PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

"MÉTODO CONSTRUCTIVO Y ANÁLISIS TÉCNICO DE SOLUCIONES EMPLEADAS PARA EMBAULADOS EN RÍOS Y DESCARGAS A CANAL ABIERTO"

AUTORES:

NIVELO RIOFRÍO RUBÉN DARÍO

NIVELO ACOSTA JUAN SEBASTIÁN

DIRECTOR:

Ing. Roddy Cabezas M.

Disertación de Grado previa a la obtención

del Título de Ingeniero Civil

Quito, 2011

Dedicatoria

La presente disertación se la dedico a Dios por ser el eje principal, quien me concedió la sabiduría y perseverancia durante el desarrollo de este estudio.

A mis padres: Rubén y Elizabeth por su esfuerzo y apoyo en el transcurso de mi vida. A mi sobrino Nicolás por ser fuente de alegría desde el inicio de su vida.

A mis hermanos: Santiago y Andrés por haber sido consejo y ejemplo

Juan Sebastián Nivelo Acosta

Dedicatoria

A Dios todo mi esfuerzo, el ha sido mi guia en mi camino.

Este trabajo de investigación esta dedicado a mis hijos y a mi esposa, quienes de forma constante me han dado su apoyo y empuje para que se de este momento.

Rubén Darío Nivelo Riofrío

Agradecimiento

Mi más sincero agradecimiento y reconocimiento a mis padres, quienes con infinita paciencia, amor y dedicación me formaron integralmente tanto como persona, hijo y estudiante. Hoy sin duda culmina una etapa más de mi vida estudiantil, pero esto no hubiera sido posible sin su incondicional apoyo y los muchos sacrificios a lo largo del camino.

Un agradecimiento especial para el Ing. Roddy Cabezas por su valiosa orientación y apoyo en la culminación de este proyecto, sin duda él se convirtió en el soporte y pilar para llevar a cabo la realización no solo de una meta estudiantil sino también personal. Gracias por el profundo conocimiento que supiste compartir con nosotros pues crecimos profesionalmente pero mucho más personalmente. A los Ing. Hernán Romero, Miguel Araque e Ing. Diego Andrade mi mayor reconocimiento y gratitud por haber impulsado y colaborado con este anhelo.

Rubén y Juan Sebastián

Tabla de contenido.

RESUMEN EJECUTIVO xiv
CAPITULO I 1
1 ANTECEDENTES 1
1.1 HISTORIA DE EMBAULADOS EN RIOS 1
1.1.1 Razones de construir embaulados 1
1.1.2 Historia 2
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE EMBAULADOS EN RÍOS (PROCESO CONSTRUCTIVO) 4
1.3 REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SECTOR INTERCAMBIADOR DE EL TRÉBOL PARA OPTIMIZAR EL TRÁFICO HACIA Y DESDE EL VALLE DE LOS CHILLOS 8
CAPÍTULO II 10
2 ORGANIZACIÓN Y PLANEACIÓN PREVIA A LOS TRABAJOS 10
2.1 ESTUDIO DEL PROYECTO 10
2.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO 11
2.3 REUNIÓN DE PRE CONSTRUCCIÓN 12
2.3.1 Recorrido general del sitio del proyecto 13
2.3.2 Ubicación de referencias 13
2.3.3 Relaciones de comunicación entre contratante y contratista 13
2.3.4 Coordinación 14
2.3.5 Normas de control de calidad 14
2.3.6 Ubicación de campamentos 14
2.3.7 Fecha de inicio real de los trabajos 15
2.3.8 Personal y equipos mínimos para dar inicio a la obra 15
2.3.9 Revisión de los estudios del proyecto 15
2.4 SELECCIÓN DEL PERSONAL Y DOTACIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO 17
2.5 HERRAMIENTAS Y EQUIPOS MENORES 22
2.6 UBICACIÓN DE CAMPAMENTOS 24

2.7 TOPOGRAFÍA Y UBICACIÓN DE PUNTOS IMPORTANTES DEL PROYECTO 26
2.8 SEGURIDAD INDUSTRIAL 27
2.8.1 Normas de seguridad industrial 27
2.8.2 Señalización para seguridad industrial 31
2.8.2.1 Señales Preventivas 31
2.8.2.2 Señales reglamentarias 32
2.8.2.3 Señales Informativas 34
2.8.2.4 Dispositivos para canalización del tránsito 36
2.8.2.5 Dispositivos luminosos 43
CAPITULO III 45
3 ANÁLISIS TÉCNICO 45
3.1 ANÁLISIS DE TIPO DE SUELO 45
3.1.1 Material localizado en el lecho del río 45
3.1.2 Soluciones para homogenizar el suelo 47
3.1.3 Especificaciones 49
3.2 ANÁLISIS DEL DISEÑO HIDRÁULICO 55
3.2.1 Sección hidráulica del embaulamiento existente y análisis del caudal de diseño 55
3.2.2 Análisis del dimensionamiento de la sección transversal de la prolongación del embaulamiento 59
3.2.3 Análisis de los perfiles hidrodinámicos 62
3.2.4 Análisis del trazado en planta y en perfil del proyecto 66
3.3 ANÁLISIS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL 71
3.3.1 Bases del análisis del diseño estructural 71
3.3.2 Análisis de las dimensiones y acero de refuerzo de la sección del embaulado 72
3.3.3 Análisis de las dimensiones y acero de refuerzo del canal abierto 74
3.3.4 Análisis de las dimensiones y acero de refuerzo en muro de contención 77

CAPITULO IV 82
4 PROCESO CONSTRUCTIVO 82
4.1 INICIO DE TRABAJOS Y CONTROL DE ACTIVIDADES 82
4.2 CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD 86
4.3 MÉTODO PARA DESVIAR EL CURSO NATURAL DEL RÍO A FIN DE QUE PERMITA LA CONSTRUCCIÓN DE CANAL ABIERTO 87
4.4 DOBLADO Y CORTE DE VARILLAS PARA CONSTRUCCIÓN DE ACEROS SEGÚN PLANOS ESTRUCTURALES 90
4.4.1 Corte de aceros 90
4.4.2 Figuración de aceros 90
4.4.2.1 Aceros longitudinales, transversales y de construcción 91
4.4.2.2 Estribos 91
4.5 COLOCACIÓN DE JUNTAS IMPERMEABLES 91
4.6 PREPARACIÓN, COLOCACIÓN Y CONTROL DE VERTICALIDAD EN ENCOFRADOS 93
4.7 APUNTALAMIENTOS 95
4.8 ENTIBADOS 98
4.8.1 Entibados provisionales 98
4.8.2 Entibados permanentes 98
4.9 EXCAVACIÓN HASTA EL NIVEL DE CIMENTACIÓN DE LA SOLERA DEL CANAL ABIERTO 99
4.10 HORMIGONADO DEL REPLANTILLO 102
4.11 CONSTRUCCIÓN DE TRAMOS DE SOLERA DE CANAL ABIERTO 104
4.12 CONSTRUCCIÓN DE PAREDES LATERALES DE CANAL ABIERTO 108
4.13 CONSTRUCCIÓN DE VENTANA EN PARED LATERAL DEL BAÚL EN ESTRUCTURA PARA ENCAUSAMIENTO DE RÍO, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS 110
4.14 DESVÍO DEL RÍO HACIA VENTANA, RECOMENDACIONES 112
4.15 CONTROL DE EMBALSE FORMADO AL MOMENTO DEL DESVÍO RÍO 116
4.16 UNIÓN ENTRE TRAMOS 116
4.17 CONSTRUCCIÓN DE LA SOLERA DE LA SECCIÓN BAÚL 117
4.18 CONSTRUCCIÓN DE PAREDES Y BÓVEDA DE LA SECCIÓN BAÚL 121
4.18.1 Paredes de la sección baúl 121

4.18.2 Bóveda de la sección baúl 124
4.19 CONSTRUCCIÓN DE LAS GRADAS O DISIPADORES DE ENERGÍA EN LA SECCIÓN BAÚL 127
4.20 CONSTRUCCIÓN DEL DENTELLÓN ADYACENTE A TRAMO FINAL DE LA SECCIÓN BAÚL 128
4.21 CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN 130
4.22 CONSTRUCCIÓN DE PANTALLA DEL MURO DE CONTENCIÓN 132
4.23 MÉTODO PARA EL CONTROL DE TRAZADO TOPOGRÁFICO DE CANALIZACIÓN 134
4.24 CONFORMACIÓN DE DRENES LATERALES 135
CAPITULO V 137
5 ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS 137
5.1 CONCLUSIONES 137
5.2 RECOMENDACIONES 138
BIBLIOGRAFÍA 139

Índice de Figuras, Imágenes, Tablas y Fotografías

Figura 1. Bóveda túnel. 2
Fotografía 1. Construcción del embaulado río Darro. 4
Figura 2. Sección típica construcción de embaulado. 7
Figura 3. Ubicación del proyecto. 12
IMAGEN 1 Cascos de plástico 18
IMAGEN 2 Gafas de protección 19
IMAGEN 3Mascarilla 19
IMAGEN 4 Chaleco 19
IMAGEN 5 Guantes de protección en cuero 20
IMAGEN 6 Guantes de caucho 20
IMAGEN 7 Botas de caucho 21
IMAGEN 8 Botas con punta de acero 21
IMAGEN 9 Arnés 21
IMAGEN 10 Diferentes tipos de palas 22
IMAGEN 11 Carretilla, con rueda de caucho solido 22
Figura 4. Ubicación de campamentos. 24
TABLA 1. Abscisas y cotas del proyecto. 27
Figura 5. Trabajos en la vía, maquinaria en la vía, banderero. 32
Figura 6. Vía cerrada, desvío. 34
Figura 7. Aproximación a la obra en la vía, información de inicio o fin de obra, carril cerrado, desvío. 36
TABLA 2. Velocidad de operación y longitud de transición. 37
Figura 8. Barricadas. 39
Figura 9. Altura cono de tránsito. 41
Figura 10. Formas de base para cono de tránsito. 41
Figura 11. Dimensiones de tabique. 43
Figura 12. Malla para canalización. 43
TABLA 3. Distribución de los tamaños de material encontrado en el río Machángara. 46
TABLA 4. Estudios de suelo realizados en el proyecto. 47
TABLA 5. Caudales hidrológicos de la sección existente del embaulamiento del río Machángara. 56
Figura 13. Sección semi-elíptica existente (5,50 x 5,45) cm2. 57
Figura 14. Curva de descarga de la sección semi-elíptica existente. 58
TABLA 6. Comportamiento de la sección existente del río Machángara para diferentes caudales. 59
Figura 15. Sección baúl (5,50x6,00) cm^2. 60

Figura 16. Curva de descarga de la sección tipo baúl. 61
TABLA 7. Características hidráulicas de la prolongación del embaulamiento del río Machángara. 62
TABLA 8. Coordenadas de los perfiles hidrodinámicos. 63
Figura 17. Perfil hidrodinámico de contrahuella de 2,5m de altura, al inicio de la prolongación del embaulado. 64
Figura 18. Perfil hidrodinámico de la contrahuella de 3,5 m de altura en la sección de entrega del cauce natural del río. 64
TABLA 9. Análisis de los perfiles hidrodinámicos. 65
TABLA 10. Profundidades de salto de 2,5 m. 67
TABLA 11. Profundidades de salto de 3,5 m. 68
TABLA 12. Perfil del flujo a lo largo de la conducción. 69
Figura 19. Trazado en planta del proyecto. 70
Figura 20. Dimensiones de sección del embaulamiento. 73
TABLA 13. Calculo de la cuantía de acero en las paredes. 73
TABLA 14. Calculo de cuantía en la solera. 74
Figura 21. Dimensiones de canal rectangular. 75
TABLA 15. Calculo de refuerzo de la estructura y acero de temperatura. 75
TABLA 16. Calculo de la cuantía de acero en la solera. 76
Figura 22. Dimensiones de muro de contención. 77
TABLA 17. Factores de seguridad de volcamiento y deslizamiento de la estructura. 78
TABLA 18. Calculo de acero estructural, mínimo y de temperatura de la pantalla. 78
TABLA 19. Calculo de los esfuerzos producidos por el suelo. 79
TABLA 20. Calculo de fuerzas que actúan sobre el talón. 80
TABLA 21. Reacciones sobre el dedo. 80
TABLA 22. Calculo del acero estructural, mínimo y de temperatura de la cimentación. 80
Fotografía 2. Sendero existente ingreso al proyecto. 82
Fotografía 3. Mejoramiento acceso existente. 83
Fotografía 4. Desalojo material de excavación. 84
Fotografía 5 Guías de madera para cunetas 85
Fotografía 6 Cuneta terminada de H.S. 180 kg/cm2 85
Fotografía 7. Puentes provisionales de madera 86
Fotografía 8. Personal identificado con indumentaria de trabajo. 86
Fotografía 9. Conos y bandas para definir carril de circulación. 87
Fotografía 10. Intersección proyecto con curso natural del río. 88
Fotografía 11. Conformación de ataguía en cabecera de proyecto. 89
Fotografía 12. Conformación de Ataguías. 90

Fotografía 13. Colocación de juntas impermeables de PVC. *92*
Fotografía 14. Apuntalamiento de encofrados. *96*
Fotografía 15. Apuntalamientos interiores encofrado para muros. *96*
Fotografía 16. Colocación de material filtrante y entibado permanente. *99*
Fotografía 17. Excavación para embaulado y canal abierto. *100*
Fotografía 18. Mejoramiento de suelo. *101*
Fotografía 19. Canalización al costado. *102*
Fotografía 19. Conformación de replantillo. *103*
Fotografía 20. Colocación de hormigón entre franjas lateral y central. *103*
Fotografía 21. Replantillo terminado. *104*
Fotografía 22. Armado de acero de refuerzo en solera canal abierto. *105*
Fotografía 23. Armado de acero para conformación de solera. *107*
Fotografía 24. Hormigonado solera de canal abierto. *108*
Fotografía 25. Armado de encofrado paredes canal abierto. *109*
Fotografía 26. Canal abierto terminado. *110*
Fotografía 27. Ataguía en salida de canal abierto para desvío de curso. *114*
Fotografía 28. Ingreso de río por ventana en canal abierto. *115*
Fotografía 29. Desvío curso del río hacía ventana. *115*
Fotografía 30. Colocación de elementos tipo viga para construcción de solera. *118*
Fotografía 31. Armado de acero de refuerzo en paredes para construcción de solera. *119*
Fotografía 32. Encofrado hastiales y solera. *120*
Fotografía 33. Hormigonado solera y hastiales. *121*
Fotografía 34. Encofrados y apuntalamientos de paredes. *122*
Fotografía 35. Colocación de juntas impermeables de PVC. *122*
Fotografía 36. Paredes laterales. *123*
Fotografía 37. Encofrado de la bóveda. *125*
Fotografía 38. Sección baúl tramo 3 terminado. *126*
Fotografía 39. Colocación de acero en solera y paredes del disipador de energía. *128*
Fotografía 40. Colocación encofrados de dentellón. *129*
Fotografía 41. Dentellón terminado. *129*
Fotografía 42. Colocación de armadura en zapata de muros. *130*
Fotografía 43. Encofrados y armadura en zapatas para muros de contención. *131*
Fotografía 44. Hormigonado de zapata y arranque de muro. *132*
Fotografía 45. Encofrado de pantalla muro de contención. *133*
Fotografía 46. Terminado construcción de muros de contención. *134*
Fotografía 47. Conformación drenes laterales con material filtrante. *136*

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo técnico, tiene como objetivo lograr una guía práctica para que estudiantes universitarios de carreras relacionadas con obras civiles y profesionales que carecen de experiencia en este tipo de proyectos, puedan conocer ciertas soluciones para enfrentar trabajos de forma apropiada y segura, tomando en consideración las condiciones y condicionantes que se puedan presentan en el sitio de construcción.

El primer capítulo en forma sucinta, se hace referencia a la historia sobre los primeros embaulamientos o abovedados realizados en ríos, así como los antecedentes que llevaron en su época a tomar este tipo de solución, siendo uno de los primeros el embaulamiento del río Darro, en España.

En el segundo capítulo se describe: 1.- la organización y planeación previa a los trabajos, el conocimiento completo del proyecto, 2.- la ubicación del mismo, la ubicación de campamentos para albergar oficinas de campo del contratista, bodegas y alojamiento de personal, (la ubicación de estos campamentos debe ser tal que los mismos no interfieran con los trabajos rutinarios de la obra), 3.- las normas de seguridad industrial a seguirse, a fin de preservar la vida del personal, 4.- la reunión de preconstrucción para definir las interrelaciones entre Contratante y Contratista.

En el tercer capítulo se analizan las soluciones planteadas en los estudios, con el fin de verificar el comportamiento y las dimensiones de las secciones a ser construidas.

En el cuarto capítulo se describe el proceso de construcción de embaulamientos, canales abiertos y muros de contención, detallando las actividades secundarias como construcciones de ataguías, desvío del curso de río, así como las obras complementarias necesarias para el buen funcionamiento de la obra.

CAPITULO I

1 ANTECEDENTES

1.1 HISTORIA DE EMBAULADOS EN RIOS

1.1.1 Razones de construir embaulados

Los ríos y quebradas, constituyen barreras de agua naturales, en distintas partes y en especial en las ciudades. Estas barreras naturales, interrumpen principalmente las comunicaciones viales, generalmente en épocas de invierno, las crecientes de ríos a más de constituir un peligro para las edificaciones y los habitantes, dificultan e incluso imposibilitan el paso de una ribera a otra, de igual manera en casos de ríos con altos grados de contaminación, la población y en especial los habitantes asentados a sus riberas, se ven perjudicados por la insalubridad y por la difusión de olores desagradables. Estas y otras dificultades, crean la necesidad de construir obras capaces de solucionar este tipo de problemas, siendo una de las más adecuadas los embaulamientos de ríos.

Este tipo de obras definen el curso del río en sitios específicos, brindando seguridad a edificaciones y habitantes en las márgenes contiguas y dando continuidad a diferentes tipo de conducciones, (eléctricas, telefónicas, agua

potable y alcantarillado), como a los ejes viales que lo cruzan, logrando así principalmente un mejor flujo vehicular que permite disminuir los tiempos de traslado de un lugar a otro, lo que beneficia en ahorro de combustibles y en la economía.

Por otro lado los habitantes y en especial los que se encuentran dentro del área de influencia directa al proyecto son los más beneficiados, debido a que al finalizar este tipo de construcciones, se disminuye la contaminación provocada por el acarreo de desechos que trae el río, mejorando así la calidad del aire.

1.1.2 Historia.

El primer y más básico tipo de bóveda, data del siglo IX A.C, es una bóveda cóncava o bóveda en túnel, uniforme en toda su longitud, era parte de un sistema de conducción de agua, y tenía muros de encauzamiento en la entrada y muros de protección a la salida.



Figura 1. Bóveda túnel.

En España, en la ciudad de Granada, se encuentra el río Darro el cual atraviesa toda la localidad. A fin de transformarla en una ciudad cosmopolita, y debido a que esta estaba dividida por el río, que impedía la comunicación entre uno y otro lado de la ciudad y que además por su contaminación emanaba olores desagradables, se buscó una manera de dar solución a estos problemas y se optó por su embaulamiento.

El 28 de Junio de 1835 se produjeron fuertes precipitaciones, que provocaron enormes riadas que arrastraron inclusive casas, produciéndose la formación de un dique natural en el puente de Santa Ana, hecho que constituyo un motivo adicional para que las autoridades tomaran la decisión de embaular el río. Para ello se hicieron los estudios que permitieron ejecutar el primer proyecto (año 1836) a fin de cubrir el río entre los puentes de la Paja y del Álamo. Después de pasar aproximadamente dos décadas, entre 1854 y 1884 se realizó el embaulado, en varias fases desde la Plaza Nueva hasta el Puente del Castañeda.

Finalmente el último tramo del río en cubrirse mediante el embaulado corresponde a la zona de la Acera del Darro, desde el puente de Castañeda a la desembocadura en el Genil, realizado entre 1936 y 1938.



Fotografía 1. Construcción del embaulado río Darro.

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE EMBAULADOS EN RÍOS (PROCESO CONSTRUCTIVO).

Como se ha indicado uno de los beneficios de las obras de embaulamiento en ríos es dar continuidad a ejes viales para facilitar el flujo vehicular, a continuación realizaremos una breve descripción de la construcción.

Tratándose de obras que se construyen siguiendo el cauce natural de los ríos o muy próximas a ellos, deberá inicialmente desviarse el cauce del río, y habrá de construirse ataguías y obras de protección de las áreas donde se ubicaran los tramos de colector y/o canal abierto a construirse.

Luego se procederá con las excavaciones hasta llegar a las cotas de diseño para las fundaciones de la solera del embaulado, en caso de requerirse mejorar el suelo para dar al río la capacidad portante adecuada, habrá que realizar una excavación mayor a fin de reemplazar el suelo malo con material adecuado debidamente compactado. Previo a las labores de hormigonado del replantillo se construirá el subdrén de fondo conforme indiquen los planos y especificaciones.

Para la construcción del embaulamiento, se comenzará con el replanteo y conformación de la subrasante, replantillo después la colocación del acero de refuerzo de acuerdo al diseño estructural, luego de lo cual, se procederá con el hormigonado de la solera del túnel y arranque de los muros.

Posteriormente y cuidando que los encofrados guarden verticalidad, se procederá con el hormigonado de los hastíales o muros laterales. En los hastiales y en los lugares indicados deberá dejarse las ventanas por las que se encausarán las aguas del río.

Posteriormente deben construirse drenes laterales, formados por material granular de tamaño especificado, se colocará tubería perforada y un manto geotextil protegiéndola, estos drenes recogerán el agua producto de la

infiltración de las lluvias y de las que por crecientes o capilaridad aporte el cauce del río.

Se procede luego a la colocación del acero de refuerzo en la bóveda, para proceder al hormigonado de la misma, con la utilización de encofrado metálico o de tableros autorizados por fiscalización. Para evitar porosidades además de un adecuado vertido y vibrado es recomendable que el hormigón tenga un aditivo plastificante que le permita tener un mejor grado de acomodamiento.

Con el fin de asegurar que no existan filtraciones en las juntas que se producen en cada etapa de los hormigonados, se dejarán juntas de PVC, para que en conjunto con los aditivos ligantes permitan un correcto sellado de las juntas constructivas.

Una vez que el cauce del río pasa por la sección construida, se procede a cerrar las ventanas dejadas en los muros laterales, para lo cual se coloca y amarra la armadura correspondiente al tramo a hormigonar, posteriormente se encofra la sección a fundirse y se realiza el hormigonado final.

Finalmente se realiza el relleno con suelo, en toda la longitud o tramo de la sección hasta llegar al nivel deseado, que por lo general es el nivel de la calzada.

A continuación se muestra la sección típica de la estructura que conforma el embaulamiento.

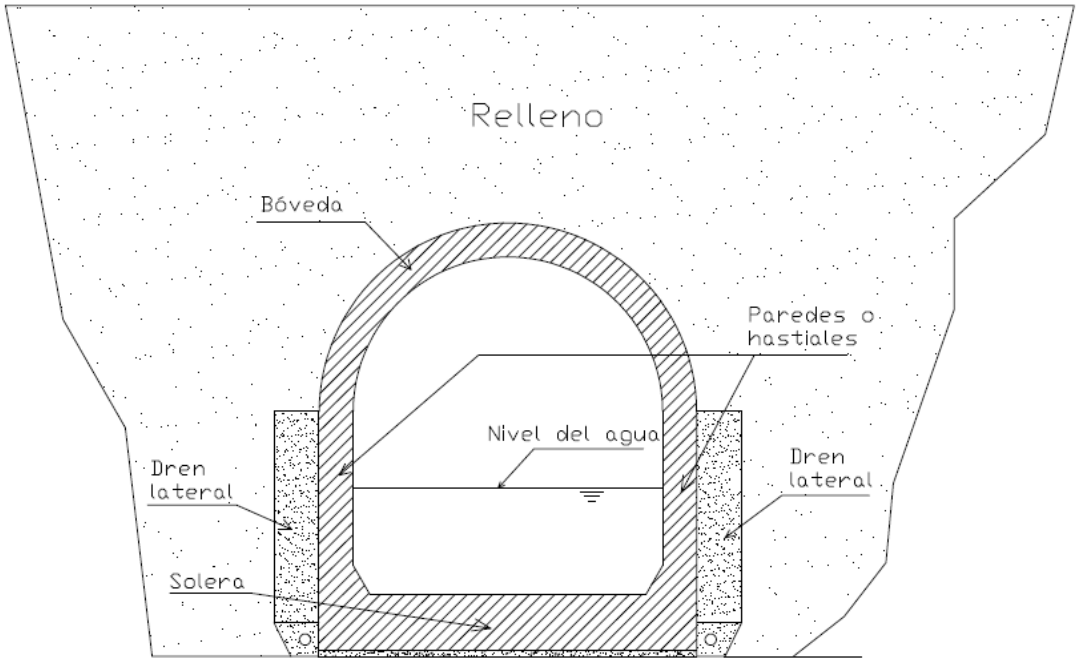


Figura 2. Sección típica construcción de embaulado.

1.3 REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SECTOR INTERCAMBIADOR DE EL TRÉBOL PARA OPTIMIZAR EL TRÁFICO HACIA Y DESDE EL VALLE DE LOS CHILLOS.

La Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable para Quito (EMAAP-Q), entre una de sus actividades principales, desarrolla la planificación, que junto con los estudios de diseño y construcción de obras, permitan el manejo adecuado de los cursos naturales de agua y de sus laderas, en particular del río Machángara, que constituye el principal drenaje natural de las aguas lluvias de la ciudad capital.

La EMAAP-Q, dentro de las actividades de rehabilitación y mejoramiento del sector del Intercambiador de El Trébol y dentro del ámbito de su competencia, requiere la prolongación del actual embaulamiento del río Machángara, aguas abajo de la sección de entrega de la estructura actual, que se encuentra en reparación.

Entre las actividades que lleva adelante la EMAAP-Q, se destacan aquellas como la realización de obras en colectores y acciones en zonas de laderas, y cauces que forman parte del sistema de drenaje natural de la cubeta donde se asienta Quito. Paralelamente a lo señalado, se determina la urgente necesidad de intervención para solucionar los graves problemas

generados por el encauzamiento y la falta de protección de las laderas que conforman el lecho del río Machángara, con el fin de disminuir el riesgo de deslizamientos, flujo de lodos y escombros e inundaciones, para obtener un correcto uso del suelo de las laderas y en el caso particular del sector del Intercambiador de El Trébol, facilitar la solución vial del tráfico entre la capital y el Valle de los Chillos.

A fin de aportar con soluciones a los problemas planteados, la EMAAP-Q realiza los estudios con los siguientes objetivos:

a) Transportar los caudales del río Machángara por una vía alterna (desvío) que permita realizar la construcción del nuevo túnel por el cual circularán sus aguas.

b) Utilizar esta conducción como obra de desvío temporal, cuando a futuro se requiera hacer el mantenimiento y limpieza del túnel principal a ser construido.

c) Rellenar apropiadamente el cauce del río Machángara en este tramo embaulado como parte de la solución propuesta para solucionar el tráfico entre el sur y norte de la ciudad, hacia el centro de Quito y hacia al valle de Los Chillos.

CAPÍTULO II

2 ORGANIZACIÓN Y PLANEACIÓN PREVIA A LOS TRABAJOS

2.1 ESTUDIO DEL PROYECTO

Luego de adjudicado el contrato de construcción, se procedió con la mayor diligencia, a solicitar a la entidad contratante, la entrega de toda información adicional relativa al proyecto que se debía ejecutar, con ella se procedió a realizar en oficina una revisión completa de planos, esquemas, estudios de suelos y toda la información técnica entregada, con el fin de tener un conocimiento completo del proyecto. Inmediatamente se realizó un recorrido de campo a fin de determinar la existencia de posibles variaciones en el terreno que puedan afectar o cambiar el desarrollo del proyecto. En el presente caso al estar su ejecución dividida en tramos, los que se realizaban simultáneamente, fue necesario coordinar con los demás ejecutores, a fin de que no existan interferencias en el desarrollo de los trabajos y tener colaboración en los aspectos técnicos y logísticos.

Cabe destacar que el colector que se encuentra debajo del sector del intercambiador de transito denominado El Trébol, colapsó a mediados del

mes de Abril de 2008, debido al fuerte período invernal que sufrió la ciudad capital en ese mes, esta situación puso de manifiesto el problema de congestionamiento vehicular que se produce en el intercambiador, motivo por el cual la EMMAP-Q en sus actividades de planificación y mejoramiento decidió realizar la prolongación del embaulamiento, para lo cual se contrató los estudios de la obra sobre la cual desarrollaremos la presente disertación.

Los estudios correspondientes de la prolongación del embaulado en el sector del intercambiador han sido desarrollados por la consultora ASTEC.

2.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra ubicado en el sector del Intercambiador de El Trébol en la intersección de la Autopista General Rumiñahui con la Avenida Oriental. El ingreso a la obra se lo realiza por la Av. Oriental en sentido sur-norte, 30 m luego de pasar el intercambiador. Para tener una apreciación más exacta se presenta un croquis (Figura 3), con el cual se facilitará su localización, en el mismo además se encuentra esquematizado el trazado del proyecto.

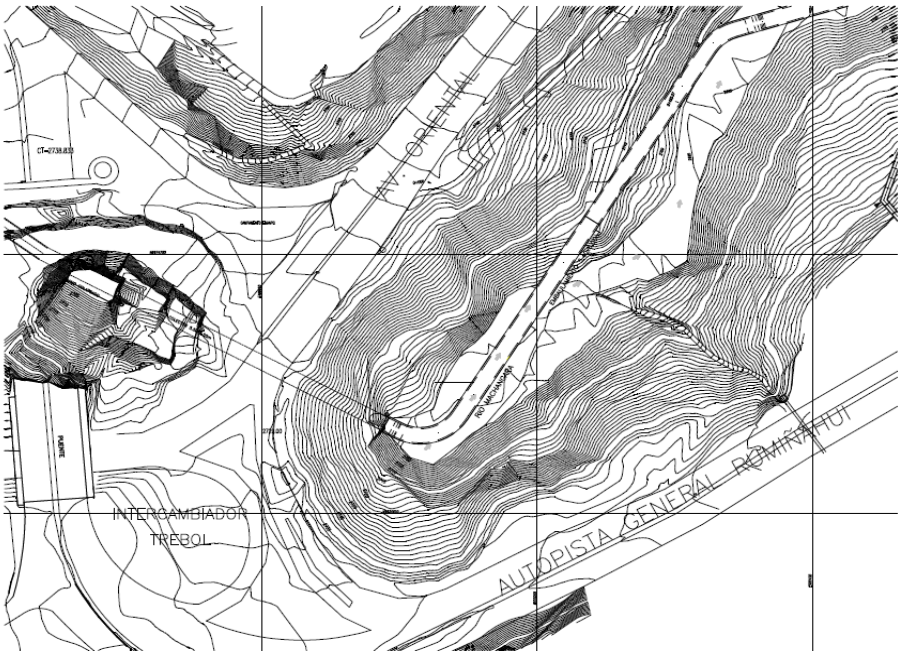


Figura 3. Ubicación del proyecto

2.3 REUNIÓN DE PRE CONSTRUCCIÓN.

Existen dos modalidades para establecer el inicio del plazo en los contratos de construcción, uno que con entidades del sector público, empieza a correr a partir de la firma del contrato y otro que da inicio con fecha de pago de anticipo. En el presente caso rigió la primera modalidad, por lo que de forma inmediata se procedió a solicitar la reunión de preconstrucción la misma sirvió para que las partes involucradas en el proyecto, esto es la entidad contratante representada por el fiscalizador, y el contratista acuerden los parámetros bajo los cuales se desarrollarían las actividades del proyecto.

En la reunión de preconstrucción se trataron entre otros aspectos, los siguientes:

2.3.1 Recorrido general del sitio del proyecto.

Con presencia del fiscalizador, ayudante de fiscalización, contratistas y superintendentes de obra de los cuatro tramos que conforman el proyecto de la prolongación del embaulado, se procedió a realizar un recorrido de todo el proyecto, con la finalidad de que se pueda identificar plenamente los puntos relevantes de los diferentes tramos.

2.3.2 Ubicación de referencias.

Con fiscalización y personal de estudios de la EMAAP-Q se procedió a la localización y ubicación de referencias en el sitio del proyecto, puntos con los cuales los equipos de topografía procederán a la ubicación del eje y datos importantes del mismo.

2.3.3 Relaciones de comunicación entre contratante y contratista.

Fiscalización instruyó la metodología con la que se debe llevar las comunicaciones entre los contratistas y la entidad contratante, con el fin de que exista fluidez en los trámites especialmente en los relacionados a pronunciamientos técnicos.

2.3.4 Coordinación.

Los contratistas de los diferentes tramos acordaron prestarse mutuamente colaboración e intercambiar información entre sí, de forma tal que el proyecto llegue a su total terminación dentro de los plazos establecidos y a planificar las actividades procurando evitarse inconvenientes para el normal desarrollo de las actividades.

2.3.5 Normas de control de calidad.

Al tratarse de una obra en la que los rubros acero de refuerzo y hormigón, son los más significativos, fiscalización indica los mecanismos que seguirá para realizar el control de calidad de estos rubros, referidos básicamente a la cantidad de cilindros de muestra que se deben tomar para los ensayos de compresión de hormigón y a las muestras de acero para ensayos de tracción.

2.3.6 Ubicación de campamentos.

Con el fin de evitar interferencias entre los grupos de trabajo de los diferentes tramos, fiscalización define los sitios en los cuales cada contratista ubicará su campamento de personal y bodegas de almacenaje de materiales, detalladas en la sección 2.6 de este capítulo.

2.3.7 Fecha de inicio real de los trabajos.

Con fecha 18 de Septiembre de 2008, se procedió a la firma del contrato, la misma que fijo el inicio del plazo contractual. Por razones lógicas desde el mismo día no se dispone de personal completo para iniciar inmediatamente todos los frentes de trabajos requeridos por la obra, pues como es de comprenderse los trabajadores de la construcción realizan jornadas semanales o quincenales completas, en nuestro caso la fecha de firma y de inicio del plazo es un día jueves, por lo que la fecha de inicio real de la obra se fijó para el día Lunes 22 de Septiembre de 2008.

2.3.8 Personal y equipos mínimos para dar inicio a la obra.

En base al cronograma de oferta, fiscalización sugirió que se coloque en obra personal con experiencia en este tipo de labores y solicitó se disponga del equipo mínimo, una retroexcavadora, dos volquetas, una cargadora frontal, una bomba de agua de 4” y que se inicien los trabajos en sus diferentes frentes con este equipo a partir del día Lunes 22 de septiembre.

2.3.9 Revisión de los estudios del proyecto.

Con el fin de concluir la construcción en el plazo indicado, el proyecto se dividió en cuatro tramos que indicamos a continuación:

- Tramo 1: Km 0+000 a Km 0+120.

- Tramo2: Km 0+120 a Km 0+240.
- Tramo 3: Km 0+240 a Km 0+280 en el que se ha incluido los muros de la margen derecha y del enrocado.
- Tramo 4: Obras complementarias (colectores).

Entre las recomendaciones de los estudios se establece que la ejecución de la obra debe realizarse en verano entre los meses de junio a septiembre, pero la premura del tiempo debido al entorpecimiento del tráfico en el nudo vial en el sector de El Trébol, por el colapso del colector existente, determino que la obra se empiece justamente en el mes de septiembre, es decir, cuando está comenzando el período invernal, esta situación conlleva a que los trabajos realizados especialmente en el cauce del río como son los desvíos y la construcción de ataguías tengan un alto riesgo, por lo que se debió tomar las precauciones respectivas.

Luego de analizados los diseños de las ataguías planteadas en el estudio, debido a que los trabajos se estaban ejecutando en la estación invernal, se consideró que las dimensiones de las mismas no eran las adecuadas para la protección de la zonas de trabajo, por cuanto las crecidas del río eran de una magnitud que obviamente sobrepasaban el diseño y la recomendación del estudio. Se tomó entonces la decisión de aumentar tanto en ancho como en alto las dimensiones de las ataguías o muros de contención (escolleras), además se realizó la protección de la parte delantera de las ataguías con hormigón simple para proteger al elemento del embate de la corriente.

2.4 SELECCIÓN DEL PERSONAL Y DOTACIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO.

Para la realización de este tipo de obra es necesaria la participación de personal calificado, por lo que se seleccionó aquel que cumpla con experiencia en este tipo de obras. Para la ejecución se contó con el siguiente personal, el cual según su grado de experiencia son denominados de la siguiente manera:

Maestro mayor.- Se designa esta categoría a un obrero con experiencia en este tipo de trabajos, el mismo será quien coordine con el ingeniero superintendente de obra las labores a realizarse en las diferentes jornadas de trabajo y debe ser capaz de dirigir grupos de obreros y designar las labores que a cada uno le compete.

Albañiles.- A esta categoría pertenecen los obreros que cuentan con años de experiencia en el desempeño de las obras civiles, los cuales pueden brindar aportes beneficiosos para la ejecución de las obras.

Peones.- En esta categoría de ubican los obreros que carecen de conocimiento en este tipo de obras o son principiantes, por lo que necesitan de la ayuda de los albañiles para el desarrollo de sus actividades.

El personal mencionado anteriormente fue dotado con el siguiente equipo de trabajo, el cual brindó protección para su desempeño en la ejecución en cada una de las actividades a realizarse.

Casco de plástico.- Utilizado para protección de la cabeza, sea por alguna situación imprevista ocurrida en obra, como la caída de una tabla o herramientas, incluyendo derrumbes cuando se está realizando excavaciones.



IMAGEN 1 Cascos de plástico

Gafas de plástico.- Protege los ojos de los trabajadores del material con partículas (polvo) y de limallas incandescentes de fuego (chispas), en actividades como cortes en hormigón, elaboración de medias cañas, corte de varillas con amoladora, etc.



IMAGEN 2 Gafas de protección

Mascarillas antigases.- Utilizado para proteger la salud de los trabajadores, cuando sus actividades se desarrollan en presencia de gases nocivos, como actividades al interior del embaulamiento.



IMAGEN 3Mascarilla

Chaleco.- Permite identificar a los trabajadores de la obra, lo cual ayuda a tener un control de la gente en horas de trabajo. Ayuda a los trabajadores cuando se encuentran en lugares donde hay oscuridad o donde se encuentra trabajando con maquinaria, ya que estos poseen tiras reflectivas que permite identificar claramente su presencia.



IMAGEN 4 Chaleco

Guantes de cuero.- Implemento utilizado para la protección de las manos, cuando se realizan excavaciones ya que por el manipuleo de las herramientas como: palas, picos, carretillas pueden producir ampollas o magulladuras en las manos, o en actividades en que se tenga la manipulación de rocas, bloques, transporte y amarre de varillas de acero.



IMAGEN 5 Guantes de protección en cuero

Guantes de caucho.- Implemento utilizado para actividades como limpieza de varillas cuando se colocan anticorrosivos, fundiciones de hormigón cuando se necesita desplazarle por alguna acumulación del material.



IMAGEN 6 Guantes de caucho

Botas de caucho.- Implemento utilizado para actividades donde hay presencia de agua, o en actividades de fundiciones de hormigón como: replantillo, losas, plintos, muros, etc.



IMAGEN 7 Botas de caucho

Botas con punta de acero: Implemento utilizado para la protección de los pies en actividades de excavación, o en colocación de encofrados ya que es una actividad en la cual toca transportar tablas, o insertar clavos.



IMAGEN 8 Botas con punta de acero

Arnés (cinturones de seguridad).- Equipo que se coloca entre los brazos y pies y se conecta a una línea de vida el cual permite al trabajador que se encuentra realizando actividades en altura, en caso de producirse una caída quedar suspendido, brindando seguridad.



IMAGEN 9 Arnés

2.5 HERRAMIENTAS Y EQUIPOS MENORES.

Para el desarrollo de las actividades que tiene este proyecto, fue necesario contar con las siguientes herramientas y equipos menores:

Palas.- Herramienta que permite la ejecución de actividades como: retiro de escombros de excavaciones, manipuleo de hormigón, carga de material en carretillas.



IMAGEN 10 Diferentes tipos de palas

Carretillas.- Herramienta que permite transportar materiales (grava, arena, cemento, tablas) dentro del sitio de trabajo, para realizar las actividades programadas.



IMAGEN 11 Carretilla, con rueda de caucho solido

EQUIPO MECANICO

Retroexcavadora.- Maquinaria que permite el movimiento de tierras dentro de la obra, así como actividades de excavación, mover rocas para desviar el curso del río.

Cargador frontal de 2 m^3 de capacidad.- Maquinaria que ayuda a llevar el material que conforma un montículo y depositarlo en la volqueta.

Volqueta de 8 m^3 de capacidad.- Maquinaria que ayuda al transporte de material, en caso de haber excavaciones o escombros producidos en la obra.

Bomba de hormigón de capacidad de 9 m^3/hora.- Maquinaria que ayuda a colocar el hormigón elaborado, en el lugar de fundición, a través de una tubería.

Bomba de agua de 4".- Maquinaria utilizada para extraer el agua empozada en lugares del trayecto del embaulado, producto de infiltraciones y afloramientos subterráneos, ya que para la fundición de replantillo o cimentación se debe trabajar en un sitio seco.

2.6 UBICACIÓN DE CAMPAMENTOS.

Los campamentos se ubicaron en sitios estratégicos, los cuales no interfirieron con las actividades de la obra, como se encuentra esquematizado en la Figura 4.

Se observa también que los campamentos no interfieren con cada una de sus actividades y cada uno de ellos esta numerado según el tramo al que le corresponde.

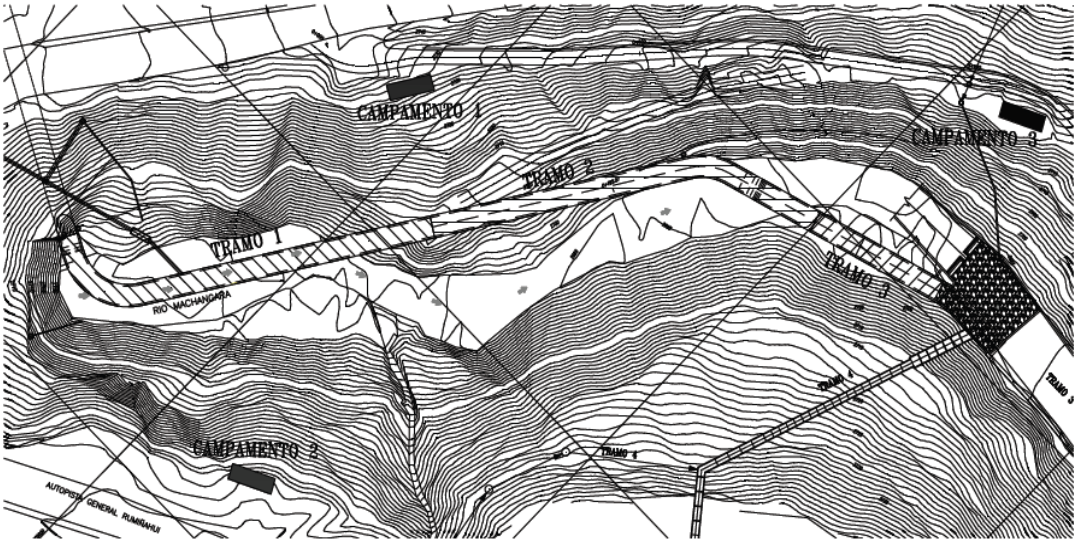


Figura 4. Ubicación de campamentos.

Los campamentos cuentan con una oficina de residencia de obra que servirá para planificar las actividades a realizarse, así como un espacio de recibimiento para autoridades, fiscalizador y personas particulares, también

con una bodega la cual servirá para almacenaje de material y herramientas, y un dormitorio para guardianía.

Se tiene un área de primeros auxilios que cuenta con su respectivo botiquín, el que tiene implementos básicos para cubrir atenciones emergentes. Los trabajadores tienen un área donde ellos puedan cambiarse y dejar sus objetos personales, también cuentan con un baño general y comedor.

Los campamentos y bodegas satisfacen las necesidades sanitarias y de seguridad, para los cual cuentan con un sistema adecuado de alumbrado, provisión de agua, evacuación de aguas servidas, manejo de desechos sólidos, equipos de extinción de incendios y señalización de precaución e informativa.

Por otro lado, hay un lugar para estacionamiento de automotores, el cual se encuentra señalizado y sirve para vehículos de autoridades que visitan la obra y también para vehículos que entregan materiales.

2.7 TOPOGRAFÍA Y UBICACIÓN DE PUNTOS IMPORTANTES DEL PROYECTO.

La EMMAP-Q dispone de la topografía de la zona, por lo cual para el proyecto, fue necesario realizar una verificación del levantamiento topográfico y del perfil del proyecto a fin de comprobar las cotas de los diferentes elementos del proyecto.

El trabajo fue ejecutado con equipos electrónicos de última generación que junto con el software especializado de propiedad de la empresa, se usa para procesar los datos y dibujar. Todas las actividades realizadas anteriormente cumplen con las normas recomendadas por la EMMAP-Q para este tipo de trabajos.

A continuación se muestran las abscisas y cotas del trazado en planta del proyecto, así como también la ubicación de los puntos importantes:

TABLA 1. Abscisas y cotas del proyecto.

N°	ABSCISAS	COTAS	
		TERRENO	PROYECTO
1	0+000	2701,00	2701,00
2	0+020	2698,46	2698,58
3	0+040	2698,41	2697,78
4	0+060	2698,36	2697,00
5	0+080	2698,31	2697,00
6	0+100	2698,26	2700,12
7	0+120	2698,21	2708,44
8	0+140	2698,16	2708,00
9	0+160	2698,11	2702,12
10	0+180	2698,06	2698,51
11	0+200	2698,01	2694,98
12	0+220	2695,36	2694,33
13	0+240	2694,43	2695,00
14	0+260	2694,38	2695,00
15	0+280	2694,33	2693,78

FUENTE: EMAAP-Q.

2.8 SEGURIDAD INDUSTRIAL.[1]

2.8.1 Normas de seguridad industrial

La seguridad industrial es el conjunto de normas de prevención y control que el Contratista debe implementar en cada uno de sus actividades de trabajo e instalaciones a fin de evitar la ocurrencia de accidentes.

El Contratista tiene la obligación de adoptar las medidas de seguridad industrial necesarias en cada uno de los frentes de trabajo, y de mantener programas que logren una adecuada salud física y mental de todo el

[1] EMAAP-Q, DISEÑOS DEFINITIVOS PARA LA PROLONGACIÓN DEL EMBAULADO DEL TÚNEL EN EL SECTOR DEL EL TRÉBOL (ASTEC. CIA.LTDA.).

personal, de acuerdo a la normativa que tiene el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) sobre el tema, con lo cual se deberá cumplir con las siguientes normas:

- Los técnicos y trabajadores deberán realizarse un examen médico, con los respectivos exámenes de laboratorio, con la finalidad de prevenir epidemias. Los trabajadores que vayan a trabajar en el interior de la sección a construirse, se realizarán un chequeo médico previo, y luego semanalmente durante la construcción de la obra, los exámenes serán mínimo de funciones pulmonares, rayos X y audiometría.
- Se implementará una campaña educativa inicial por medio de charlas y afiches informativos sobre las normas elementales de higiene y comportamiento ocupacional.
- Para un mayor control ambiental de las zonas aledañas se deberá reglamentar el uso de las diferentes áreas relacionadas con la de influencia del proyecto, así como los horarios de comidas.
- El personal técnico y obreros de la obra, deberán estar protegidos contra los riesgos producidos por el polvo en el aire o los gases nocivos al interior del embaulamiento
- Para minimizar los riesgos de trabajo, el Contratista deberá proveer a su personal la vestimenta básica como cascos anti-ruidos, mascarillas antigases, botas con planta y punta de acero. Los obreros que

trabajen en zonas altas dispondrán además de cinturones de seguridad provistos de los elementos necesarios para asegurar sus labores.

- Deberá proporcionarse y mantenerse un medio de acceso seguro a todos los lugares de trabajo.
- Planes y procedimientos de evacuación deberán ser desarrollados e informados a los empleados.
- Deberán suministrarse equipos de comunicación entre el frente de trabajo y la boca del embaulamiento, y dichos sistemas deberán ser independientes de la fuente de abastecimiento eléctrico de los mismos.
- La atmósfera en todas las áreas del embaulamiento deberá contener por lo menos un 21 por ciento de oxígeno.
- Deberá proporcionarse suficiente alumbrado para permitir las operaciones seguras en el frente y en el área general del embaulamiento y en el lugar de trabajo de los empleados.
- El aceite, grasa o combustible almacenado bajo tierra deberá ser mantenido en envases herméticos sellados en áreas resistentes a incendios.
- Deberán usarse fluidos hidráulicos resistentes a incendios, aprobados, en las maquinarias y equipos operados hidráulicamente.
- Deberá usarse ropas o equipo de protección cuando así se requiera.

- El empleador deberá examinar y probar el techo, el frente y las paredes del área de trabajo al comienzo de cada turno y en forma frecuente posteriormente.
- El suelo suelto deberá ser removido o soportado. Las condiciones del suelo a lo largo de los pasillos de acarreo y pasillos de viaje serán examinadas periódicamente y graduadas o soportadas cuando y como sea necesario.
- Los soportes de embaulamiento averiados o desprendidos, ya sean conjuntos de acero o de madera, deberán ser reparados o reemplazados. Deberán instalarse nuevos soportes cuando sea posible antes de remover los soportes averiados.
- El equipo mecánico móvil de acarreo deberá estar equipado con dispositivos de advertencia audible. Deben contar con luces en ambos extremos.
- El contratista no permitirá que los empleados viajen en cucharones o en equipo de acarreo que no está específicamente diseñado o adaptado para el transporte de empleados.
- Las líneas eléctricas deberán estar separadas o aisladas de las líneas de agua y líneas neumáticas.

2.8.2 Señalización para seguridad industrial

2.8.2.1 Señales Preventivas

Este tipo de señalización advierte a los usuarios de las vías sobre los peligros potenciales existentes en la zona, cuando exista alguna actividad que afecte el tránsito y pueda presentarse un cierre parcial o total de las vías, las cuales deberán ubicarse con suficiente anticipación en el lugar de inicio de la obra.

Las señales preventivas tendrán forma de rombo y sus colores serán naranja para el fondo y negro para textos, símbolos, flechas y orla. Tendrán un tamaño de 75 ó 90 por 75 ó 90 cm. Se colocarán al (los) lado(s) (derecho y/o izquierdo) de la vía que se afecte por la obra.

Cuando se requieran señales preventivas con texto, su forma será rectangular. Las letras del mensaje serán de una altura de 15 cm como mínimo. Además de las señales preventivas, se podrán utilizar las siguientes, para la señalización de obras que afecten a las vías:

Trabajos en la vía.- Esta señal se utiliza para advertir la proximidad a un tramo de la vía que se ve afectado por la actividad de una obra que perturba el tránsito por la calzada o sus zonas aledañas (Figura 5).

Maquinaria en la vía.- Esta señal se utiliza para advertir la proximidad a un sector por el que habitualmente circula maquinaria o equipo pesado para el desarrollo de obras (Figura 5).

Banderero.- Esta señal se utiliza para advertir a los conductores la aproximación a un tramo de vía que estará controlado por personal de la obra, el cual utilizará señales manuales (Figura 5).



Figura 5. Trabajos en la vía, maquinaria en la vía, banderero.

2.8.2.2 Señales reglamentarias.

Los trabajos en las vías públicas o en las zonas próximas a ellas que afecten el tránsito, originan situaciones que requieren atención especial. Si en tales

condiciones son necesarias medidas de reglamentación diferentes a las usadas normalmente, los dispositivos reglamentarios permanentes se removerán o se cubrirán adecuadamente y se reemplazarán por los que resulten apropiados para las nuevas condiciones del tránsito.

En los sectores en donde se limite el peso del vehículo, o el peso por eje permitido, además de utilizar las señales reglamentarias correspondientes, en la medida de lo posible se habilitará un desvío para los vehículos que excedan los límites señalados para el tramo sometido a la realización de las obras.

Las señales reglamentarias tendrán forma circular y sus colores serán los señalados en los esquemas mostrados más adelante. Su tamaño mínimo será un círculo de diámetro de 75 ó 90 cm. Se colocarán al (los) lado (s) (derecho y/o izquierdo) de la vía que se afecte por la obra. Además de las señales reglamentarias, se podrán utilizar las siguientes, para la señalización de obras que afecten las vías:

Vía cerrada.- Esta señal se utiliza para notificar a los conductores el inicio de un tramo de vía por el cual no se permite circular mientras duren las obras (Figura 6).

Desvío.- Esta señal se utiliza para notificar el sitio mismo en donde es obligatorio tomar el desvío señalado (Figura 6).



Figura 6. Vía cerrada, desvío.

2.8.2.3 Señales Informativas.

Se utiliza señales informativas en la ejecución de obras, para indicar previamente el trabajo que se realiza, distancia y otros aspectos que resulten importantes de destacar.

Las señales de información deberán ser uniformes y tendrán fondo naranja reflectivo, mensaje y orla de color negro. El texto tendrá una altura mínima de letra de 20 cm. Las señales informativas en la ejecución de obras que afectan el tránsito por las vías son:

Aproximación a obra en la vía.- Esta señal se utiliza para advertir a conductores y peatones la aproximación a un tramo de vía afectado por la

obra. La señal llevara la leyenda “OBRA EN LA VÍA”, seguida de la distancia a la cual se encuentra la obra. Se podrá usar conjuntamente con otras señales o repetirla variando la distancia (Figura 7).

Información de inicio o fin de obra.- Esta señal indica el inicio de los trabajos en la vía o zona adyacente a ella, con el mensaje “INICIO DE OBRA”. Igualmente, se instalará otra señal con las mismas características, pero indicando el sitio de finalización de la obra, con la leyenda “FIN DE OBRA”. (Figura 7)

Carril cerrado (Derecho-centro-izquierdo).- Esta señal se utiliza para prevenir a los conductores sobre la proximidad a un tramo de vía en el cual se ha cerrado uno o varios carriles de circulación. El texto de la señal deberá mencionar el (los) carril(es) inhabilitado(s) para el servicio. Por ejemplo: “CARRIL CENTRAL CERRADO” (Figura 7).

Desvío.- Esta señal se emplea para advertir a los usuarios de las vías, la proximidad a un sitio en el cual se desvía la circulación del tránsito. Deberá indicarse la distancia a la cual se encuentra el desvío (Figura 7).



Figura 7. Aproximación a la obra en la vía, información de inicio o fin de obra, carril cerrado, desvío.

2.8.2.4 Dispositivos para canalización del tránsito

La función de estos elementos es encauzar el tránsito a través de la zona de trabajos y marcando las transiciones graduales necesarias en los casos en que se reduce el ancho de la vía o se generan movimientos inesperados. Deberá poseer características tales que no ocasionen daños serios a los vehículos que lleguen a impactarlos.

Será necesario que se contemplen medidas especiales que garanticen el paso de los vehículos en forma gradual y segura a través del área de trabajo, considerando la seguridad de los peatones, los trabajadores y los equipos de la obra. Estos elementos deberán estar precedidos por señales preventivas e informativas y en las horas de oscuridad serán complementados con dispositivos luminosos.

Una disminución inadecuada de los carriles de circulación producirá operaciones de tránsito ajenas a la voluntad de los usuarios, que generan congestión y probabilidad de accidentes en el área. Se recomienda considerar las distancias mínimas contempladas en la siguiente tabla:

TABLA 2. Velocidad de operación y longitud de transición.

Velocidad de operación (Km/h)	Longitud de transición (m)
60	135
55	130
50	110
45	105
40	100

FUENTE: EMAAP-Q.

La longitud mínima recomendada está dada para una vía plana y de alineamiento recto. En el caso de aproximación a rampas, cruces, sitios de visibilidad restringida, etc. será necesario realizar ajustes a las longitudes de la tabla anterior. En general, las mejores operaciones de tránsito resultan cuando los ajustes consisten en incrementar la longitud de transición (L) en vez de reducirla.

En el caso de que los trabajos tengan larga duración, la canalización permanecerá en el mismo lugar por grandes períodos de tiempo, durante los cuales algunos elementos como conos, barricadas, delineadores tubulares,

canecas, etc., se podrían salir de sus lugares originales; por lo que es necesario revisar la canalización periódicamente para asegurar su correcta ubicación y funcionamiento como medida de regulación del tránsito. Esta operación se facilitará si los elementos del alineamiento original se indican en el pavimento con marcas en pintura. En algunas áreas solamente será necesaria la canalización durante la jornada de trabajo, por lo cual deberá retirarse diariamente.

Bajo estas circunstancias, la localización de los dispositivos de canalización deberá marcarse la primera vez que se coloquen.

Barricadas.- Se utilizan para hacer cierres parciales o totales de calzadas o de carriles. Se colocarán perpendicularmente al eje de la vía, obstruyendo la calzada o los carriles inhabilitados para la circulación del tránsito vehicular, en caso de que la calzada esté obstruida totalmente por la barricada, se deberá colocar en la parte superior la señal de Desvío.

Las barricadas estarán formadas por bandas o listones horizontales, entre 2,0 m y 2,4 m de longitud y 20 cm de altura, separados por espacios iguales a sus alturas. Las bandas serán fijadas sobre caballetes, es decir portátiles, para obras de corta duración y a postes firmemente hincados, para obras de

larga duración La altura de cada barricada deberá ser de 1,50 m como mínimo.

Las franjas de las barreras serán de colores alternados blanco y naranja, con una inclinación hacia el piso de 45 grados en la dirección del paso de los vehículos. Las franjas serán elaboradas en material reflectivo de tal manera que sean visibles, bajo condiciones atmosféricas normales, a una distancia mínima de 300 metros, cuando se iluminen con las luces altas de un vehículo normal.

Cuando existen desvíos hacia la izquierda y la derecha, las franjas deberán dirigirse hacia ambos lados, partiendo desde el centro de la barrera. Los soportes y el reverso de la barrera serán de color blanco.

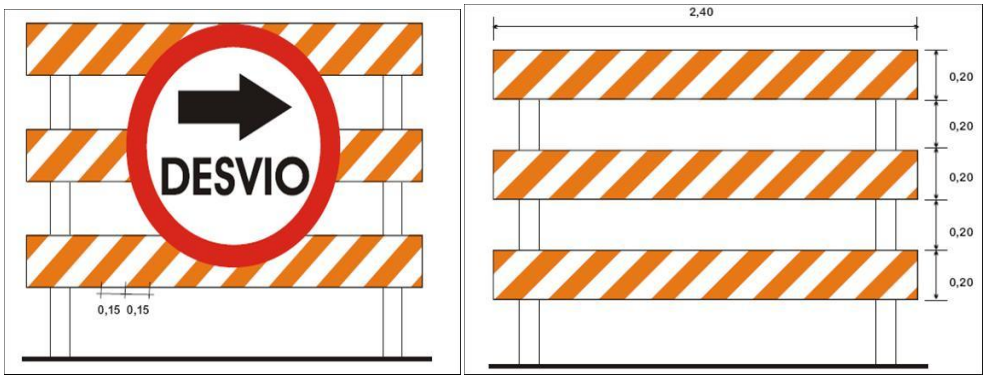


Figura 8. Barricadas.

Conos de Tránsito.- Sirven para delinear carriles temporales de circulación, en la formación de carriles de tránsito que entran a zonas de reglamentación especial y en general en el desvío temporal del tránsito por una ruta.

Son dispositivos en forma de cono truncado fabricados en material plástico de color anaranjado, con protección UV para evitar su decoloración y de alta resistencia al impacto, de tal manera que no se deterioren ni causen daños a los vehículos. Deberán tener un mínimo de 0,45 m de altura, y la base donde se apoya puede tener cualquier forma la cual garantice su estabilidad, que por lo general es cuadrada. Los conos de 0,45 m tendrán dos bandas de 5 cm, separadas entre sí 10 cm y elaboradas en lámina reflectiva. Los conos cuya altura sea de 0,70 m o superior, deberán tener dos bandas: de 15 cm (la superior) y de 10 cm (la inferior).

Se emplearán conos de mayor tamaño cuando el volumen del tránsito, velocidad u otros factores lo requieran. Para el uso nocturno los conos podrán equiparse con dispositivos luminosos que tengan buena visibilidad. Es necesario adoptar medidas para asegurar que los conos no sean movidos por la brisa que producen los vehículos que les pasen cerca, por lo que se recomienda colocar lastre en sus bases.

La forma y dimensiones de los conos se indican a continuación:

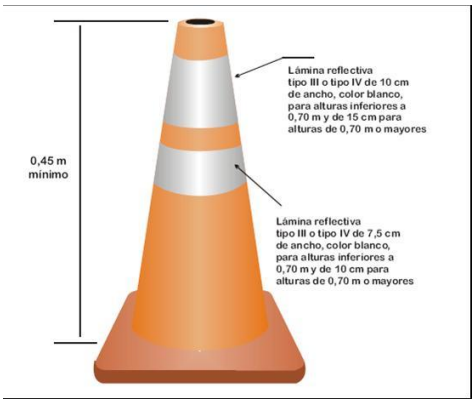


Figura 9. Altura cono de tránsito.

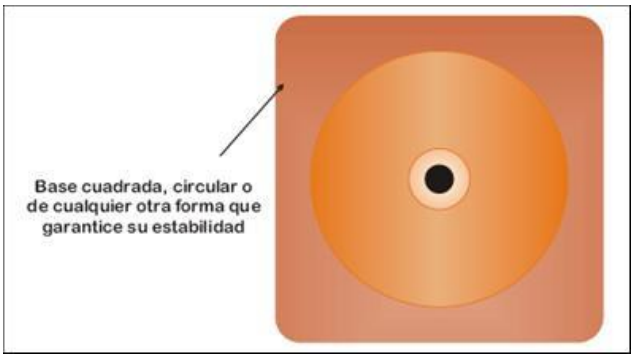


Figura 10. Formas de base para cono de tránsito.

Tabiques, cintas plásticas y mallas.- Estos elementos tienen por función cercar el perímetro de una obra, con el objeto de impedir el paso de tierra o residuos hacia las zonas adyacentes al área de trabajo. Las mallas y cintas plásticas se fijan a tabiques de madera o tubos galvanizados de 2 pulgadas (5.08cm) de diámetro de 1,40 a 1,60 m de altura libre, que se hincan en forma continua sobre el terreno distanciados cada 3 m, aproximadamente. Los tabiques también podrán estar sostenidos sobre bases de concreto, cuyas especificaciones se encuentran en la figura.

Los tabiques o tubos estarán pintados, exteriormente, con franjas alternas de color blanco y naranja elaboradas en lámina reflectiva de 10 cm de ancho e inclinadas a 45º de arriba hacia abajo, indicando el sentido del flujo vehicular cuando su cara externa se encuentra hacia la calzada. Durante la noche podrán acompañarse de dispositivos luminosos intermitentes, se colocarán de manera que no afecten la visibilidad de los vehículos en las intersecciones, para brindar mayor seguridad.

Estos elementos se usarán también para la canalización de personas sobre andenes y senderos peatonales, indicando el corredor previsto para la circulación, con un ancho que depende de su demanda y bajo condiciones prevalecientes de seguridad y comodidad.

Se utilizarán como mínimo dos hiladas de cinta, con una separación entre sí de 50 cm, de colores naranja y blanco, alternados. También podrán usarse cintas de colores negro y amarillo o amarillo y blanco.

Las mallas y cintas no se utilizarán en señalización de cierres parciales o totales de calzada; tampoco en casos de excavaciones que representen un peligro potencial para los peatones.

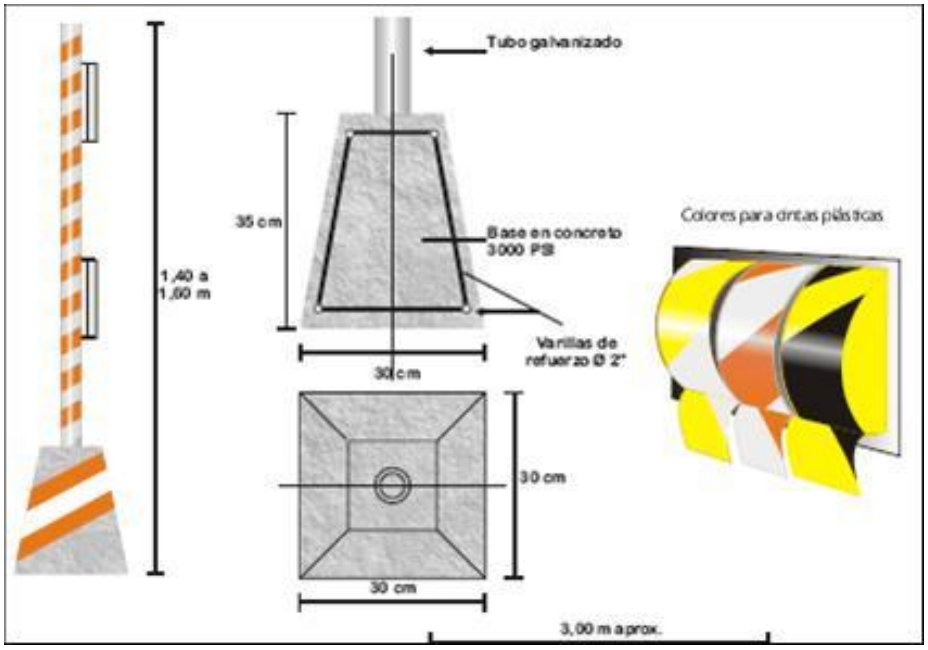


Figura 11. Dimensiones de tabique.

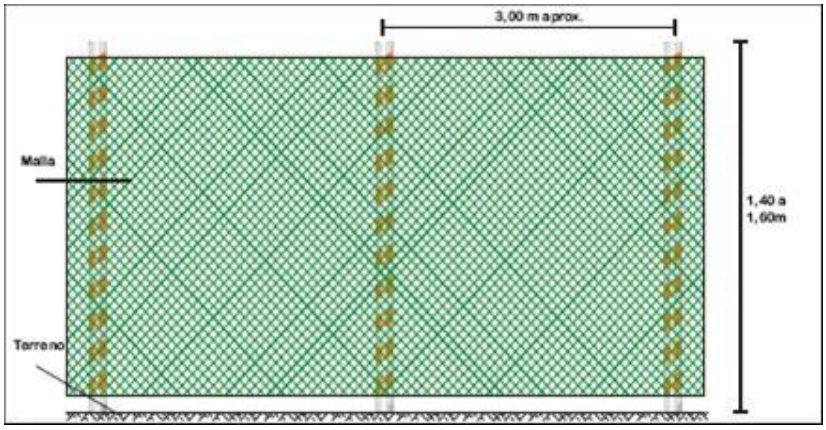


Figura 12. Malla para canalización.

2.8.2.5 Dispositivos luminosos.

El desarrollo de obras genera con frecuencia condiciones peligrosas en horas de oscuridad o en condiciones atmosféricas adversas, por lo tanto es necesario complementar las señales verticales y los elementos de

canalización con dispositivos luminosos, tales como reflectores, luces permanentes y luces intermitentes o de destello.

Reflectores.- En la ejecución de obras estos dispositivos tienen una limitada pero muy importante función, especialmente cuando se utilizan bandereros para regular el tránsito de vehículos. También debido a las fuertes precipitaciones por la estación climática y de los grandes volúmenes a hormigonar, muchas veces es necesario el trabajo nocturno, por lo que es necesaria la utilización de reflectores de por lo menos 250 watts de potencia, los mismos que son estratégicamente colocados para brindar iluminación eficiente para el desarrollo de los trabajos y evitar accidentes que pudieran ocurrir por falta de claridad en las zonas de trabajo.

CAPITULO III

3 ANÁLISIS TÉCNICO

3.1 ANÁLISIS DE TIPO DE SUELO.[2]

3.1.1 Material localizado en el lecho del río

El lecho del río está conformado por depósitos aluviales, conformados por bloques, cantos rodados, gravas, arenas y limos, todos de origen volcánico, evidenciados en las playas aluviales del río Machángara y su lecho, especialmente aguas arriba de la alcantarilla existente bajo el intercambiador de El Trébol. En ese sector puede observarse que el lecho aluvial tiene un mayor número de bloques rocosos andesíticos frescos, de diámetro mayor a 3 m. Son depósitos no consolidados, permeables y con capacidad portante alta (estimada en 30 T/m^2

A continuación se muestra los tamaños de los depósitos que abarcan los siguientes valores:

[2] EMAAP-Q PROLONGACIÓN DEL EMBAULAMIENTO EN EL SECTOR DE EL TRÉBOL, (ASTEC CIA. LTDA).

TABLA 3. Distribución de los tamaños de material encontrado en el río Machángara.

DIAMETRO (m)	CLASIFICACIÓN	CONJUNTO DE MATERIALES (%)	LOCALIZACIÓN
3	Bloques andesíticos	10	Sector del río Machángara antes del ingreso del túnel
-	Gravas, arenas y limos	30	--
0,5 – 2	Cantos rodados	60	--

FUENTE: EMAAP-Q.

No se ha incluido basuras orgánicas o industriales cuya ubicación es difícil determinar, al igual que su espesor y distribución, pero que con seguridad existirán entre los depósitos aluviales.

No ha sido definido el espesor de los depósitos aluviales se incluye a lentes de suelos blandos y basurales. Esos lentes o estratos se presentan en forma errática, por lo que es difícil su ubicación exacta y producirían asentamientos diferenciales en la estructura debido a su poca resistencia mecánica.

Los sectores arenosos, limosos y en los tramos de suelos compresibles y basurales, tienen un coeficiente de balasto bajo, mientras que en los sectores de bloques rocosos y cantos aluviales dicho módulo es alto.

Esa heterogeneidad del comportamiento de la subrasante bajo una presión vertical de aproximadamente 8 kg/cm^2 debida al relleno, es nociva especialmente para la solera de la obra proyectada por lo que se debe uniformizar en la mayor medida posible. Esto se lo logra mejorando la clase de suelo que se encuentra para conformar la solera.

El tipo de suelo que se encuentra en las zonas de fundación del nuevo embaulado, se cataloga, según los estudios geológicos efectuados por depósitos aluviales y volcánicos finos (TABLA 4).

TABLA 4. Estudios de suelo realizados en el proyecto.

Coeficientes	Depósitos	
	Aluviales	Volcánicos finos
Nspt	Entre 4 a 8	Entre 12 a 15
(φ)	20° a 25°	30°
Cohesión (c)	5 a 8 T/m²	10 a 15 T/m²
Densidad	1,6 a 1,8 T/m³	2 T/m³
Esfuerzo admisible (σa)	80 T/m²	80 T/m²
Condiciones	Suelos poco estables, de remoción manual	Suelos colapsibles, remoción sencilla
Coeficiente de fricción	0,45	0,45

FUENTE: EMAAP-Q.

3.1.2 Soluciones para homogenizar el suelo.

Con los resultados de los análisis realizados, que se indican en la sección 3.1.1 se tomo las siguientes decisiones:

1.- Remover bajo la solera y en una profundidad de 1.50 m todos los materiales aluviales y reemplazarlos con material de sub-base clase 3 en un ancho de 8 m, de la siguiente forma:

-Entre las abscisas 0+000 y 0+220 (L=220) en una altura de 1.50 m.

-Entre las abscisas 0+220 y 0+281 (L=61 m) en una altura de 1,00 m, pero debido a que en la excavación se encontró material similar al del primer tramo y con el objeto de dar condiciones similares a la cimentación se procedió a realizar una reposición con sub-base clase 3 en una altura de 1,50 m., en decisión conjunta entre fiscalización y contratista.

2.- El Material de sub-base clase 3 (Norma 403-1) indicada en las especificaciones del MOP 001-F-2001 debe ser tendido, conformado y compactado y cumplir con la granulometría respectiva y llegar a un grado de compactación del 100% según las normas 403-1.05.3; 403-1.05.4 de las publicaciones antes mencionadas, que se encuentran expuestas en la sección 3.1.3.

3.- Sobre el material sub-base granular compactado se colocará un replantillo de hormigón (10 cm de espesor), que evite el deterioro de la capa mejorada, que sirva para aislar, y evitar que sales y minerales ataquen al acero de refuerzo más cercano al suelo. Sobre este replantillo se fundirá la

solera y el colector en general, además servirá para la conformación de los drenes laterales.

3.1.3 Especificaciones.

MOP - 001F – 2001.

403-1.05.3. Tendido, Conformación y Compactación.- Cuando el material de la sub-base haya sido mezclado en planta central, deberá ser cargado directamente en volquetes, evitándose la segregación, y transportando al sitio para ser esparcido por medio de distribuidoras apropiadas, en franjas de espesor uniforme que cubran el ancho determinado en la sección transversal especificada. De inmediato se procederá a la hidratación necesaria, tendido o emparejamiento, conformación y compactación, de tal manera que la sub-base terminada avance a una distancia conveniente de la distribución.

Cuando sea necesario construir la sub-base completa en más de una capa, el espesor de cada capa será aproximadamente igual, y se emplearán para cada una de ellas los procedimientos aquí descritos hasta su compactación final.

Por tratarse de una obra que no es de carácter vial, esta norma se ha tratado de cumplir de la mejor manera posible.

403-1.05.4.Compactación.- Inmediatamente después de completarse el tendido y conformación de cada capa de sub-base, el material deberá compactarse por medio de rodillos lisos de 8 a 12 toneladas, rodillos vibratorios de fuerza de compactación equivalente o mayor, u otro tipo de compactadores aprobados.

El proceso de compactación será uniforme para el ancho total de la sub-base, iniciándose en los costados de la vía y avanzando hacia el eje central, traslapando en cada pasada de los rodillos la mitad del ancho de la pasada inmediata anterior. Durante este rodillado, se continuará humedeciendo y emparejando el material en todo lo que sea necesario, hasta lograr la compactación total especificada en toda la profundidad de la capa y la conformación de la superficie a todos sus requerimientos contractuales. Al completar la compactación, el Contratista notificará al Fiscalizador para la comprobación de todas las exigencias contractuales. El Fiscalizador procederá a efectuar los ensayos de densidad apropiados y comprobará las pendientes, alineaciones y sección transversal, antes de manifestar su aprobación o reparos. Si se hubieren obtenido valores inferiores a la densidad mínima especificada o la superficie no se hallare debidamente conformada, se deberá proceder a comprobar la compactación estadísticamente para que el promedio de las lecturas estén dentro del rango especificado, el Contratista deberá efectuar las correcciones necesarias de acuerdo con lo indicado en el numeral 403-1.04, hasta

obtener el cumplimiento de los requisitos señalados en el contrato y la aprobación del Fiscalizador.

En caso de existir sitios no accesibles a los rodillos indicados para la compactación, como accesos a puentes, bordillos direccionales u otros, se deberá emplear apisonadores mecánicos de impacto o planchas vibrantes, para obtener la densidad especificada en todos los sitios de la sub-base.

Las especificaciones del manual del MOP 001F-2001, están realizadas para la construcción de caminos, pero en el presente caso al tratarse de una obra de conducción y en razón que el eje del tramo de colector y del canal abierto que constituyen el tramo 3, están ubicados en la margen izquierda del río, surgió la dificultad para ingresar un rodillo de las características que pide la norma, por lo que se procedió a la colocación de la sub-base clase tres en capas de 15 cm., las mismas que se compactaron con el uso de apisonadores mecánicos de impacto, pero cuidando de obtener la densidad especificada en todos los sitios.

403-1.04. Ensayos y Tolerancias.- La granulometría del material de sub-base será comprobada mediante los ensayos determinados en la sub-sección 816-2 los mismos que se llevarán a cabo al finalizar la mezcla en planta o inmediatamente después del mezclado final en la vía. Sin embargo, de haber sido comprobada la granulometría en planta, el Contratista

continuará con la obligación de mantenerla en la obra inmediatamente antes del tendido del material.

Deberán cumplirse y comprobarse todos los demás requerimientos sobre la calidad de los agregados, de acuerdo con lo establecido en la sub-sección 816-2 o en las Disposiciones Especiales.

Para comprobar la calidad de la construcción, se deberá realizar en todas las capas de sub-base los ensayos de densidad de campo, usando equipo nuclear debidamente calibrado o mediante el ensayo AASHTO T - 147. En todo caso, la densidad mínima de la sub-base no será menor que el 100% de la densidad máxima obtenida en laboratorio, mediante los ensayos previos de Humedad Optima y Densidad Máxima, realizados con las regulaciones AASHTO T-180, método D.

816-2. Requisitos comunes.- Los agregados empleados en la construcción de Capas de Sub-base deberán graduarse uniformemente de grueso a fino y cumplirán las exigencias de granulometría que se indican en la Tabla 403-1.1 de estas especificaciones, de conformidad a la Clase señalada en los Documentos contractuales, lo cual será comprobado mediante ensayos granulométricos, siguiendo lo establecido en la Norma INEN 696 y 697

(AASHTO T-11 y T-27), luego de que el material ha sido mezclado en planta o colocado en el camino.

Los agregados gruesos no presentarán un porcentaje de desgaste mayor a 50 en el ensayo de abrasión, Normas INEN 860 y 861 (AASHTO T-96), con 500 vueltas de la máquina de Los Ángeles.

La porción del agregado que pase el tamiz Nº 40, incluyendo el relleno mineral, deberá carecer de plasticidad o tener un límite líquido menor de 25 y un índice de plasticidad menor de 6, al ensayarse de acuerdo a los métodos establecidos en las Normas INEN 691 y 692 (AASHTO T-89 y T-90).

Cuando los finos naturales existentes en los materiales originales de la cantera o yacimiento tengan un límite líquido o un índice plástico superiores a los máximos especificados, el Fiscalizador ordenará la mezcla con material adecuado, para reducir los valores de la plasticidad hasta el límite especificado. De no ser factible esto, se procederá como se indica en el numeral 814-2.02.

814-2.02. Requisitos.- Los agregados empleados en la construcción de capas de Base Clase 1 deberán graduarse uniformemente de grueso a fino y cumplirán las exigencias de granulometría que se indican en la Tabla 404-4.1 de estas especificaciones, lo cual será comprobado mediante ensayos granulométricos, siguiendo lo establecido en la Norma INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T-27), luego de que el material ha sido mezclado en planta, o colocado en el camino.

Los agregados gruesos no presentarán un porcentaje de desgaste mayor a 40 en el ensayo de abrasión, Normas INEN 860 y 861 (AASHTO T-96), con 500 vueltas de la máquina de Los Ángeles, ni arrojarán una pérdida de peso mayor al 12% en el ensayo de durabilidad, Norma INEN 863 (AASHTO T 104), luego de 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio.

La porción del agregado que pase el tamiz Nº 40, incluyendo el relleno mineral, deberá carecer de plasticidad o tener un límite líquido menor de 25 y un índice de plasticidad menor de 6, al ensayarse de acuerdo a los métodos establecidos en las Normas INEN 691 y 692 (AASHTO T-89 y T 90).

Cuando los finos naturales existentes en los materiales originales de la cantera o yacimiento tengan un límite líquido o un índice plástico superiores a los máximos especificados, para preparar los agregados con este material, se eliminarán previamente todas las partículas menores a 10 mm por

tamizado; se triturará el material así obtenido, adicionando arena en una planta mezcladora para alcanzar la granulometría especificada.

816-5. Sub-base Clase 3.- La sub-base Clase 3 está formada por agregados gruesos, obtenidos mediante cribado de gravas o roca mezclada con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificada en la Tabla 403-1.1. Este material debe cumplir con los requisitos comunes establecidos en la sub-sección 816-2.

Tabla 403-1.1

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada (%)		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3” (76.2 mm.)	--	--	100
2” (50.4 mm.)	--	100	--
11/2 (38,1 mm.)	100	70 -- 100	--
Nº 4 (4.75 mm.)	30 -- 70	30 -- 70	30 – 70
Nº 40 (0.425 mm.)	10 -- 35	15 -- 40	--
Nº 200 (0.075 mm.)	0 -- 15	0 -- 20	0 – 20

3.2 ANÁLISIS DEL DISEÑO HIDRÁULICO.

3.2.1 Sección hidráulica del embaulamiento existente y análisis del caudal de diseño.

Para realizar el análisis de la sección de la prolongación del embaulamiento, utilizamos el programa Flow Master, el cual entrega las características, así como todos los datos referentes al comportamiento de la sección a estudiar.

Para encontrar los caudales estimados para la sección de inicio del embaulamiento del río Machángara, se baso en dos criterios:

La estimación de escorrentía probable originada en tormentas de diseño con diferentes períodos de retorno, y análisis de la capacidad hidráulica del embaulamiento existente, incluyendo la condición que la sección del embaulamiento trabaje a presión eventualmente de tal manera que no rebose los márgenes hacia aguas arriba, causando daños a los bienes inmuebles.

Los caudales hidrológicos fueron determinados con información existente en la estación Quito Observatorio, para períodos de retorno de 15 y 25 años, según el método de isocromas de Clark, estos datos fueron ratificados con los datos de la estación de Izobamamba, para los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA 5. Caudales hidrológicos de la sección existente del embaulamiento del río Machángara.

Sección de cálculo	Caudal de diseño (m3/s)		
	1996	2012	2025
Embaulamiento existente	176	211,2	237,1

FUENTE: EMAAP-Q.

La sección transversal del embaulamiento existente, es decir, la que se encuentra bajo el intercambiador de El Trébol, es regular formada por tres curvas diferentes, el ancho es de 5.50 m y la altura es de 5.45 m, como se indica en la Figura 13. El perfil longitudinal del embaulamiento presenta, dos escalones de 1,5 m de altura cada uno; mientras que la pendiente longitudinal es igual a Jo=0,5% y se mantiene con la mismo inclinación en los tramos superior e inferior de la conducción.

Con este tipo de sección y las características señaladas en el párrafo anterior, se tiene que para esta conducción, si el nivel del agua llega hasta la altura máxima (5,45 m), el caudal será de 125 m^3/s, el mismo que se considera como el caudal máximo de diseño para la sección de la prolongación del embaulamiento del río Machángara.

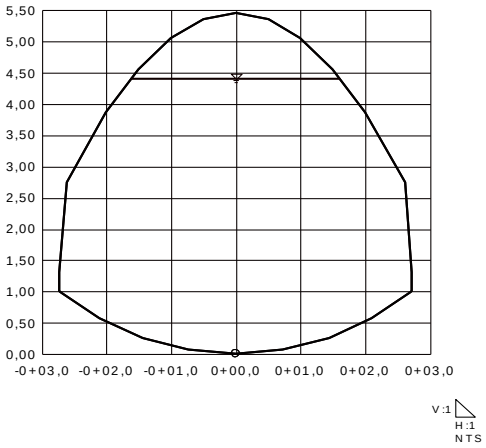


Figura 13. Sección semi-elíptica existente (5,50 x 5,45) cm2.

El caudal máximo de diseño es menor al caudal para el año 2025 (TABLA 5), esto quiere decir que se tiene un déficit de 112,10 m^3/s, por lo que la solución de construir una sección paralela a la prolongación del embaulamiento fue la correcta ya que con ello se cubrirá la diferencia.

La curva de descarga de la sección nos puede dar con mucha facilidad la profundidad para la cual se obtiene el valor del caudal de diseño.

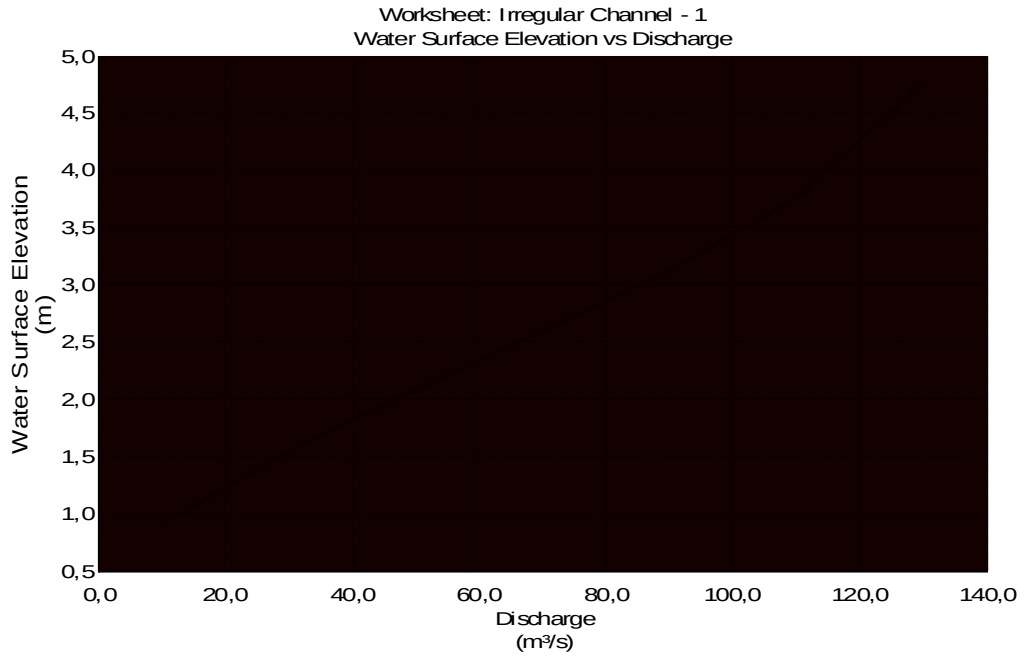


Figura 14. Curva de descarga de la sección semi-elíptica existente.

La profundidad que obtuvimos de la curva de descarga es igual a 4,40 m.

Ahora bien chequeamos con diferentes valores de caudales inferiores al de diseño el tipo de flujo al que corresponden, manteniendo constante el valor de la pendiente Jo=0,5% y para el mismo tipo de sección:

TABLA 6. Comportamiento de la sección existente del río Machángara para diferentes caudales.

Variables	Caudal (m3/s)					
	10	**25**	**50**	**75**	**100**	**125**
Profundidad actual (m)	0,90	1,39	2,08	2,72	3,42	4,40
Profundidad crítica (m)	1,03	1,61	2,36	2,97	3,47	3,92
Velocidad media (m/s)	3,21	4,29	5,26	5,83	6,14	6,22
Carga de velocidad (m)	0,52	0,94	1,41	1,73	1,92	1,97
Número de Froude	1,32	1,33	1,26	1,18	1,03	0,79

Se concluye que para valores menores al caudal de diseño el tipo de flujo llega a ser supercrítico, y únicamente para el valor de 125 m^3/s que corresponde al caudal de diseño, el número de Froude es igual a 0,79, que nos indica que pertenece al tipo de flujo sub-crítico.

3.2.2 Análisis del dimensionamiento de la sección transversal de la prolongación del embaulamiento.

La prolongación del embaulamiento del río Machángara tiene una sección tipo baúl, con un ancho igual a la de la sección existente, es decir 5,50 m, con el objeto de darle continuidad y no producir cambios o variaciones en el flujo del río.

La altura de la sección transversal tipo baúl tiene una altura de 6 m, la bóveda es circular cuyo radio es igual a 2,75 m y los hastiales tienen una altura de 3,25 m. El caudal de diseño se considera que es igual a 125 m^3/s, ya definido anteriormente, y la rugosidad es 0,015 correspondiente a superficie de hormigón.

A continuación se muestra la geometría de la sección transversal de la prolongación del embaulamiento:

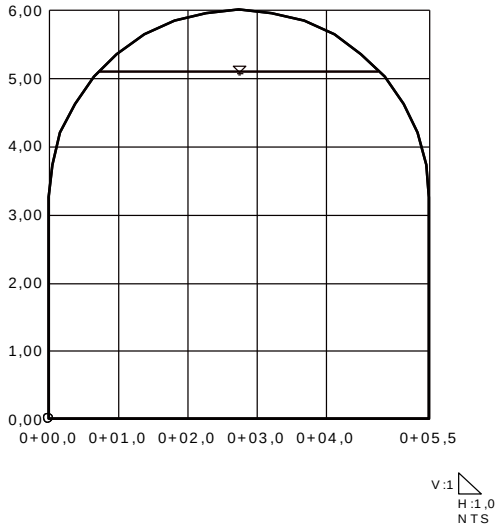


Figura 15. Sección baúl (5,50x6,00) cm^2.

Con estas características se procede a chequear para la cual la sección cumple con el caudal máximo de diseño, tenga un porcentaje de llenado del 85%, es decir, para una profundidad de 5,10 m. y que el tipo de flujo sea subcrítico.

Por lo que se ha graficado las curvas de descargas correspondientes a diferentes pendientes longitudinales.

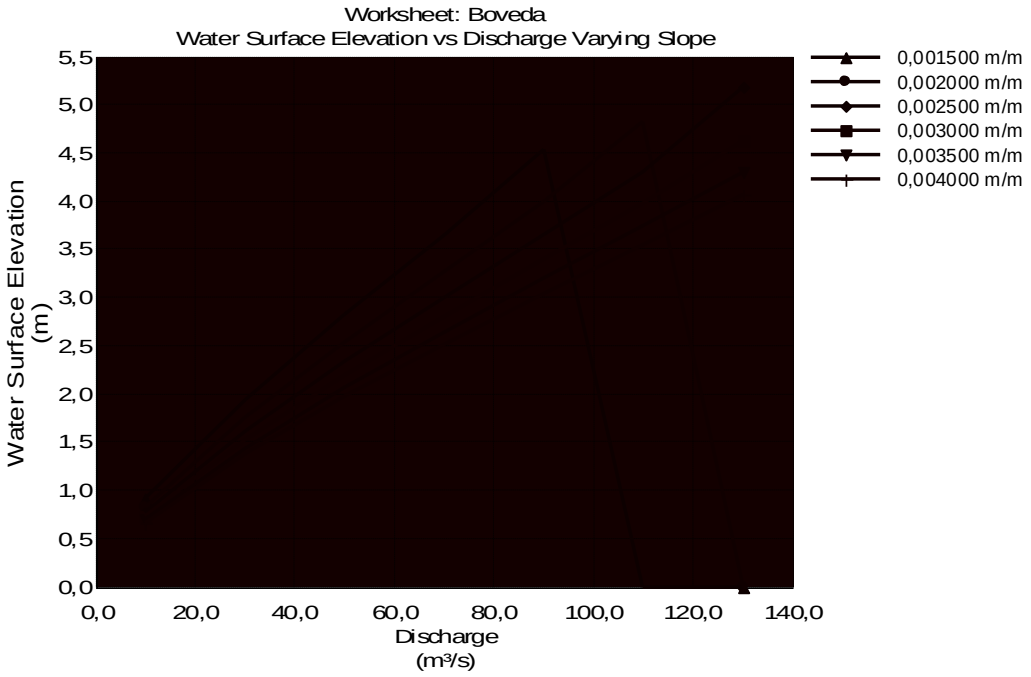


Figura 16. Curva de descarga de la sección tipo baúl.

El valor de la pendiente para el cual se cumple las anteriores condiciones es de Jo=0,25%.

Posteriormente con los datos obtenidos se procede a chequear para distintos valores de caudales inferiores al de diseño, el tipo de flujo al que pertenece:

TABLA 7. Características hidráulicas de la prolongación del embaulamiento del río Machángara.

Variables	Caudal (m3/s)					
	10	25	50	75	100	125
Profundidad normal (m)	0,77	1,42	2,33	3,16	3,97	4,91
Velocidad media (m/s)	2,37	3,19	3,89	4,31	4,59	4,74
Profundidad crítica (m)	0,7	1,28	2,04	2,67	3,23	3,73
Carga de velocidad (m)	0,29	0,52	0,77	0,95	1,08	1,14
Numero de Froude	0,86	0,85	0,81	0,77	0,72	0,62

Se tiene que para cualquier tipo de caudal inferior al de diseño el tipo de flujo es sub-critico, por lo que se ratifica que la pendiente seleccionada es la correcta, y además si se hubiese disminuido más la pendiente, la sección baúl de 5,50x6,00 m^2 habría perdido capacidad de transporte para caudales extraordinarios.

3.2.3 Análisis de los perfiles hidrodinámicos.

Los desniveles que se encuentran al inicio de la prolongación del embaulamiento y en la sección de entrega del cauce natural del río, tienen valores de $\Delta z = 2{,}5\, m$ y $\Delta z = 3{,}5\, m$, respectivamente, por lo que en ambos casos se tiene la necesidad de diseñar los perfiles hidrodinámicos en la contrahuella, la geometría del perfil hidrodinámico es la de un disipador de energía.

La forma escogida del perfil hidrodinámico es la de una parábola, que es basada en ensayos de laboratorios de hidráulica, la ecuación que se obtiene para las características geométricas de la prolongación del embaulamiento es la siguiente:

$y = -0{,}120863 \cdot x^{1{,}831}$, para lo cual se ha colocado sus respectivas coordenadas y graficado sus perfiles, con sus arreglos a una ecuación de segundo orden.

TABLA 8. Coordenadas de los perfiles hidrodinámicos.

COORDENADAS DEL PERFIL Δ= 2,5m	
x (m)	**y (m)**
0,00	0,01
1,00	-0,14
1,50	-0,27
2,00	-0,44
2,50	-0,65
3,00	-0,90
3,50	-1,19
4,00	-1,52
4,50	-1,88
5,24	-2,50

COORDENADAS DEL PERFIL Δ= 3,5m	
x (m)	**y (m)**
0,00	0,01
1,00	-0,14
1,50	-0,27
2,00	-0,44
2,50	-0,65
3,00	-0,90
3,50	-1,19
4,00	-1,52
4,50	-1,88
5,00	-2,29
5,50	-2,73
6,00	-3,22
6,27	-3,50

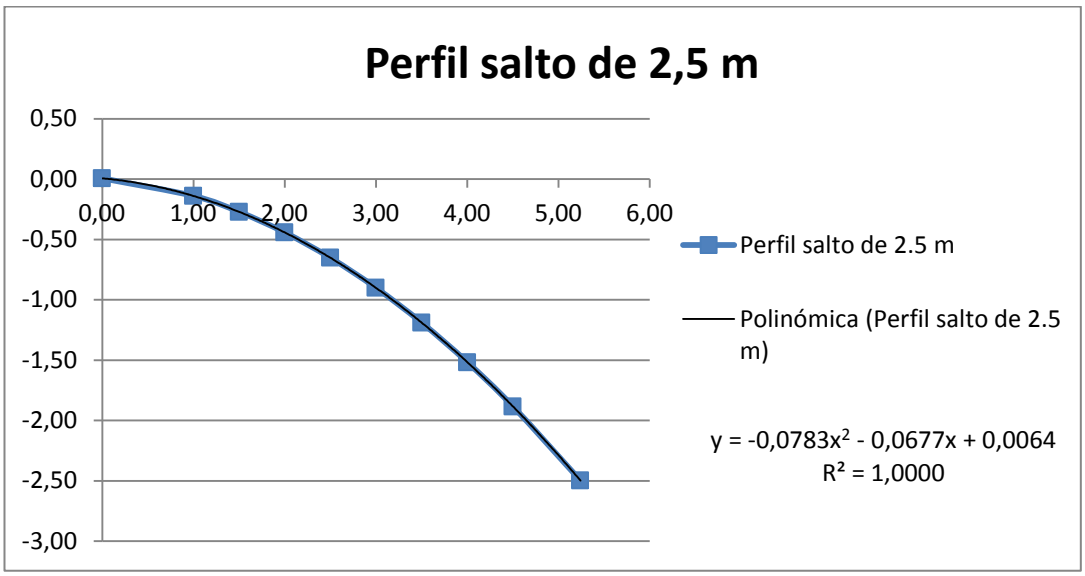


Figura 17. Perfil hidrodinámico de contrahuella de 2,5m de altura, al inicio de la prolongación del embaulado.

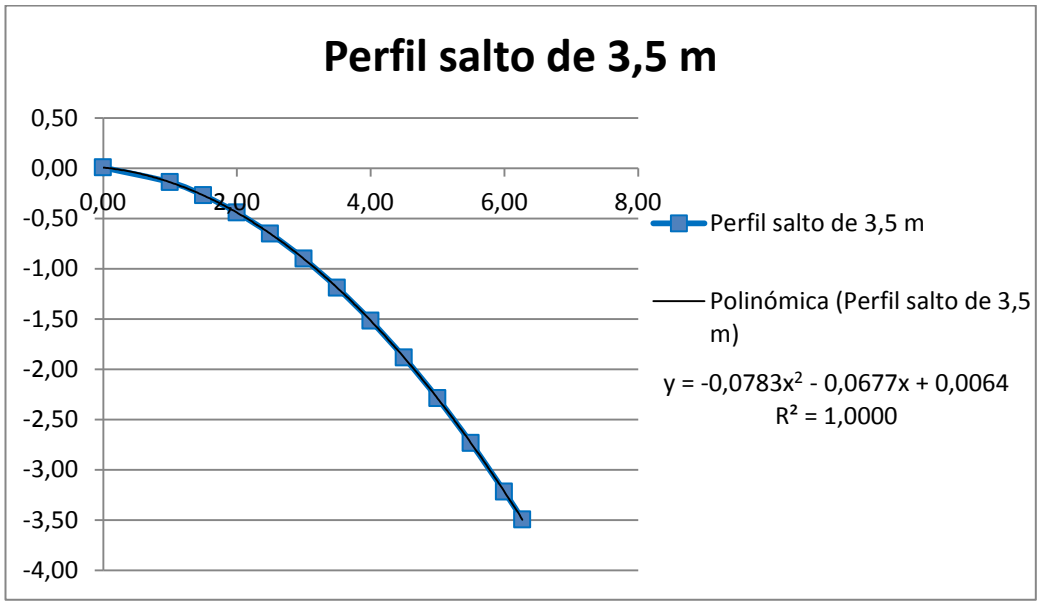


Figura 18. Perfil hidrodinámico de la contrahuella de 3,5 m de altura en la sección de entrega del cauce natural del río.

Con lo cual se ha procedido a analizar los perfiles hidrodinámicos.

TABLA 9. Análisis de los perfiles hidrodinámicos.

No	Magnitud	Símbolo	Valores					
			Perfil con salto de 2,5 m			Perfil con salto de 3,5 m		
1	Caudal total (m3/s)	Q	125,00	80,00	20,00	125,00	80,00	20,00
2	Ancho del canal aprox (m)	b	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
3	Caudal unitario	q	22,73	14,55	3,64	22,73	14,55	3,64
4	Profundidad crítica (m)	yc	3,73	2,78	1,10	3,73	2,78	1,10
5	Altura de la grada (m)	w	2,50	2,50	2,50	3,50	3,50	3,50
6	Relación 0,15<yc/w<0,93	yc/w	1,49	1,11	0,44	1,07	0,79	0,31
7	Profundidad final (m)	yb	2,77	2,10	0,85	2,77	2,10	0,85
8	Energía mínima (m)	(Ho)min	5,63	4,18	1,66	5,63	4,18	1,66
9	Profundidad contraída (m)	y_1	2,65	1,78	0,53	2,43	1,68	0,48
10	Velocidad sección contraída (m/s)	V_1	8,58	8,17	6,86	9,35	8,66	7,58
11	Relación de profundidades	y_1/yc	0,71	0,64	0,48	0,65	0,60	0,44
12	Energía al pie (m)	H_1	6,40	5,18	2,93	6,89	5,50	3,41
13	Froude en (1)	Fr_1	**1,68**	**1,96**	**3,01**	**1,92**	**2,13**	**3,49**
14	Profundidad conjugada (m)	y_2	5,12	4,11	2,01	5,48	4,30	2,14
15	Velocidad sección conjugada (m/s)	V_2	4,31	3,25	1,64	4,22	3,13	1,55
16	Relación de profundidades	y_2/yc	1,51	1,63	2,01	1,62	1,70	2,14
17	Froude en (2)	Fr_2	**0,58**	**0,49**	**0,35**	**0,55**	**0,46**	**0,32**
18	Energía en profundidad conjugada (m)	H_2	6,06	4,65	2,14	6,39	4,79	2,26

En la TABLA 9 se observa que el número de Froude varía de 1.92 a 3.49 para caudales de 125 m^3/s a 20 m^3/s, respectivamente, a la salida del cuenco al pie de la grada en el segundo escalón, por lo que para valores de número de Froude menores de 4.5 al pie, se caracterizan a saltos oscilantes con fuerte formación de ondas, con lo cual se concluye que:

- La construcción del umbral (dentellón) continúo de fondo a la salida del cuenco de disipación fue una correcta elección, ya que mejorar el funcionamiento hidráulico ayudando a reducir la formación de ondas en la zona de aguas abajo.

3.2.4 Análisis del trazado en planta y en perfil del proyecto

El trazado del proyecto propuesto por la consultora ASTEC, se ha esquematizado en la Figura 19, para el cual detallaremos su trayectoria.

El trazado propuesto se inicia con el primer perfil o salto de altura igual a 2,5 m, al final del embaulado existente y tiene un desarrollo longitudinal de 5,35 m, definido en la

Figura 17.

El flujo que desciende por el salto llega al pie con una profundidad contraída de 2,65 m y con una velocidad de 8.58 m/s, presentado en la TABLA 9 en donde se detallan los parámetros para la estabilización del resalto al pie del mismo.

La disipación de energía en esta sección se garantiza mediante el resalto estabilizado al pie del escalón, ya que para los diferentes rangos de caudales estudiados la profundidad conjugada es similar a la profundidad normal en el tramo de aguas abajo, como se muestra en la siguiente tabla.

TABLA 10. Profundidades de salto de 2,5 m.

Caudal de operación (m3/s)	Calado contraído al pie del salto (m)	Calado Conjugado (m)	Profundidad normal aguas abajo (m)	Observaciones
125,00	2,65	5,12	4,91	Salto Estabilizado
80,00	1,78	4,11	3,32	
20,00	0,53	2,01	1,22	

Por esta razón las profundidades normales son suficientes para estabilizar el resalto que se forma al pie del primer escalón.

El perfil del tramo de prolongación inicia con el primer escalón detallado anteriormente, posteriormente se tiene un cambio de dirección de 94,3° con giro hacia la izquierda, la pendiente longitudinal luego del salto es constante e igual al 0.25% con una profundidad normal de 4,91 m. Aguas abajo se continúa con un tramo recto, luego se realiza un cambio de dirección en planta con un giro de 41° hacia la derecha. El radio de curvatura de los dos cambios de dirección es de 1,88 veces al ancho del canal, lo que garantiza que el flujo sea subcrítico.

El trazado en planta continúa su desarrollo con un tramo recto, luego del cual se encuentra el segundo salto de altura de 3,5 m, el cual tiene un desarrollo de 6,50 m representado en la Figura 18, en cual se presenta el calado contraído para producir el resalto hidráulico para disipar la energía residual y continuar con el flujo subcrítico, cuyos parámetros hidráulicos están presentados en la TABLA 9, las profundidades contraídas y conjugadas se presentan a continuación:

TABLA 11. Profundidades de salto de 3,5 m.

Caudal de operación (m3/s)	Calado contraído al pie del salto (m)	Calado Conjugado (m)	Profundidad normal aguas abajo (m)	Observaciones
125,00	2,43	5,48	4,91	Requiere un umbral de 0,57m
80,00	1,68	4,30	3,32	Requiere un umbral de 0,98 m
20,00	0,48	2,14	1,22	Requiere un umbral de 0,92m

Se observa que el umbral de 1 m de altura construido en la sección transversal final del tramo de prolongación fue el correcto y que la escotadura de 1,40 m de ancho en la parte central es adecuada para los sedimentos arrastrados por el río

La altura de 6m de la sección definida se justifica, ya que en la profundidad del flujo varía entre 5,12 y 5,48 metros manteniendo así un borde libre suficiente para la ventilación del flujo.

Finalmente el flujo transitado por el embaulamiento existente y su prolongación será entregado al cauce natural, que termina en la sección transversal del río donde se ha ubicado el enrocado de protección a la salida del nuevo túnel de encauzamiento del río Machángara.

El perfil del flujo gradualmente variado para el caudal de diseño se encuentra presentado a continuación.

TABLA 12. Perfil del flujo a lo largo de la conducción.

Abscisa	Tramo	Geometría	Prof. del flujo (m)	Tipo de flujo	Observaciones
0+00 a 0+00502	Tramo final del embaulado existente y primer escalón de 2,5 m	Sección semi-elíptica de 5,50 x 5,45 m, Jo = 0,5% Transición.	2,65	Supercrítico	Profundidad contraída al pie del mismo.
0+00502 a 0+026	Pie del escalón de 2,5 m y primera curva en planta.	Sección baúl 5,50 x 6,00 m² Jo = 0,25%.	4,91	Resalto estabilizado y flujo subcrítico	Cambio de alineación, giro a la izquierda de 94□□
0+026 a 0+204	Fin de primera curva hasta inicio de segunda curva en planta	Sección baúl 5,50 x 6,00 m² Jo = 0,25%.	4,91 hasta 3,17	Subcrítico.	Tramo recto, entre los cambios de alineación.
0+204 a 0+220,2	Fin de segunda curva en planta hasta segundo escalón de 3,5 m	Sección baúl 5,50 x 6,00 m² Jo = 0,25%	2,43	Supercrítico.	Profundidad contraída al pie del segundo escalón
0+220,2 a 0+255,2	Pie del segundo escalón de 3,5 m	Sección baúl 5,50 x 6,00 m² Jo = 0,25%.	4,91	Resalto estabilizado y flujo subcrítico.	Tramo final del embaulado.
0+255,2 a 0+282	Canal abierto	Sección rectangular 5,50 x 5,50 m² Jo = 0,1%.	4,82	Subcrítico.	Profundidad del flujo en canal abierto.



Figura 19. Trazado en planta del proyecto.

3.3 ANÁLISIS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL

3.3.1 Bases del análisis del diseño estructural

El relleno que conforma la prolongación del embaulamiento del sector de El Trébol tendrá una altura de 50m en su parte más alta, y de 30 m en el inicio, estas medidas fueron tomadas desde el nivel de la solera. Con los datos de diseño hidráulico, sabemos que la estructura a estudiar es tipo baúl, las dimensiones analizadas tienen una base de 5,50 m y una altura de 6 m que corresponden a las dimensiones interiores.

Después del tramo embaulado se construyó un tramo de canal abierto, con paredes de hormigón, las dimensiones internas son de 5,50 m y una altura de 8.30 m, finalmente se construyó un muro luego del canal abierto, con una altura de 8,00 m en la pantalla y una cimentación de 1,00 m de altura por 4,80 m de ancho.

La resistencia a la compresión del hormigón es de 400 kg/cm^2 a los 28 días, para el embaulado, el canal abierto y los muros de contención. Lo que permite contar con una estructura de alta confiabilidad para su comportamiento, y favorece su estanqueidad, por control de agrietamiento. El acero de refuerzo

tiene una resistencia de 4200 kg/cm^2 para todas las estructuras mencionadas en los párrafos anteriores.

Por considerarse que existirán filtraciones interiores en el relleno, se ha previsto la utilización de sub-drenes, cunetas de coronación y la captación de ojos de agua, así como la actuación de la sub-presión.

Los elementos sometidos a cortante deben cumplir con los requerimientos por corte, descritos en el código ACI-318S, $V_U \leq \varphi V_n$, en donde, V_U es la fuerza cortante mayorada en la sección considerada y φV_n es la resistencia nominal al cortante.

Se chequea que las estructuras cumplan con los valores de cuantía mínima (ρ_{min}) por control de agrietamiento, en sentido horizontal $0{,}002 \cdot Ag$ para temperatura y $0{,}0025 \cdot Ag$ para flexión, y en sentido vertical $0{,}0012 \cdot Ag$ para temperatura y $0{,}0033 \cdot Ag$ para flexión, en donde, Ag es el área bruta del hormigón.

3.3.2 Análisis de las dimensiones y acero de refuerzo de la sección del embaulado.

Las dimensiones y acero de refuerzo colocado en el embaulado se describen en la siguiente figura:

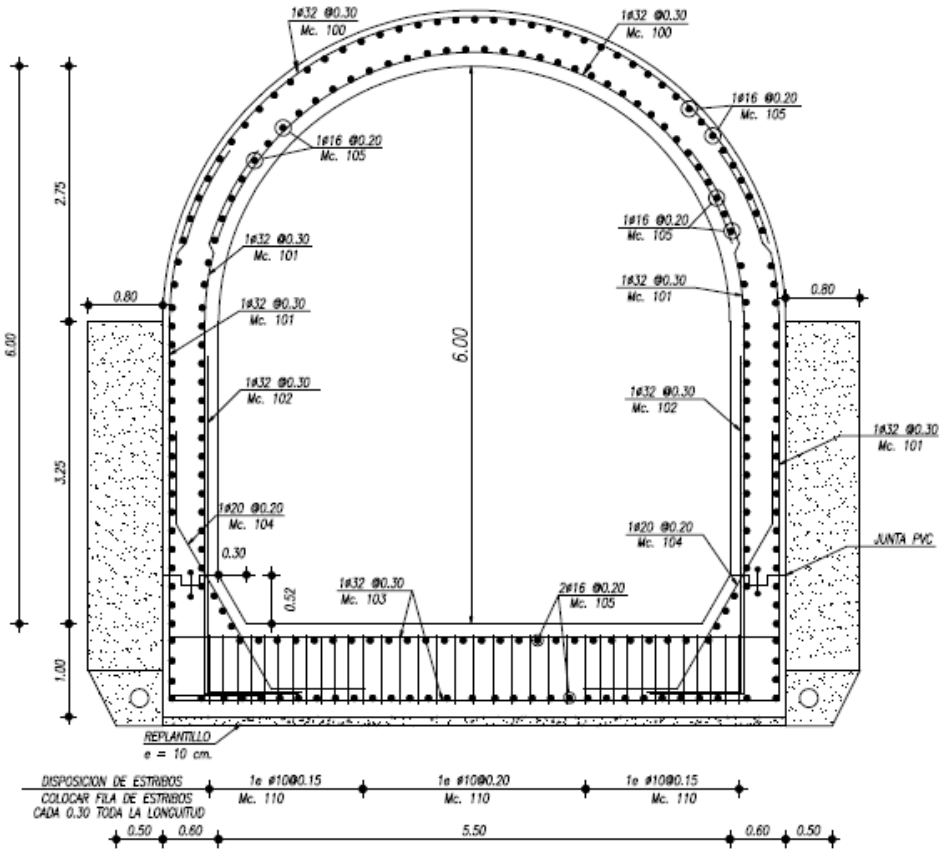


Figura 20. Dimensiones de sección del embaulamiento.

Para las paredes de embaulamiento se calcula el valor de cuantía, que se muestra a continuación:

TABLA 13. Calculo de la cuantía de acero en las paredes.

ACERO LONGITUDINAL			ACERO TRANSVERSAL		
DATOS	**CANTIDAD**	**UNIDAD**	**DATOS**	**CANTIDAD**	**UNIDAD**
b	100,00	cm	b	100	cm
d	51,40	cm	d	49	cm
As	48,25	cm^2	As	8,04	cm^2
ρ	0,0094		ρ	0,0016	
ρmínimo	0,0033		ρmínimo	0,0012	

De igual manera se procede para la cimentación.

TABLA 14. Calculo de cuantía en la solera.

ACERO LONGITUDINAL			ACERO TRANSVERSAL		
DATOS	**CANTIDAD**	**UNIDAD**	**DATOS**	**CANTIDAD**	**UNIDAD**
b	100,00	cm	b	100	cm
d	91,40	cm	d	89	cm
As	32,17	cm^2	As	20,11	cm^2
ρ	0,0035		ρ	0,0023	
$\rho_{mínimo}$	0,0025		$\rho_{mínimo}$	0,0020	

Los valores de la cuantía tanto en la en las paredes como en la cimentación son mayores al valor mínimo, por lo que las paredes se encuentran bien dimensionadas.

Por otro lado se tiene el acero de construcción que se encuentra bien diseñado, ya que debido a que tiene la misma separación que los aceros estructurales, nos ayuda a confinar más a la estructura, y nos ayuda también el instante del armado de la estructura.

3.3.3 Análisis de las dimensiones y acero de refuerzo del canal abierto.

Las dimensiones y acero de refuerzo colocado en el canal abierto se describen en la siguiente figura:

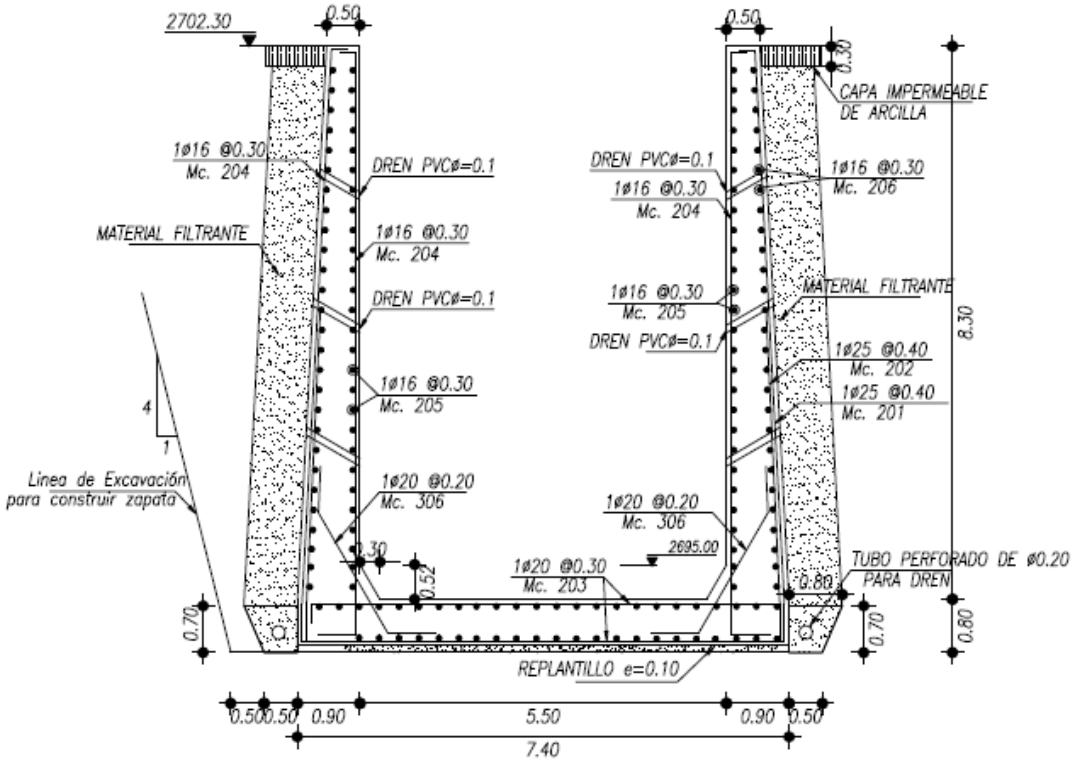


Figura 21. Dimensiones de canal rectangular.

Para las paredes se va a proceder a chequear los valores de corte y acero de refuerzo colocados.

TABLA 15. Calculo de refuerzo de la estructura y acero de temperatura.

DATOS	ALTURA (m)			UNIDAD
	8,30	**5,53**	**2,77**	
b	100,00	100,00	100,00	cm
d	81,75	68,42	55,08	cm
EA(suelo)	18,60	8,27	2,07	t
brazo	2,77	1,84	0,92	m
Vu	31,62	14,05	3,51	t
ϕVc	73,66	61,64	49,63	t
Mu	87,48	25,92	3,24	t.m
As	29,03	10,15	1,56	cm^2
As(min)	27,25	22,81	18,36	cm^2
As(temp)	7,36	6,16	4,96	cm^2

Los valores de Vu para todas las alturas son menores a ϕVc, por lo cual las paredes cumplen con los requerimientos por corte según el código ACI-318S, en todos los casos.

El acero longitudinal colocado en la cara que está en contacto con el suelo es de *1Ø25@40cm* para la altura de 8,30 m y la de 5,53 m, el valor de acero de refuerzo necesario es de 29,03 cm^2 que equivale a *6Ø25* por lo que el arreglo de acero colocado es el correcto. El acero longitudinal colocado en la cara de contacto con el agua es de *1Ø16@30cm*, el valor de acero necesario corresponde al valor por temperatura igual a 7,36 cm^2 que equivale a *4Ø16*, por lo que el arreglo colocado es el correcto.

El acero transversal colocado en cada cara es de *1Ø16@30cm*, el valor de acero necesario es de 7,36 cm^2 que equivale a *4Ø16*, por lo que el arreglo colocado es el correcto.

Para la solera del canal se chequeó si los valores cumplían con las cuantías mínimas requeridas por el código ACI, con lo cual se obtiene los siguientes resultados:

TABLA 16. Calculo de la cuantía de acero en la solera.

ACERO LONGITUDINAL			ACERO TRANSVERSAL		
DATOS	CANTIDAD	UNIDAD	DATOS	CANTIDAD	UNIDAD
b	100,00	cm	b	100,00	cm
d	72	cm	d	69	cm
As	21,99	cm^2	As	8,04	cm^2
ρ_{solera}	0,0031		ρ_{solera}	0,0012	
ρ_{min}	0,0025		ρ_{min}	0,0012	

Los valores de acero longitudinal como transversal de la solera cumplen ya que los valores de la cuantía son mayores a los mínimos. Igualmente el acero de construcción se encuentra bien diseñado por los motivos dados en la sección 3.3.2.

3.3.4 Análisis de las dimensiones y acero de refuerzo en muro de contención.

Las dimensiones de la sección de hormigón y disposición del acero de refuerzo colocado en los muros se describen en la figura siguiente:

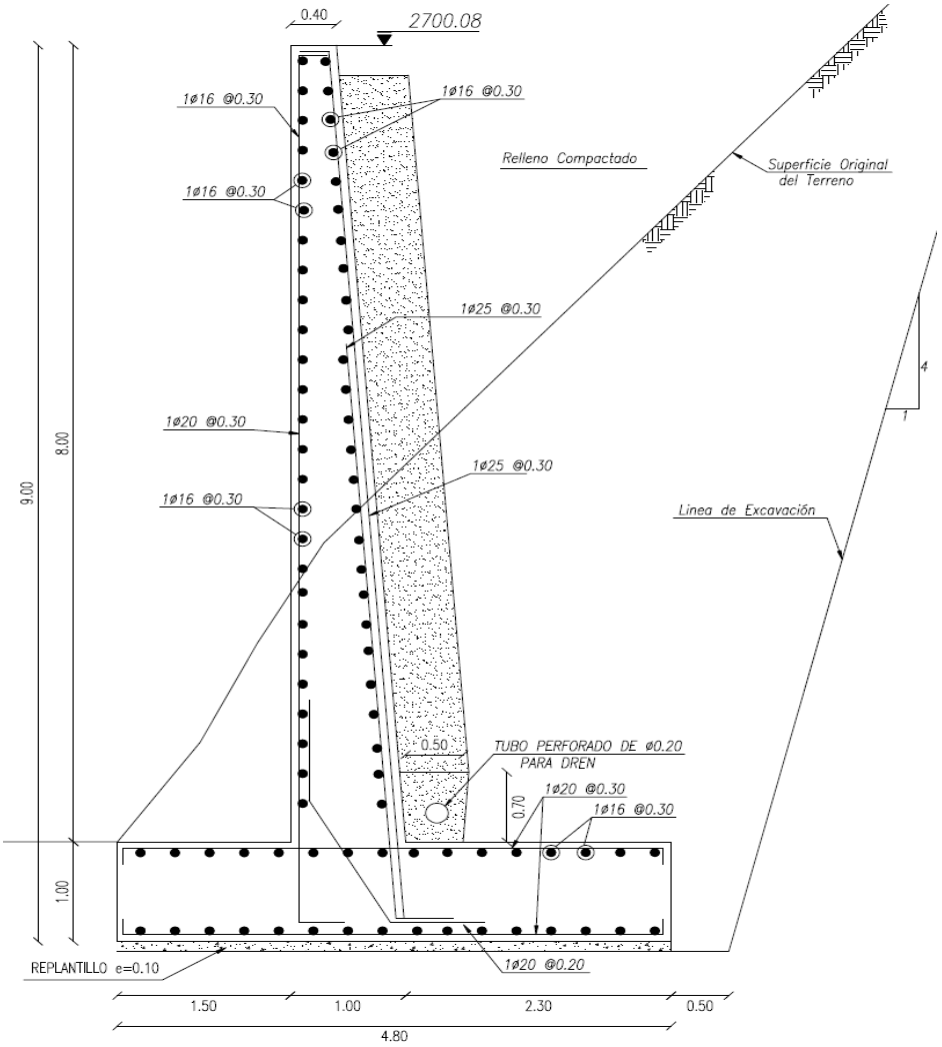


Figura 22. Dimensiones de muro de contención.

Lo que se va a proceder a chequear primero es la estabilidad de la estructura, para lo cual se necesita que el factor de seguridad por volcamiento sea mayor a 2,00 y el factor de seguridad por deslizamiento sea mayor a 1,50.

TABLA 17. Factores de seguridad de volcamiento y deslizamiento de la estructura.

SECCION	DIMENSIONES (m^2)	P.U (t/m^3)	PESO (t)	BRAZO (m)	MOMENTO (t.m)
PC1	0,60X8,00/2	2,4	5,76	2,10	12,10
PC2	0,40x8,00	2,4	7,68	1,70	13,06
PC3	4,80x1,00	2,4	11,52	2,40	27,65
PS1	0,60X8,00/2	1,8	4,32	2,30	9,94
PS2	2,30x8,00	1,8	33,12	3,65	120,89
EA	1/2x0,3x8,00^2	1,8	17,28	2,67	46,08
				F.S volcamiento=	3,98
				F.S deslizamiento=	1,63

El muro cumple con los valores del factor de seguridad por deslizamiento y volcamiento, debido a que estos valores son mayores a los requeridos.

Para el análisis de la pantalla se calcula los valores de corte y acero de refuerzo requeridos, a través de la sección transversal del muro, para lo cual se obtuvo los siguientes resultados:

TABLA 18. Calculo de acero estructural, mínimo y de temperatura de la pantalla.

DATOS	CANTIDAD		UNIDAD
H	8	5,33	m
f´c	400	400	kg/cm^2
fy	4200	4200	kg/cm^2
b	100	100	cm
d	91,75	71,75	cm
Vu	25,92	11,52	t
ϕVc	82,67	64,65	t
Mu	69,12	20,48	t.m
As	20,27	7,62	cm^2
As(min)	30,58	23,92	cm^2
As(temp)	5,51	4,31	cm^2

El valor de Vu es menor a ϕVc, por lo cual cumple con el requerimiento por corte correspondiente al código ACI.

El acero longitudinal para la cara que está en contacto con el suelo es de $1Ø25@30\ cm$ que corresponde a un área de 29,45 cm^2, el cual cumple con el valor de acero mínimo en los 2/3 de altura que tiene un valor de 23,92 cm^2.

El acero transversal que se coloco fue $1Ø16@30\ cm$ en las dos caras de muro, que corresponde a un área de 6,03 cm^2 y cumple ya que este valor es mayor al acero de temperatura que es igual a 5,51 cm^2 en las dos caras del muro.

El acero longitudinal para momento negativo colocado fue $1Ø16@30\ cm$ que corresponde a un área de 6,03 cm^2 de igual o mayor valor al acero de temperatura.

Para el análisis del talón y dedo necesitamos disponer del esfuerzo realizado por el suelo, mediante los datos obtenidos de la (TABLA 17), con lo cual se han obtenido los siguientes valores:

TABLA 19. Calculo de los esfuerzos producidos por el suelo.

DATOS	CANTIDAD	UNIDAD
e	0,20	m
q1	9,82	t/m^2
q2	16,18	t/m^2

Ahora bien, para el análisis se necesitó especificar las fuerzas que actúan en el talón y dedo con su respectivo brazo de palanca para determinar el corte y momento que actúan sobre cada elemento del muro.

TABLA 20. Calculo de fuerzas que actúan sobre el talón.

REACCIONES SOBRE EL TALÓN DEL MURO					
Sección	**P (t)**	**Pu (t)**	**Brazo (m)**	**M (t.m)**	**Mu (t.m)**
P5	33,12	46,37	1,15	38,09	53,32
Wtalón	5,52	7,73	1,15	6,35	8,89
Rsuelo1	22,58	38,39	1,15	25,97	44,15
Rsuelo2	3,51	5,97	0,77	2,70	4,59
	ΣPu=	**9,74**		**ΣMu=**	**13,47**

TABLA 21. Reacciones sobre el dedo.

REACCIONES SOBRE EL DEDO DEL MURO					
AREA	**P (t)**	**Pu (t)**	**Brazo (m)**	**M (t.m)**	**Mu (t.m)**
Wdiente	3,60	5,04	0,75	2,70	3,78
Rsuelo1	21,29	36,18	0,75	15,96	27,14
Rsuelo2	1,49	2,54	1,00	1,49	2,54
	ΣPu=	**33,68**		**ΣMu=**	**25,90**

Después se procede a chequear los valores de corte y acero de refuerzo para la cimentación del muro

TABLA 22. Calculo del acero estructural, mínimo y de temperatura de la cimentación.

DATOS	**CANTIDAD**		**UNIDAD**
	TALÓN	**DEDO**	
f´c	400	400	kg/cm²
fy	4200	4200	kg/cm²
b	100	100	cm
d	92	92	cm
Vu	9,74	33,68	t
ϕVc	82,89	82,89	t
Mu	13,47	25,90	m2
As	3,89	7,51	cm²
As (min)	23,00	23,00	cm²
As(temp)	8,01	8,01	cm²

Los valores de corte cumplen de acuerdo al código ACI, ya que el valor de Vu es menor que el valor de ϕVc, para los dos elementos del muro.

El acero de refuerzo longitudinal colocado es de $1\emptyset 20@30\ cm$, es decir, 9,42 cm^2 y el acero necesario es de 7,51 cm^2. El refuerzo transversal colocado es, de $1\emptyset 16@30\ cm$, que corresponde a 8,04 cm^2 y el acero necesario es de 8,01 cm^2, por tanto cumple con los valores de acero necesario para la sección.

CAPITULO IV

4 PROCESO CONSTRUCTIVO

4.1 INICIO DE TRABAJOS Y CONTROL DE ACTIVIDADES

A fin de planificar adecuadamente el desarrollo de la obra en base al cronograma de trabajos, se determinan las actividades que deberán ejecutarse diaria y semanalmente, revisando las recomendaciones realizadas en los estudios del proyecto y las disposiciones de fiscalización. Una de las primeras actividades desarrolladas consistió en mejorar el camino existente para ingresar a la obra, para lo cual fue también necesario abrir un tramo nuevo en apego al diseño establecido en los planos. Este tramo sirvió para dar acceso a los tramos 2 y 3.



Fotografía 2. Sendero existente ingreso al proyecto.

En concordancia con los perfiles topográficos de los planos, se procedió a cortar y perfilar el terreno en las zonas especificadas con la ayuda de una excavadora, el trabajo se ejecuta para mejorar la pendiente del camino a fin de tener un carril adecuado para facilitar el tránsito de los vehículos dentro de la obra.



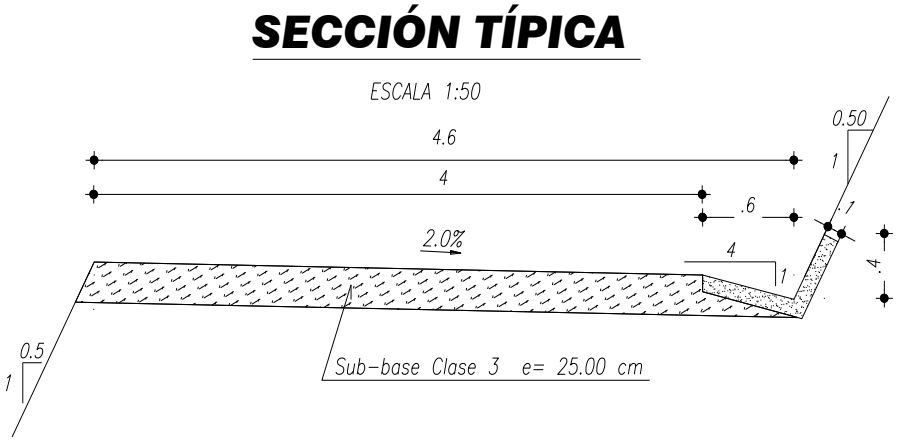
Fotografía 3. Mejoramiento acceso existente

Posteriormente se conformó la subrasante de la vía de acceso y después se colocó sub-base clase 3 en toda su longitud con el fin de dar estabilidad a la capa de rodadura, como es de entenderse por el tipo de obra se debe tener un ingreso con características adecuadas para soportar tráfico pesado: camiones cargados de hormigón (mixers), material pétreo, acero y otros insumos.



Fotografía 4. Desalojo material de excavación

La vía requería de un drenaje adecuado, para lograrlo se construyeron cunetas revestidas de hormigón simple, las mismas que ayudaban a la evacuación de las aguas de la parte superior del talud hacia el costado occidental. Este trabajo se hizo en apego al diseño, se indica su sección típica.



Detalle de la construcción de las cunetas.



Fotografía 5 Guías de madera para cunetas



Fotografía 6 Cuneta terminada de H.S. 180 kg/cm2

Al tener acceso directo por esta vía únicamente hacia la margen izquierda del río y en razón que el tramo de colector y el canal abierto se ubican en la margen derecha del mismo, se debieron construir puentes peatonales de madera, para el ingreso del personal y para transportar hasta el sitio de trabajo, materiales y herramientas Fotografía 7.



Fotografía 7. Puentes provisionales de madera

4.2 CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD.

Se aplicó las normas de seguridad industrial necesarias, explicadas en el capítulo 2 de este estudio. La Fotografía 8 muestra la implementación del equipo de trabajo necesario para el personal, la que ayudó al control y a su identificación.



Fotografía 8. Personal identificado con indumentaria de trabajo.

También se colocaron conos, cintas reflectivas y letreros en las vías para bajar del campamento hacia el sitio de la obra.



Fotografía 9. Conos y bandas para definir carril de circulación.

4.3 MÉTODO PARA DESVIAR EL CURSO NATURAL DEL RÍO A FIN DE QUE PERMITA LA CONSTRUCCIÓN DE CANAL ABIERTO

En la siguiente fotografía se observa como el trazado del proyecto es afectado por el curso natural del río, por lo que fue necesario realizar trabajos para desviar su trayectoria y con ello hacer posible la construcción del tramo de embaulado y canal abierto.



Fotografía 10. Intersección proyecto con curso natural del río.

El desvío del curso natural del río se lo hizo utilizando excavadoras, las mismas que trabajaron en el cauce procurando hacerlo cuando el nivel de las aguas no experimentaba crecientes. El procedimiento consistió en excavar el material del cauce cercano a la márgen izquierda para colocarlo en la márgen derecha, (en el argot de los operadores de equipo pesado esta acción se denomina “boleo”), logrando que el cauce del río tenga mayor profundidad hacia la margen izquierda. Con el material de la excavación se procede a conformar la ataguía en la márgen opuesta, se debe monitorear el río en el sector sur de la ciudad con el objeto de tener información sobre las condiciones de lluvias y en el caso de riadas, proceder a tiempo con el retiro del personal y equipos del sitio de la obra.



Fotografía 11. Conformación de ataguía en cabecera de proyecto.

Una vez que se logró encausar el río hacia la márgen izquierda, se protegió el pie de la ataguía con sacos de arena y rocas de gran tamaño (escolleras), los cuales protegerán a la estructura al momento de producirse una crecida del río, de ser el caso se procederá a verter hormigón simple entre las rocas para obtener un delantal impermeable y lograr una ligazón entre rocas de forma tal que impida que las crecientes puedan atacar a las ataguías conformadas. Una vez terminado el proceso se observa el desvío del curso del río y la conformación de la ataguía que permitirá la construcción de las estructuras proyectadas Fotografía 12.



Fotografía 12. Conformación de Ataguías.

4.4 DOBLADO Y CORTE DE VARILLAS PARA CONSTRUCCIÓN DE ACEROS SEGÚN PLANOS ESTRUCTURALES

4.4.1 Corte de aceros.

Considerando la longitud comercial de las barras de acero (12 m), y con la finalidad de tener la menor cantidad de desperdicio del material, es necesario realizar una adecuada planilla de corte, por facilidad y considerando los diámetros usados, el corte de las varillas se la realiza con amoladoras, se debe tomar en cuenta las normas de seguridad industrial por lo cual el personal para esta actividad debe contar con guantes y gafas de protección.

4.4.2 Figuración de aceros.

Para dar forma a las varillas de acero conforme a lo establecido en los planos de diseño, primero se lo corta en una longitud igual a la suma de las longitudes parciales y se procede al doblado como indican los planos estructurales, para lo cual los obreros disponen de la herramienta apropiada.

4.4.2.1 Aceros longitudinales, transversales y de construcción.

Se coloca la varilla en el banco de trabajo, y se procede a doblarla, dándole la forma especificada, dependiendo del diámetro de la varilla esta acción se la realiza con un fierrero y uno o dos ayudantes.

Una vez figurado el acero de refuerzo, se clasifican los diferentes tipos de varillas en caballetes metálicos, agrupando los de la misma marca, este proceso sirve para llevar un control del acero en obra así como para que al momento de armar la estructura no se pierda tiempo.

4.4.2.2 Estribos.

Para conformar los estribos de la solera se dio la forma del cuadrilátero diseñado, según los pasos del proceso anterior, con la diferencia que en el inicio y final de la varilla que es utilizada se doblan ganchos formando un ángulo de 45 grados, con el fin de que el cuadrilátero realizado quede correctamente cerrado y poder amarrar con el acero longitudinal.

4.5 COLOCACIÓN DE JUNTAS IMPERMEABLES

Debido a los grandes volúmenes a hormigonar en una obra de este tipo, las fundiciones se realizan por tramos, es decir en diferentes días, por ejemplo primero se realiza el hormigonado de un tramo de solera y al siguiente día el hormigonado de otro tramo, lo que produce que se tengan hormigones de

diferentes edades y por lo tanto se forme una junta fría, por este motivo es necesaria la utilización de las juntas impermeables de PVC, cuya función es impedir filtraciones en el plano de unión y evitar la corrosión del acero de refuerzo, las juntas van colocadas delante del acero más próximo a estar en contacto con el agua, también ayudan a dar continuidad a los elementos de hormigón, de ser el caso a más de la junta de PVC se puede también colocar en el sitio de unión, un aditivo epóxico, cuyas características permiten una buena unión entre el hormigón ya fundido y el que está por colocarse, el aditivo epóxico deberá ubicarse de acuerdo a instrucciones del fabricante.

Las juntas deberán estar colocadas correctamente antes de comenzar la fundición, se debe dejar la mitad de la sección transversal de la misma dentro de la sección de hormigón que se va a fundir y la mitad restante queda libre para ser utilizada en el siguiente hormigonado, como se muestra en la Fotografía 13.



Fotografía 13. Colocación de juntas impermeables de PVC.

4.6 PREPARACIÓN, COLOCACIÓN Y CONTROL DE VERTICALIDAD EN ENCOFRADOS

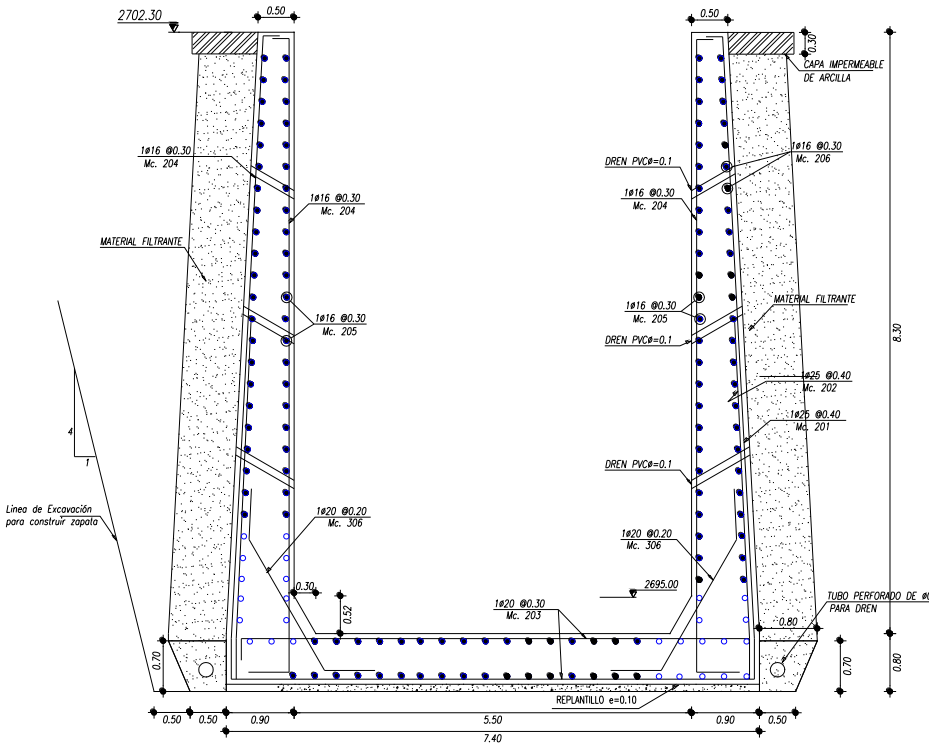
Antes de colocar los paneles del encofrado, se los recubre con líquido desencofrante o aceite quemado en toda la superficie que van a estar contacto con el concreto, esto se realiza para que al momento de desencofrar los tableros puedan retirarse con facilidad. Posteriormente para conformar el encofrado se ubican los paneles alineados en el sitio correspondiente en toda su longitud.

La unión entre los paneles se realiza a través de un dispositivo llamado chaveta, la cual atraviesa por los orificios de los elementos verticales del marco que tiene cada uno de los paneles y se asegura en cada uno de estos puntos con otra chaveta transversal, se continúa haciendo este procedimiento hasta llegar a la longitud deseada. Al colocar cada panel se debe dejar su respectivo apuntalamiento conforme a lo que se describe en la sección 4.7

Cuando se termina de ubicar todos los paneles adecuadamente, se chequea la verticalidad y el alineamiento longitudinal del encofrado con la ayuda de plomada o nivel de burbuja, en caso de tener errores en la verticalidad, estos se corrigen con el empleo de puntales, trabillas o cuartones.

Posteriormente se cortan en la longitud requerida, los ductos (tubos de PVC) que sirven para los drenes transversales o michinales de las paredes, los

mismos son colocados y van sujetos al acero de la estructura con alambre galvanizado, para evitar que se muevan al instante de realizar el hormigonado y cuidando que tengan una inclinación hacia la parte interna del canal o del colector, como se indica en el gráfico.



CANAL ABIERTO
CORTE C-C
ESCALA:___1:50

Después se colocan los paneles laterales o tapas, los mismos que se sujetan con alambre galvanizado a los paneles longitudinales, con lo cual se finaliza el proceso de encofrado. Igualmente se chequea su verticalidad con plomada o nivel de burbuja

4.7 APUNTALAMIENTOS

Una vez ubicados los paneles del encofrado, se colocan los puntales metálicos telescópicos o pingos de madera, los mismos que se ubican entre los paneles del encofrado y la superficie del talud que sirve de apoyo. El uso de los mismos depende de las condiciones que se presenten en la obra.

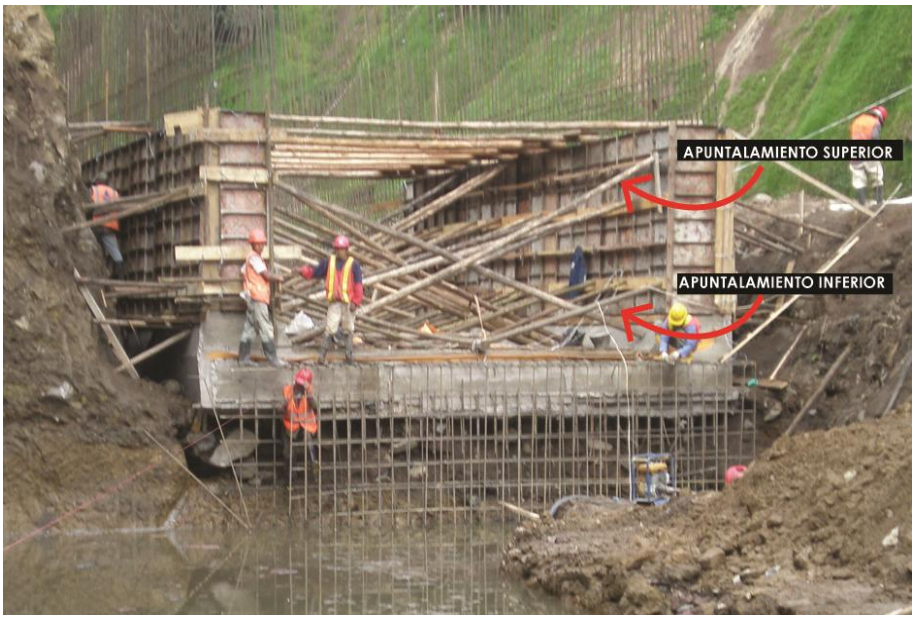
Muros verticales de canal y embaulado.

Para los encofrados de los muros y con la finalidad de que se reparta la carga sobre una mayor superficie y se alivie la presión, se ubica tablones en forma longitudinal, los mismos que fueron apuntalados con pingos de madera o puntales metálicos contra los taludes aledaños, cuidando que los tableros del encofrado guarden la verticalidad. El extremo del puntal que va en el talud se sujeta por medio de placas de pie que pueden ser metálicas o de madera y que sirven para distribuir la carga al suelo, no se debe colocar directamente el puntal al suelo para evitar que exista punzonamiento y que falle el encofrado, los puntales se sujetan con ayuda de cuñas de madera que se hincan en el talud. Los tablones horizontales se colocan tanto en la parte superior como inferior del panel del encofrado como se muestra en la Fotografía 15, para evitar que ceda el encofrado debido a las presiones generadas por la carga producida por el llenado del concreto durante el hormigonado de los muros.



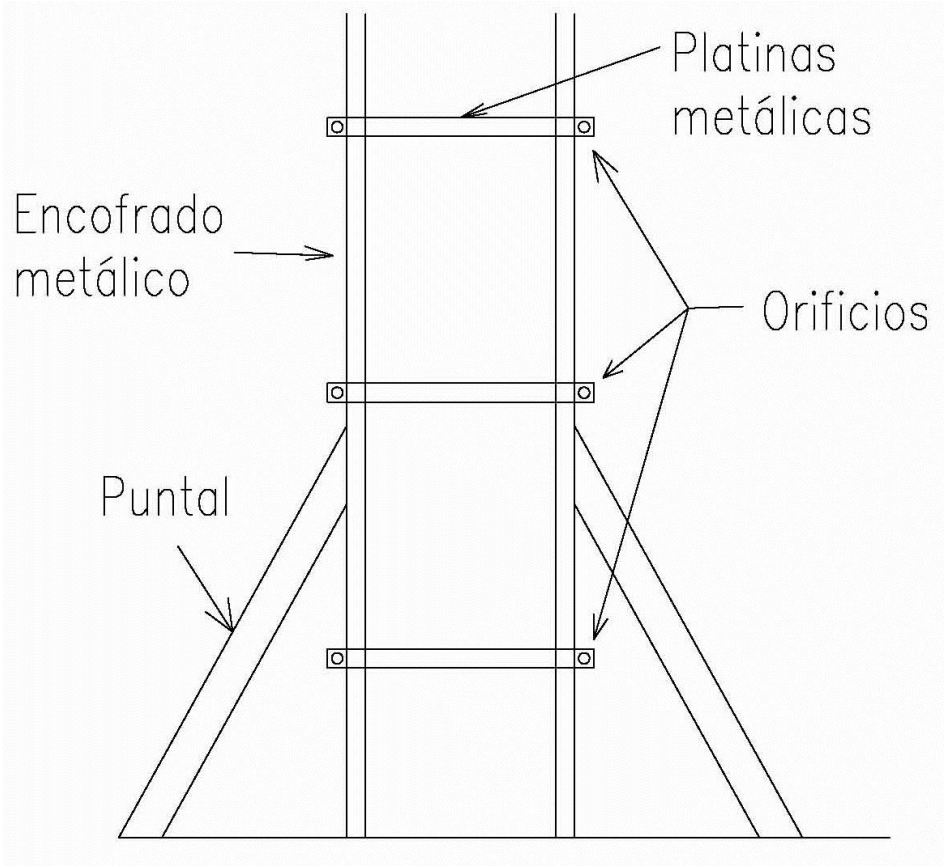
Fotografía 14. Apuntalamiento de encofrados.

Para los encofrados internos de los muros, primero se ubicó y fijó una viga de madera horizontal en la mitad del ancho de la solera, en el cual se apoyaron los pingos que apuntalaron los tablones horizontales inferiores del encofrado. Para la parte superior de encofrado se colocó un pingo de mayor longitud y se ubicó un extremo en el tablón del panel y el otro extremo en el arranque de la pared ya hormigonada. Para tener una idea clara se muestra la Fotografía 14.



Fotografía 15. Apuntalamientos interiores encofrado para muros.

Dado que al momento de la colocación del hormigón las paredes interior y exterior del encofrado van a tratar de abrirse por la presión producida por el hormigón vertido al interior del cofre, para evitar que se ocasione esta deficiencia, se colocan unas platinas metálicas, cada panel posee tres orificios (superior, medio e inferior), por estos orificios se pasan las platinas las mismas que sirven para controlar la separación entre los paneles paralelos y para transmitir la presión a ambos lados del baúl del encofrado. Cada pletina tiene en sus extremos unas ranuras en las cuales se pasan las chavetas, las mismas que aseguran el elemento.



4.8 ENTIBADOS.

Cuando en las excavaciones se encuentren taludes inestables, los que podrían poner en riesgo la integridad física de los trabajadores y de la obra, se procederá a la colocación de entibados, que pueden ser metálicos o de madera, y dependiendo del caso son provisionales o permanentes.

4.8.1 Entibados provisionales.

Los mismos se colocan en los sectores de posible falla de los taludes y se apuntalan de forma que los trabajadores y trabajos queden protegidos de un deslizamiento inesperado, luego de realizados los trabajos y si no existe riesgo de deslizamiento, se procede a retirarlos, y podrán ser ocupados de ser necesario, en otras zonas de riesgo.

4.8.2 Entibados permanentes.

En las zonas de los drenes laterales y con el fin de separar la tierra del relleno posterior del material filtrante de los drenes será necesaria la colocación de entibados permanentes de madera, irrecuperables debido a que hacia la cara interna del tablero se coloca el material granular y hacia la cara exterior del mismo se realiza el relleno con tierra producto de las excavaciones ver Fotografía 16.



Fotografía 16. Colocación de material filtrante y entibado permanente.

4.9 EXCAVACIÓN HASTA EL NIVEL DE CIMENTACIÓN DE LA SOLERA DEL CANAL ABIERTO.

Con las cotas de referencias determinadas y colocadas por el equipo de topografía, se procedió a realizar la excavación hasta llegar al nivel sobre el cual se coloca el mejoramiento de suelo para la cimentación (solera del canal abierto), cerca de llegar a esta cota se procedió a reponer el eje, tomar niveles y anchos, para afinar la excavación y proceder luego a la colocación del mejoramiento en los espesores y condiciones dadas por el estudio reemplazando los materiales aluviales con material de sub-base clase 3.



Fotografía 17. Excavación para embaulado y canal abierto.

Al momento de la excavación se recomienda revisar minuciosamente todas las características geométricas de las estructuras, en el caso que nos ocupa, la solera del canal abierto y del embaulamiento tienen diferente altura (espesor solera del canal 0.80 m y espesor solera embaulado 1.0 m.), por lo que en el tramo ejecutado, fue necesario excavar con la maquinaria a diferentes profundidades.

En caso de no tener esta precaución, se pueden producir errores al momento de la construcción, pudiendo crearse una grada no establecida en el diseño, y que por tanto no debe existir.

Para el mejoramiento del suelo se pasa los niveles cada 10 metros de longitud y posteriormente se tiende el material (sub-base clase 3), que deberá ser

perfectamente compactado por lo que el espesor máximo de cada capa alcanzará los 30 cm.

Para obtener un buen terminado en el mejoramiento, ya finalizada la conformación de todas las capas, se coloca material granular en toda la longitud y se procede a su respectiva compactación.



Fotografía 18. Mejoramiento de suelo.

Antes de realizar el mejoramiento se realizó una canalización al costado derecho para que el agua de infiltración proveniente del curso del río o el agua resultante de las lluvias, tengan salida y no se produzca empozamientos que dañen el cambio de suelo.



Fotografía 199. Canalización al costado.

4.10 HORMIGONADO DEL REPLANTILLO.

Después de terminado el mejoramiento de suelo, se coloca polietileno en toda el área donde se fundirá el replantillo, evitando que cierta agua que se infiltra del río ataque al hormigón del replantillo que servirá de base de la solera del tramo de embaulamiento y el canal.

Para realizar el replantillo, primero se pasa niveles en toda la longitud y ancho del mejoramiento de suelo, se colocan piolas a una altura de 0.10 m. que es el espesor del replantillo, luego siguiendo esta nivelación, se procede con la colocación de franjas de aproximadamente 0.30 m. de hormigón en los costados y en el centro del área a hormigonarse, estas franjas sirven de guías como se observa en la (Fotografía 20), entonces se procede a colocar el

hormigón entre estas guías, avanzando en el semi-ancho en tramos de 5 a 6 metros en sentido longitudinal, y con el uso de un codal se obtiene una capa uniforme con el espesor deseado.



Fotografía 20. Conformación de replantillo.

Este proceso se repite en el otro semi-ancho Fotografía 21.



Fotografía 21. Colocación de hormigón entre franjas lateral y central.

Para el hormigonado del replantillo de los muros de contención el procedimiento es similar, solamente que al ser el ancho de la cimentación de menor dimensión, únicamente se colocan dos franjas guías de hormigón, en los costados del tramo en el que se va a realizar el hormigonado del replantillo.



Fotografía 22. Replantillo terminado.

4.11 CONSTRUCCIÓN DE TRAMOS DE SOLERA DE CANAL ABIERTO.

Para realizar el hormigonado de la solera se sigue los siguientes pasos:

1. Sobre el replantillo terminado con la ayuda del equipo de topografía, se repone el eje del proyecto, entonces se procede a realizar el timbrado del área en la que van ubicados los aceros de la solera, chequeando que se tenga las separaciones determinadas por el diseño y que los aceros sean amarrados entre sí mediante alambre galvanizado. Con la utilización de cubos pequeños de hormigón simple, se levanta el acero inferior dejándolo separado del replantillo una altura igual al espesor de recubrimiento especificado en los planos.

2. Para colocar el acero superior de la solera debido a que este no tiene estribos, se construyen unos soportes para el acero trasversal con varilla de 16 mm de diámetro, el cual es doblado en forma de C (Fotografía 23). Luego estos soportes son ubicados en toda la longitud y ancho del tramo y son amarrados al acero inferior y superior, se debe tomar en consideración que estos soportes guarden una alineación, a fin de garantizar que no existan pandeos en la armadura superior.
3.



Fotografía 23. Armado de acero de refuerzo en solera canal abierto.

4. Posteriormente se coloca el acero superior paralelo al eje del proyecto sobre los soportes y es amarrado adecuadamente en sus puntos de intersección, después sobre los aceros transversales ya colocados se ubican y amarran los aceros perpendiculares al eje del proyecto y finalmente los aceros transversales restantes.

Se recomienda para los aceros longitudinales de la sección de la solera, debido a que la construcción avanza por tramos, se deje en el momento de armar el arreglo una longitud adicional para que estos puedan traslaparse con el acero de los tramos subsiguientes, igualmente se procede con los aceros longitudinales de los muros.

5. Una vez armados los arreglos de la solera, se empieza a ubicar el refuerzo vertical exterior de la pared, primero se colocan tres varillas, al inicio, medio y final de la longitud del tramo, controlando la verticalidad de las mismas, mediante la ayuda de la plomada. La forma más adecuada de estabilizar y hacer que estas varillas puedan quedar verticales es arriostrándoles con alambre de entorchado en tres puntos los cuales dan estabilidad al elemento, posteriormente se colocan en el sentido horizontal un conjunto de 3 aceros, en la parte baja, en la mitad de la altura y en la parte superior, con el fin de dar estabilidad y cuerpo al arreglo que se está empezando a armar. En el mismo momento que se coloca el acero vertical, se debe colocar el acero que dará la forma inclinada al hastial interior (el que está apoyado con un ángulo entre la solera y la pared). Luego de colocado todos los aceros verticales, se colocan los restantes aceros que van en sentido horizontal.

6. Luego se coloca el refuerzo vertical interior, amarrando cada uno de estos en los puntos que sean necesarios con alambre galvanizado a los aceros ya instalados.



Fotografía 24. Armado de acero para conformación de solera.

7. Una vez colocado todo el arreglo de la pared, se procede a armar el encofrado exterior el que va asentado sobre el replantillo de la solera del canal, al momento que se realizó el replantillo se dejó un ancho mayor al del diseño, con el fin de cumplir con este propósito y que se tenga facilidad para asentar y alinear los tableros. Al momento de colocar el hormigón, este debe llegar hasta la altura del arranque de los muros, se coloca encofrados con la misma inclinación del acero que sirve para dar la forma y para conformar la pared inclinada de los hastiales y se chequea que los paneles queden sujetados y alineados correctamente conforme a lo estipulado en las secciones 4.6 y 4.7. empleándose para ello sujetadores de acero a los cuales se fijan los tableros inclinados.

8. Después en la parte superior a hormigonarse, se coloca las juntas impermeables siguiendo el procedimiento de la sección 4.5.

9. Finalmente se realiza el hormigonado de la solera hasta el nivel y abscisa donde se encuentra la junta impermeable cuidando que la mitad de la junta quede embebida en el hormigón, debe disponerse que el concreto sea colocado en capas de espesor uniforme, en toda el área a hormigonarse, evitando se produzca acumulación en una sólo sitio, especialmente junto a los tableros de encofrado, porque en ese sitio de acumulación se producirían presiones que harían que el encofrado falle. Por otro lado se recomienda que el vibrado del hormigón sea el adecuado y no sobre vibrar o vibrar en un solo sitio, ya que provocaría la segregación del agregado grueso.



Fotografía 25. Hormigonado solera de canal abierto.

4.12 CONSTRUCCIÓN DE PAREDES LATERALES DE CANAL ABIERTO.

Para la construcción de las paredes se sigue el siguiente procedimiento:

1. Primero si es del caso, de acuerdo al diseño estructural (altura variable), se debe continuar con el armado del arreglo del acero vertical, teniendo en cuenta que los aceros que tengan que continuar, cumplan con la

longitud de traslape requerida. En caso contrario se continúa con el numeral 2.

2. Una vez fraguado el hormigón de la solera, se sujeta mediante clavos un listón de madera ubicada horizontalmente en toda la longitud del tramo (en las dos caras) y unos cinco centímetros debajo del borde terminado del primer hormigonado, sobre este elemento de madera se asentaran los paneles del encofrado. Siempre se debe chequear que los paneles cumplan con lo indicado en la sección 4.6 y 4.7.
3. Después se procede a colocar las juntas impermeables con el procedimiento indicado en la sección 4.5.



Fotografía 26. Armado de encofrado paredes canal abierto.

4. Finalmente se realiza el hormigonado de las paredes hasta la altura donde se colocó la junta impermeable, avanzando en capas de entre 40 y 50 cm de altura en toda la longitud, con el fin de no producir grandes presiones en los apuntalamientos, y siempre controlando que se tenga

un adecuado proceso de vibración del hormigón. Cuando se realiza el hormigonado de las dos paredes, se recomienda hormigonar alternadamente por capas a cada lado, por ejemplo se llena primero la pared de la margen derecha hasta una altura de 40 cm, luego se llena la misma cantidad en la pared izquierda, y se continúa realizando el mismo procedimiento hasta alcanzar la altura total a hormigonarse, además se deberá tener cuidado que tanto las juntas longitudinales como transversales queden embebidas la mitad en el tramo fundido.



Fotografía 27. Canal abierto terminado.

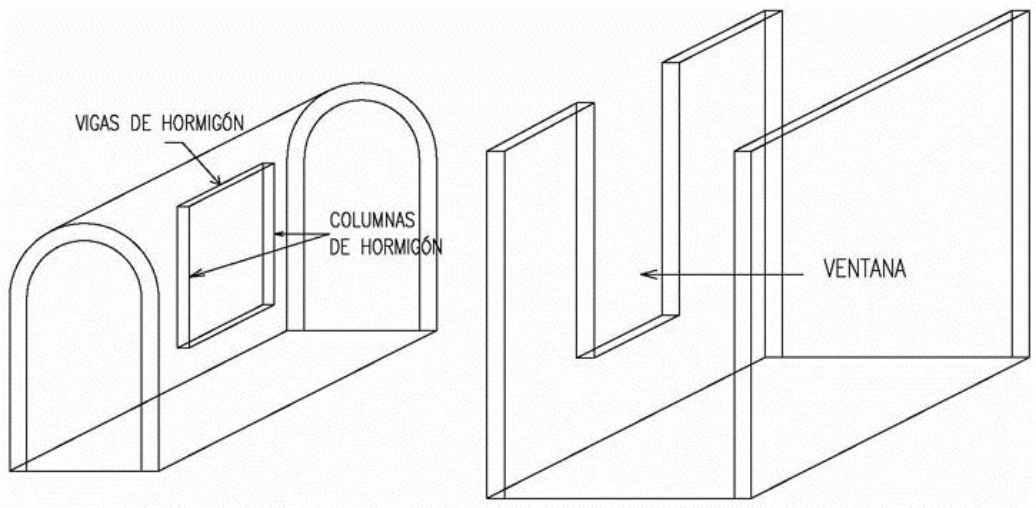
4.13 CONSTRUCCIÓN DE VENTANA EN PARED LATERAL DEL BAÚL EN ESTRUCTURA PARA ENCAUSAMIENTO DE RÍO, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.

Debido que para la construcción del tramo de unión del embaulamiento, se necesitaba desviar nuevamente el curso del río, se analizaron dos alternativas.

La primera fue desviar el río por la pared de la sección baúl, como indicaba el diseño, para lo cual se debía realizar la construcción de unas columnas en los extremos de la ventana, y una viga que iba en la parte superior, para que el cauce del río no dañe la pared debido a sus repentinas crecidas.

La segunda era desviar el río por la pared del canal rectangular, dejando un tramo del muro de la margen derecha sin fundir.

De las dos alternativas se escogió la segunda, por cuanto no se tenía limitación en la altura de la ventana, además se tenía una mayor longitud de desarrollo para el ingreso del río lo que hace que el comportamiento del flujo sea menos brusco que si el ingreso se lo realizaba por la ventana diseñada en el embaulamiento, esto debido a que la trayectoria que toma el río es de una curva muy corta y el río golpearía a la estructura especialmente en fuertes crecidas, además al momento de realizar el desvío se produciría un embalse que requeriría realizar ataguías de mayores dimensiones para controlar el ingreso.



4.14 DESVÍO DEL RÍO HACIA VENTANA, RECOMENDACIONES

Al momento del hormigonado de las paredes del canal abierto se dejó un área, de la pared sin fundir (ventana), quedando así tanto en sentido horizontal como vertical las varillas que van a traslaparse cuando se realice el cierre de la ventana, para lo cual se debió tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Al momento que el río es desviado, las varillas de acero horizontales estarán expuestas al agua, estas antes deberán ser protegidas colocándoles cinta de embalaje alrededor y luego protegiéndoles con tubo de polietileno.
- Las varillas verticales se protegen de la misma manera, y adicionalmente se construye un cajón de hormigón para protegerles del agua agresiva del río y del ataque de los sedimentos que arrastra el río.



Se construyó un muro ubicado perpendicularmente a la pared de la margen derecha del canal abierto, aguas abajo del ingreso de la ventana para que en caso de haber crecidas del río, evite que el agua pase por detrás de la pared del canal. Dentro de la sección del embaulamiento sobre la solera se colocaron sacos de arena en todo el ancho para proteger que el agua que ingresa por la ventana regrese por la sección construida.



Antes de realizar el desvío del río se acumuló material en la parte derecha junto al muro construido después del canal abierto, con el objeto de formar una ataguía de desvío del cauce Fotografía 28, esto con el objeto de poder continuar con los trabajos de construcción de los muros aguas abajo , la ataguía fue protegida con rocas grandes al pie, y se procedió a colocar hormigón para impermeabilizar la parte delantera del mismo.



Fotografía 28. Ataguía en salida de canal abierto para desvío de curso.

Para el desvío del río hacia la ventana, primero con la excavadora se procedió a acumular material en las paredes del tramo embaulado del lado donde se encuentra la ventana, luego se tapó poco a poco el tramo por donde circulaba el río, logrando así que se desvíe el curso y comience a ir el caudal por la ventana, como se muestra en las siguientes fotografías.



Fotografía 29. Ingreso de río por ventana en canal abierto.

Una vez que se terminó con la colocación del material en todo el tramo, el río quedo encauzado hacia la ventana.



Fotografía 30. Desvío curso del río hacía ventana.

4.15 CONTROL DE EMBALSE FORMADO AL MOMENTO DEL DESVÍO RÍO

Con el objeto de poder controlar al embalse que se formará aguas arriba, al realizar el desvío del río hacia la ventana, es necesario que esta actividad se la realice en un día en que el calado del río sea bajo, caso contrario puede formarse un embalse muy difícil de controlar.

Se procede a realizar la excavación de un canal con una sección similar a la del río desde la ventana hacia la ataguía dejando únicamente un pequeño dique que se romperá al final. Se empieza con la rotura de este dique y se tiene que el caudal del río hacia la ventana y otra por el cauce original, entonces se procede con el tape del cauce original y a ensanchar el ingreso hacia la ventana.

Luego se tapa completamente el cauce original y el río ingresa con todo su caudal a la ventana de esa manera se logra controlar que no se produzca una cola de embalse muy grande que pudiera perjudicar la estructura aguas arriba.

4.16 UNIÓN ENTRE TRAMOS.

Para la unión entre le sección del tramo de embaulamiento construido desde el cruce del río aguas abajo con el tramo de embaulamiento aguas arriba, el primer paso es realizar el desvío del río, para lo cual empezamos a realizar un

tape del cauce a fin de desviar el río hacia la ventana que está ubicada al inicio del canal abierto. Una vez que se ha realizado el reforzamiento del tape con una ataguía procedemos a excavar en el sector del lecho anterior del río hasta la cota de proyecto, para proceder de acuerdo al estudio a realizar el mejoramiento de suelo, luego de lo cual procedemos a hormigonar el replantillo. En base al diseño estructural procedemos al armado del acero de refuerzo en la solera primeramente y luego el armado de los arreglos de acero de los muros laterales del embaulado, debe colocarse adecuadamente la junta de PVC, tal como se indicó anteriormente. Todos los aceros paralelos al eje del colector se traslaparán de acuerdo al diseño estructural, es necesario pasar liquido desoxidante en los aceros que quedan de los tramos ya hormigonados y proceder a amarrar convenientemente los traslapes.

4.17 CONSTRUCCIÓN DE LA SOLERA DE LA SECCIÓN BAÚL.

Para la construcción de la solera se sigue el siguiente procedimiento:

1. Se realiza el armado de los elementos tipo viga que van en la solera, para lo cual se da forma a los estribos, según las dimensiones establecidas en los planos conforme a lo estipulado en la sección 4.4, y se sujetan a los aceros transversales amarrándoles con alambre galvanizado, formando así la viga. Se debe chequear que la separación entre los estribos sea la correcta.

2. De acuerdo a las dimensiones del diseño estructural se procede a realizar el timbrado en el replantillo, ubicando sobre el mismo la

disposición que tendrán los aceros. Una vez terminados los elementos tipo viga, se ubica cada uno en su posición sobre el replantillo timbrado, posteriormente se levantan las vigas con pequeños cubos de hormigón simple para obtener la separación requerida entre el replantillo y el acero y garantizar el recubrimiento especificado en los planos estructurales.



Fotografía 31. Colocación de elementos tipo viga para construcción de solera.

3. Colocamos el refuerzo paralelo al eje del proyecto tanto superior como inferior, respetando las separaciones de los planos, el cual se amarra con alambre galvanizado a las vigas.

4. Una vez terminado el arreglo de la solera, se arma el acero vertical exterior de la pared, colocando un conjunto de 3 varillas al inicio, medio y final de la longitud, controlando su verticalidad mediante la ayuda de la plomada y cumpliendo los espaciamientos dados. Posteriormente se

coloca el refuerzo horizontal, inicialmente 3 varillas, una en cada extremo y otra en la mitad de la altura con el fin de dar mayor rigidez a los aceros verticales que se colocan posteriormente. Al mismo tiempo que se coloca el acero vertical se amarra el acero que da forma inclinada al hastial (el que está apoyado con un ángulo entre la solera y la pared). Luego de colocar todos los aceros verticales de la pared, se colocan los restantes aceros que van en sentido horizontal.

5. Se coloca el acero vertical interior de la pared con las consideraciones del numeral anterior y amarrándolo en sus respectivos puntos de intersección con alambre galvanizado.



Fotografía 32. Armado de acero de refuerzo en paredes para construcción de solera.

6. Una vez colocado todo el arreglo de las paredes, se procede a colocar el encofrado exterior similar a lo establecido en la sección 4.12 numeral 6.

7. Después se procede a colocar las juntas impermeables con el procedimiento de la sección 4.5.

8. Finalmente se procede al hormigonado de la solera hasta el nivel donde se encuentra la junta impermeable, observando que la mitad de la junta quede embebida en el hormigón, se deberá chequear que el hormigón sea vertido en capas de espesor uniforme, que tenga un adecuado vibrado evitando que se produzca segregación del agregado grueso. Debido a que el peralte de la solera es de 1.0 m. se deberá tener cuidado en distribuir el hormigón en forma uniforme a fin de evitar concentraciones de grandes volúmenes que podrían hacer que fallen los encofrados puntualmente.



Fotografía 33. Encofrado hastiales y solera.



Fotografía 34. Hormigonado solera y hastiales.

4.18 CONSTRUCCIÓN DE PAREDES Y BÓVEDA DE LA SECCIÓN BAÚL

4.18.1 Paredes de la sección baúl.

Para la construcción de las paredes se debe seguir el siguiente procedimiento:

1. Primero si es del caso, y debido al diseño estructural, se debe continuar con el armado del arreglo del acero, teniendo en cuenta que cumpla con la longitud de traslape requerida para el acero vertical. En caso contrario se continúa con el numeral 2 de este procedimiento.

2. Se coloca un listón de madera ubicado horizontalmente en toda la longitud del tramo ya hormigonado y a unos diez centímetros por debajo del borde superior terminado, sobre este listón descansarán los paneles de los encofrados, se procede con el armado de encofrados internos y externos, colocando los respectivos separadores. Siempre se debe

chequear la verticalidad los paneles, apuntalándolos correctamente conforme a lo estipulado en las secciones 4.6 y 4.7.



Fotografía 35. Encofrados y apuntalamientos de paredes.

3. Luego se procede a colocar las juntas impermeables con el procedimiento explicado en la sección 4.5.



Fotografía 36. Colocación de juntas impermeables de PVC.

4. Finalmente se realiza el hormigonado de las paredes hasta la altura donde se colocó la junta impermeable avanzando en capas de entre 40 a 50 cm de altura en toda la longitud, con el fin de no producir presiones grandes en los apuntalamientos, controlando que se tenga un adecuado proceso de vibrado. Se recomienda que al momento de realizar el hormigonado hasta cada altura de la capa, se alterne la colocación a la pared contraria, es decir, se llena primero la pared derecha hasta una altura de 40 cm, luego se llena la misma cantidad en la pared izquierda, y se continúa con el mismo procedimiento, hasta completar la altura total a hormigonar.



Fotografía 37. Paredes laterales.

4.18.2 Bóveda de la sección baúl.

Para la construcción de la bóveda se sigue los siguientes pasos.

1. Una vez que fragüe el hormigón, desencoframos las paredes de los muros y se arma el encofrado para soportar la armadura inferior de la bóveda. colocando primero apuntalamientos telescópicos hasta la altura de la pared, localizando dos en los extremos junto a las caras de las paredes y dos más en la mitad simétricos al eje de la bóveda, los cuales van a soportar unas estructuras de madera semicirculares a través de una vigueta de encofrado

2. Después entre las separaciones de los apuntalamientos se colocan las viguetas de encofrado, sobre las cuales se asentarán las estructuras de madera (cerchas, vigas) formando el semicírculo, este procedimiento se repite a cada 2.40 metros en toda la longitud del tramo.

   Todos los apuntalamientos del encofrado serán arriostrados de acuerdo a lo estipulado en la sección 4.7.

3. Finalmente entre las estructuras colocadas cada 2.40 metros, se colocan tableros de 0.15 de ancho, lo que hará que se forme la cara interna del encofrado.



Fotografía 38. Encofrado de la bóveda.

4. Se figura el acero tanto inferior como superior que va a conformar la bóveda, debido al diámetro del mismo, se lo tiene que doblar en tramos cortos, de tal manera que tome una forma circular. Después estos aceros, son colocados y traslapados adecuadamente con los aceros que sobresalen de las paredes.

5. Para conformar el encofrado exterior, se clava una tabla en el borde superior de la cara externa de la pared del baúl, en donde se asentará el encofrado.

6. Se colocan los tableros semicirculares de media duela en la cara exterior dejando un espacio sin encofrar en la clave, para que pueda ingresar el hormigón. Se chequea que estén colocados los separadores

entre los tableros del encofrado para obtener el espesor de hormigón necesario.

7. Finalmente se vierte el hormigón en capas de 30 a 40 cm a lo largo de toda la longitud, alternando el hormigonado entre los lados derecho e izquierdo de la bóveda hasta alcanzar la altura deseada.

8. Se encofra el último tramo de la cara externa y se realiza el hormigonado, conformando la bóveda de la sección baúl.



Fotografía 39. Sección baúl tramo 3 terminado.

4.19 CONSTRUCCIÓN DE LAS GRADAS O DISIPADORES DE ENERGÍA EN LA SECCIÓN BAÚL.

Para la construcción del disipador de energía se debe seguir el siguiente procedimiento:

1. En el perfil del terreno, se conforman gradas de hormigón de acuerdo a diseño, en donde se asientan los elementos tipo vigas armados conforme a lo establecido en la sección 4.18.

2. Colocamos los aceros paralelos al eje del proyecto de la solera amarrándolos a los elementos tipos vigas.

3. Para las paredes del disipador de energía, primero se amarran los aceros que van en sentido vertical contra los elementos tipo viga. Los aceros en sentido horizontal son traslapados y amarados a los tramos de la sección baúl.

4. Se encofra las paredes del disipador y se coloca las juntas impermeables conforme a lo descrito en las secciones 4.5, 4.6 y 4.7. Posteriormente se realiza el hormigonado para conformar la grada.

5. Para el armado y hormigonado de las paredes y bóveda del disipador se realiza lo mismos pasos de la sección 4.19.



Fotografía 40. Colocación de acero en solera y paredes del disipador de energía.

4.20 CONSTRUCCIÓN DEL DENTELLÓN ADYACENTE A TRAMO FINAL DE LA SECCIÓN BAÚL.

Para la construcción del dentellón se siguió, el siguiente procedimiento:

1. Se excava el suelo en un área de 1,7 m de ancho por 1 m de profundidad en todo el ancho de la sección, por debajo del nivel del replantillo, después se figura el acero con la forma deseada del dentellón conforme se indique en el diseño, se traslapa y amarra con los aceros de la solera de la sección baúl.

2. Luego se procede a encofrar las paredes siguiendo el procedimiento de la sección 4.6 y 4.7 (Fotografía 41).



Fotografía 41. Colocación encofrados de dentellón.

3. El hormigonado de esta sección se realiza junto con el canal abierto, evitando el uso de las juntas impermeables.



Fotografía 42. Dentellón terminado.

4.21 CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN.

Para la fundición de la cimentación del muro se realiza el siguiente procedimiento:

1. Colocamos el arreglo del acero inferior de la cimentación. No hay que olvidar colocar unos pequeños cubos de hormigón simple para levantar la parrilla para lograr el recubrimiento establecido en los planos.

2. Posteriormente se arma el acero superior tanto transversal como longitudinal de la cimentación, apoyados en unos soportes en forma de C, como los descritos en la sección 4.12 numeral 2, una vez terminado este procedimiento se colocan los aceros verticales, horizontales y aceros de construcción de la pantalla.



Fotografía 43. Colocación de armadura en zapata de muros.

3. Después se colocan los tableros del encofrado de la cimentación los mismos que van asentados sobre el replantillo, debido a que se deja un ancho mayor al de diseño para que cumpla este propósito y se procede a apuntalar los tableros con puntales de acero o pingos de madera como se puede observar en la Fotografía 44 el procedimiento debe cumplir con las disposiciones indicadas en las secciones 4.6 y 4.7.



Fotografía 44. Encofrados y armadura en zapatas para muros de contención

Siempre se debe chequear que el armado de los aceros cumpla los espaciamientos de los planos, y que se amarre las intersecciones de los mismos con alambre galvanizado Nº 18.

4. Una vez terminada la etapa de encofrado, se coloca la junta impermeable según lo indicado en la sección 4.5 y se procede a realizar el hormigonado de la zapata y del muro de guía hasta la altura necesaria, por tratarse de grandes volúmenes se deberá colocar el

hormigón en capas y no concentrarlo en un solo sitio para evitar presiones localizadas en el encofrado.



Fotografía 45. Hormigonado de zapata y arranque de muro.

4.22 CONSTRUCCIÓN DE PANTALLA DEL MURO DE CONTENCIÓN.

Después de fraguado el hormigón de la cimentación y arranque del muro, se desencofran las paredes.

Debido a que la altura del muro es 9 m., el hormigonado de la pantalla se va a dividir en tramos de alturas iguales (1,2 m). Para la construcción de la pantalla se sigue el siguiente procedimiento:

1. Se procede a colocar el acero que falta tanto vertical como horizontal de la pantalla.

2. Una vez colocado el acero necesario, se clava una tira de madera donde se ubicarán los paneles del encofrado que deben cumplir con las disposiciones de las secciones 4.6 y 4.7, y por último se ubican las juntas impermeables de acuerdo a la sección 4.5.



Fotografía 46. Encofrado de pantalla muro de contención.

3. Luego se procede a realizar el hormigonado de la pared del muro colocando el hormigón por capas de 30 a 40 cm de altura a lo largo de toda la longitud a hormigonarse.
4.
5. Se repite el mismo procedimiento hasta llegar a la altura de la pantalla diseñado.



Fotografía 47. Terminada construcción de muros de contención.

Después de haber construido el muro de contención en toda la longitud, se colocaran rocas, en el ancho de la canalización para conformar el pedraplén esquematizado en los planos al final de toda la conducción.

4.23 MÉTODO PARA EL CONTROL DE TRAZADO TOPOGRÁFICO DE CANALIZACIÓN.

En base a los puntos de referencias del proyecto, se procedió a colocar referencias del tramo en lugares fijos a fin de poder hacer la reposición de los datos del proyecto para las ocasiones en que se necesitó realizar el control del eje longitudinal del proyecto, tanto en alineación como en pendientes, en el proceso constructivo se colocaron referencias laterales cada diez metros y en base a estas se realizaron las comprobaciones de las alineaciones horizontal y vertical del proyecto. Para todo el trabajo de topografía se utilizó estación total.

4.24 CONFORMACIÓN DE DRENES LATERALES.

Una vez construidos los muros del canal abierto, baúl y pantallas del muro de contención se procede a construir los drenes laterales, de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. En el caso de la sección baúl y canal abierto, se colocan externamente tableros de madera, paralelos a las paredes laterales, para dar la forma de la base del dren descrita en los planos, después se tiende el manto geotextil siguiendo el contorno de la base, encima del geotextil se coloca material granular (grava) hasta 10 cm de altura, luego se coloca la tubería de PVC perforada colocando sus agujeros hacia arriba.

2. A continuación se coloca el resto de material granular hasta que alcance una altura de 30 cm por encima de la clave de la tubería y finalmente los extremos de la malla se juntan y se amarran. La malla de geotextil es utilizada como una especie de filtro para que la arena que ingresa por el dren se quede, evitando que los agujeros de la tubería se tapen.

3. Posteriormente se ubican los entibados permanentes del dren conforme a lo descrito en la sección 4.8 y se colocan tablas horizontalmente hasta la altura de 1 m, las mismas son sujetadas a los apuntalamientos con clavos, después se coloca material granular entre el espacio formado por el entibado de madera y la pared de la estructura conformando así el dren lateral, luego se rellena con suelo natural hacia el lado externo

con el fin de confinar el material filtrante, el relleno se realiza de acuerdo a las especificaciones MOP-001F-2001 para relleno de estructuras. Una vez que se tiene rellanado externamente, se continúa colocando el entibado de madera por una altura de 1 m. más y se procede al llenado con material granular entre el entibado y la pared del colector, luego de lo cual se continúa con el relleno externo. Se repiten estos pasos hasta llegar a la altura total del dren, como se muestra en la Fotografía 48.

4. Finalmente cuando el dren está totalmente conformado se termina de rellenar detrás del dren con suelo, que será compactado adecuadamente siguiendo las especificaciones del MOP-001F-2001 para relleno de estructuras y se empata con el talud natural existente.



Fotografía 48. Conformación drenes laterales con material filtrante.

CAPITULO V

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS.

5.1 CONCLUSIONES.

- Quito es una ciudad con un alto coeficiente ocupacional de suelo. El embaulamiento permitió rellenar por encima de su estructura para conformar un terreno regular utilizable, donde antes fueron quebradas descuidadas e invadidas por construcciones ilegales.

- El sistema constructivo de embaulamiento del río Machángara es un modelo a seguir para controlar la emanación de gases tóxicos y malos olores de un rio altamente contaminado. Además, se puede tener un mejor control del tratamiento de sus aguas, y proteger al rio de agentes externos que provocan su contaminación.

- La prolongación del embaulamiento hace posible dar solución a proyectos de congestionamiento vehicular, ya que se puede dar uso a nivel de la Autopista Rumiñahui y Ave. Oriental de plataformas para estacionamientos y pasos viales.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda tomar como referencia este caso, ya que se pueden promover proyectos que beneficien a la ciudad en lugares con morfología y configuración similares.

- Se debe tomar la decisión de embaular al rio Machángara en sitios como la Vicentina Baja y otros para contar con soluciones de descongestionamiento vehicular.

BIBLIOGRAFÍA

- A. SCHÄFER. Hidráulica y construcciones hidráulicas. España, Editorial Labor, Edición 2ª, 1959.

- Corcho Romero, Hernán Freddy. Sistemas de alcantarillado. Medellín, multicopiados UDM, 1994.

- Burbano, Guillermo. Criterios Básicos de diseño para sistemas de agua potable alcantarillado. Quito, Multicopiados PUCE, 1993.

- Winter, George & Nilson, Arthur, Proyecto de estructuras de hormigón, España, 1977.

- http://www.gratisblog.com/elfranjo/i153691-el_embovedado_de_granada_historia_del_rio_darro.htm

- http://nito-lamurga.blogspot.com/2010/03/el-embovedado.html

- http://www.albaicin-granada.com/seccion.php?listEntrada=118