artificial hecho para contener las fuerzas de las aguas o del oleaje.

Erosión: Desgaste de la superficie terrestre por agentes externos, como el agua o el viento.

Escollera: Obra hecha con piedras o bloque de cemento u hormigón echados al fondo del agua para formar un dique de defensa contra el agua.

Escombros: Son mezclas heterogéneas de bloques, boleos y gravas angulares en matriz areno limosa, suelta y húmeda con escombros de origen antropico.

Fiscalización: Es la unidad administrativa de la EMAAP-Q que actúa en su representación para ejercer la supervisión de la ejecución del contrato de conformidad con todas sus estipulaciones.

Geodinámico: Parte de la geología que estudia las alteraciones en la corteza terrestre y las fuerzas y los procesos que la producen.

Geología: Ciencia que estudia la constitución y origen de la tierra y los materiales que la componen interior y exteriormente.

CAPITULO III

Heterogéneo: Compuesto de componentes o partes de distinta naturaleza.

Hidrodinámica: Parte de la mecánica que estudia el movimiento de los fluidos.

Homogeneidad: Uniformidad en la composición y la estructura de una sustancia o una mezcla.

Laderas: cualquiera de los lados en declive de un monte.

Licitación: Oferta que se hace en un concurso público, sobre todo si se trata de un contrato o servicio.

Metamórficas: Mineral o roca que se ha formado por metamorfismo.

Metano: Hidrocarburo gaseoso, incoloro, poco soluble e inflamable producido por la descomposición de sustancias orgánicas, siendo uno de los componentes del gas natural.

Monolítica: Que está hecho con una sola piedra, que presenta una gran cohesión compacto sólido.

Oferta: Es el conjunto de documentos que presenta el participante para concursar en la licitación.

Pluviosidad: Cantidad de lluvia que recibe un sitio en un periodo determinado de tiempo.

Polvorín: Lugar para guardar la pólvora y otros explosivos.

Tobas: Cangahua formada por limos arenosos – arenas limosas consistentes, poco fracturadas a fracturadas, con estratos más arenosos o con pómez dispuestos en forma periclinal y eventuales bloques de rocas, secos a húmedos.

Vertedero: Escape para dar salida a los excesos de agua en presas, alcantarillado o cisternas.

Zanja:Excavación larga y estrecha que se hace en la tierra.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, Documentos Precontractuales, Licitación Pública AD-HOC BID N° 1424/OC-EC. 2005
- BIGDIG S.A, Plan de Seguridad y Salud Laboral para el Proyecto “Construcción del Colector Avenida 24 de Mayo” 2006
- Reglamento para construcciones de Concreto estructural y Comentarios ACI 318-95 y ACI318R95.
- Bieniawski, Z.T., 2004. “Aspectos clave en la elección del método constructivo de túneles”. Proc. Jornada Técnica, Madrid, pp.1-37. Also in: Ingeopress, No. 126, pp.50-68
- Hidroestudios, CVA,FVL, Urbana, Protección de las laderas y Cauces, Cuencas y Quebradas entre Navarro y Raya Sur: Fase I Diagnostico, informe principal (Modulo I) Noviembre 2005.
- Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, MOPTMA “Instrucción de carreteras 6.1 IC Y 6.2. IC” , MOPTMA, 1989.
- Ministerio de Industria y Energía. Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera I.T.C. 05.0.03, 1986.
- HUGO FACKMAN Supresión del polvo en la Perforación de roca Salud y Trabajo, 1980.
- JAN HOLDO Atlas Copco y la Protección Ambiental Salud y Trabajo, 1980.
- O.I.T. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1989

ANEXOS

- **EQUIPO Y MAQUINARIA**
- **PLANOS DEL PROYECTO**