

**APOYO TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO AL PROYECTO DE “CONSTRUCCIÓN
DEL NUEVO PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RIO GUAITARA” UBICADO EN
EL K46+228 EN LA RUTA 2501 DEL TRAYECTO IPIALES – PASTO.**

JHON JAIRO CAMPO INSUASTY

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2014**

**APOYO TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO AL PROYECTO DE “CONSTRUCCIÓN
DEL NUEVO PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RIO GUAITARA” UBICADO EN
EL K46+228 EN LA RUTA 2501 DEL TRAYECTO IPIALES – PASTO.**

JHON JAIRO CAMPO INSUASTY

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Civil**

**Director:
I.C. CARLOS HERNANDEZ BARRAGÁN
Director de Obra**

**Codirector:
I.C. FERNANDO DELGADO ARTURO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2014**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“La Universidad de Nariño no se hace responsable de las opiniones o resultados obtenidos en el presente trabajo y para su publicación priman las normas sobre el derecho de autor”.

Artículo 13, Acuerdo N. 005 de 2010 emanado del Honorable Consejo Académico.

Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1º del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Presidente de Tesis

San Juan Pasto, Febrero de 2014

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme vivir esta gran experiencia universitaria, a mis padres Ana Lucia y Alex Jaime quienes han sido mis pilares y con su gran ejemplo incentivan a luchar día tras día, a mis hermanos que con su apoyo y voz de aliento no me dejaron desfallecer.

Agradezco a la Facultad de Ingeniería y en especial al programa de Ingeniería Civil quienes con sus profesionales llenos de experiencia nos motivaron a amar la carrera que escogimos y a esforzarnos por lograr lo que queremos ser.

Al Ingeniero Fernando Delgado Arturo, codirector de pasantía, por su colaboración y aliento para el desarrollo de este proyecto.

A la empresa Ingeniería Hernández Bernal, por brindarme su confianza y permitirme poner en práctica los conocimientos adquiridos en las aulas de clase.

A los jurados asignados para este proyecto por su objetividad, dedicación y responsabilidad en la evaluación de este proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. INFORME DE LA ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE LA PASANTÍA	21
1.1 APOYO ADMINISTRATIVO A LA EMPRESA INGENIERIA HERNANDEZ BERNAL EN EL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DEL NUEVO PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RIO GUAITARA” UBICADO EN EL K46+228 EN LA RUTA 2501 DEL TRAYECTO IPIALES – PASTO.....	21
1.1.1 Descripción de presupuesto de la obra y análisis de precios unitarios de ítems no previstos.	21
1.1.2 Elaboración de despieces de acero.	22
1.1.3 Cubicaciones y preparación de material para la obra.	23
1.1.4 Cuantificación de obra realizada.	23
1.1.5 Control de personal.	24
1.2 APOYO TECNICO A LA EMPRESA INGENIERIA HERNANDEZ BERNAL EN EL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DEL NUEVO PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RIO GUAITARA” UBICADO EN EL K46+228 EN LA RUTA 2501 DEL TRAYECTO IPIALES – PASTO.....	25
1.2.1 Preliminares.	25
1.2.2 Excavaciones para cimentaciones.	27
1.2.3 Cimentación en concreto.....	31
1.2.4 Pórtico eje 2:	34
1.2.5 Viga cabezal:.....	37
1.2.6 Estribos.	42
1.2.7 Vigas longitudinales postensadas.	44
1.2.8 Estructuras de confinamiento para vigas.	58
1.2.9 Muros de contención y confinamiento para accesos al pueneter.....	61

1.2.10	Relleno en material seleccionado y compacto con soporte en geomalla uniaxial.	64
1.2.11	Tablero.	71
1.2.12	Barreras new jersey y baranda peatonal.	76
1.2.13	Carpeta de rodadura.	79
1.2.14	Juntas de dilatación.	79
1.2	CAPACITACION A PERSONAL EN OBRA	82
2.	CONCLUSIONES.	84
3.	RECOMENDACIONES	85
	BIBLIOGRAFIA.	86
	ANEXOS	87

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Localización geográfica del proyecto.....	20
Figura 2: Lugar donde se ejecutó el proyecto.....	20
Figura 3: Excavación caissons Eje 1.	28
Figura 4: Preparación para la detonación de rocas.	28
Figura 5: Planta dado D1, D2 y VC1 Eje 2.....	28
Figura 7: Corte típico de caisson profundo.	29
Figura 6: Corte caisson tipo pata de elefante.	29
Figura 8: Excavación eje 3A.	29
Figura 9: Excavación dado eje 3 en asfalto y roca.....	30
Figura 10: Planta y perfil de estratos de suelo.....	31
Figura 11: Amarre de acero caisson 1A.....	32
Figura 12: Castillo caisson 1B.	32
Figura 13: Amarre de acero caisson 3B.....	32
Figura 14: Amarre de acero caisson 3C.	32
Figura 15: Formaleta de camisa de caisson 1A.....	33
Figura 16: Vista aérea de caissons 2A.	33
Figura 17: Caissons eje 2	34
Figura 18: Armado de acero D1.....	34
Figura 19: Formaleta de dados y VC1.	34
Figura 20: Vaciado de concreto dados y VC1.....	34
Figura 21: Amarre de acero para columnas.....	35
Figura 22: Formaleta circular.	35
Figura 23: Amarre de acero viga de amarre V1.....	36
Figura 24: Formaleta de viga V1.....	36
Figura 25: Demolición parcial de tablero y barrera	37
Figura 26: Intersección de nueva con vieja estructura.....	37

Figura 27:	Amarre de acero viga cabezal	39
Figura 28:	Formaleta viga cabezal.....	39
Figura 29:	Acero viga cabezal incluye topes sísmicos.....	40
Figura 30:	Conectores mecánicos.	40
Figura 31:	Fundición viga cabezal	41
Figura 32:	Curado de viga cabezal	41
Figura 33:	Amarre de acero estribo eje 3.....	43
Figura 34:	Amarre de acero estribo eje 1.....	43
Figura 35:	Curado estribo eje 3	43
Figura 36:	Amarre de acero silleta estribo eje 1	43
Figura 37:	Amarre acero de pantalla espaldar	44
Figura 38:	Ménsula de apoyo para placa de aproximación.....	44
Figura 39:	Anclaje activo.....	45
Figura 40:	Anclaje pasivo.....	45
Figura 41:	Botellas aseguradas para anclaje activo.....	46
Figura 42:	Anclaje activo antes de tensionar.	46
Figura 43:	Formaleta vigas 24m ejes A y B	48
Figura 44:	Vaciado de concreto extremo de viga.....	49
Figura 45:	Vaciado de concreto viga 24 A	49
Figura 46:	Movimiento de viga con grúa PH	51
Figura 47:	Grúa macho trasladando viga de 24 m	51
Figura 48:	Viga 24 A sobre estribo.....	51
Figura 49:	Vigas 24 m sobre viga cabezal.	51
Figura 50:	Instalación de ductos viga 39m.....	52
Figura 51:	Formaleta lateral viga 39m	52
Figura 52:	Formaleta frontal viga 39m	53
Figura 53:	Formaleta extremo y transición.....	53
Figura 54:	Detalle bloque de anclaje.....	53

Figura 55:	Viga fundida en su sitio de.....	53
Figura 56:	Movimiento vertical de la viga.....	54
Figura 57:	Movimiento horizontal de la viga.....	54
Figura 58:	Amarre de acero e instalación de ductos vigas 24m ejes C y D.	56
Figura 59:	Ubicación de equipo de tensionamiento	57
Figura 60:	Revisión de elongación de torones.....	57
Figura 61:	Bomba para tensionamiento	58
Figura 62:	Despegue de la viga tensionada.....	58
Figura 63:	Segunda etapa de tensionamiento	58
Figura 64:	Corte de torones después de tensionados	58
Figura 65:	Formaleta de vigas riostras.....	59
Figura 66:	Ubicación de neopreno para tope sísmico.....	61
Figura 67:	Refuerzo para tope sísmico.	61
Figura 68:	Excavacion para muros de contencion	62
Figura 69:	Fundición de zarpas	62
Figura 70:	Amarre de acero pantallas.....	63
Figura 71:	Amarre de acero pantallas.....	64
Figura 72:	Formaleta de pantallas	64
Figura 73:	Corte estructura de pavimento.....	65
Figura 74:	Ubicación de geomalla y geodren planar.....	69
Figura 75:	Riego de material.....	69
Figura 76:	Ensayo de cono y arena	70
Figura 77:	Terminado en geomalla.	70
Figura 78:	Amarre de acero placa de aproximación	71
Figura 79:	Fundición placa de aproximación	71
Figura 80:	Instalación de palomeras	73
Figura 81:	Formaleta entre vigas	73
Figura 82:	Detalle viga entre tableros	74

Figura 83:	Amarre de acero tablero aguas abajo.....	75
Figura 84:	Pernos y platina para instalación de IPE	75
Figura 85:	Curado del tablero	76
Figura 86:	Vista inferior del tablero	76
Figura 87:	Detalle anclaje de acero al tablero.....	78
Figura 88:	New Jersey y baranda peatonal	78
Figura 89:	New Jersey y baranda peatonal	78
Figura 90:	Vista aérea de barreras	78
Figura 91:	Estructura asfaltada.....	79
Figura 92:	Corte de carpeta asfáltica	81
Figura 93:	Instalación de ganchos	81
Figura 94:	Fundición de concreto hidráulico	81
Figura 95:	Fundición de concreto elastómerico	81

LISTA DE ANEXOS EN MEDIO MAGNETICO

- Anexo A. Tablas de valores y ejemplos de análisis de precios unitarios
- Anexo B. Cartillas de despiece de acero.
- Anexo C. Envío de material para tensionamiento por parte de Stup.
- Anexo D. Pre actas de avance mensual.
- Anexo E. Formato para transporte e ingreso de material a la obra.
- Anexo F. Diseño de mezcla para concreto de 3000 psi.
- Anexo G. Diseño de mezcla para concreto de 4000 psi.
- Anexo H. Cartillas de caracterización de los conectores Zap Screwlok type2.
- Anexo I. Restricción vehicular.
- Anexo J. Manual de tensionamiento.
- Anexo K. Diseño de mezcla para concreto de 5000 psi.
- Anexo L. Formatos de tensionamiento con los resultados obtenidos.
- Anexo M. Respuesta de aprobación de los resultados obtenidos en obra.
- Anexo N. Diseño de mezcla para carpeta asfáltica MDC – 2.

RESUMEN

En el presente informe se consignan las actividades que se realizaron por parte del pasante en el proyecto “Construcción del nuevo puente Vehicular sobre el río Guaitará” las cuales fueron encomendadas por parte de la empresa Ingeniería Hernández Bernal S en C. entre ellas se encuentran la realización de análisis de precios unitarios, despieces de acero, programación de obra, cuantificación de obra y realización de preactas de avance eso como trabajo de oficina y en obra la supervisión de actividades y procedimientos constructivos de cada uno de los elementos que componen esta estructura, apoyo técnico al personal, control de la obra y materiales; además de encontrar una información detallada de cada uno de los elementos del puente con las problemáticas que presentaron y soluciones que se adoptaron para cada uno de ellos, presentando como los más relevantes los procesos constructivos de las vigas postensadas con su correspondiente posicionamiento y la elaboración y correcto funcionamiento de la viga cabezal.

ABSTRACT

This report contains the activities that performed by the practicing in the “Construcción del nuevo puente Vehicular sobre el rio Guaitara” proyect both in office work and construction work. There activities were suggested by the Engineering Company Hernández Bernal S en C. Among the office Work activities are the unit price realization, Steel cutting, work programming, work quantification and realization of progressing pre transactions. In the building site carried out activities and constructive procedures about each one of the elements that compose this structure, technical support to staff, labor and materials control, besides finding a detailed information of each bridge elements whit the problematic that presented and solutions adopted for each one of them, being the most relevant the post-tensioned beams building processes whit its corresponding positioning and development and operation of the principal beam.

INTRODUCCIÓN

Al encontrarse Nariño ubicado en el límite del territorio nacional y con ello convirtiéndose en un departamento fronterizo, se genera alrededor de él grandes expectativas en cuanto a su desarrollo cultural, turístico, tecnológico, financiero y económico. No obstante, se conoce que el desarrollo de una región viene íntimamente ligado a la capacidad que este tenga para comunicarse e interactuar con su entorno, es posible afirmar que el departamento de Nariño no se encuentra en condiciones que le permitan alcanzar un progreso significativo y es labor de los profesionales del departamento buscar el perfeccionamiento de dichos aspectos con el fin de beneficiar notablemente a la comunidad Nariñense.

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta lo relevante que es para el país contar con una vía en óptimas condiciones que posibilite una mejor comunicación con Ecuador, en el trayecto Rumichaca – Pasto – Chachagui – Aeropuerto se llevó a cabo el proyecto Puente sobre el río Guaitara, el cual ha requirió de un trabajo ingenieril significativo dentro del cual la labor realizada por el pasante, con el aporte de los conocimientos obtenidos a lo largo de su carrera universitaria jugó un papel sumamente importante.

Así, en el presente informe se han recopilado los aspectos más significativos referentes al trabajo que desempeñó el estudiante de Ingeniería Civil en el desarrollo del proyecto, dentro de los cuales contempla principalmente los propósitos que se alcanzaron y las estrategias y técnicas adoptadas, considerando tanto las condiciones y el estado inicial de la estructura, como los objetivos que tanto la empresa constructora, la interventoría, el pasante y la comunidad en general alcanzaron, siendo el objetivo principal el tener una estructura que permita un transporte seguro, cómodo y a su vez cumpla con criterios económicos adecuados.

Dentro de este informe se agruparan las diferentes actividades a las que el pasante se vio enfrentado en aras de cumplir con un óptimo trabajo y con su compromiso de crecer como un ingeniero civil íntegro y con fuertes criterios laborales y sociales.

OBJETIVOS

Objetivo general: Contribuir con un apoyo administrativo y técnico en la Construcción del nuevo puente vehicular y peatonal sobre el río Guáitara en la vía Pasto -Ipiales, que realiza la empresa Ingeniería Hernández Bernal S en C., durante el tiempo de duración de la pasantía.

Objetivos específicos:

- ✓ Contribuir en la cuantificación de cantidades de obra y análisis de precios unitarios para la Construcción del nuevo puente vehicular y peatonal sobre el río Guáitara en la vía Pasto - Ipiales, durante el tiempo que dure la pasantía.
- ✓ Apoyar técnicamente en la Construcción del nuevo puente sobre el río Guáitara, lo que conlleva la Verificación y Cumplimiento de Diseños Estructurales, directamente con los planos aprobados, durante el tiempo que dure la pasantía.
- ✓ Capacitar al personal no calificado que labora en obra y que lo solicite en cuanto a interpretación de planos y explicaciones técnicas, durante el tiempo que dure la pasantía.
- ✓ Llevar el control del personal que labore en la obra en cuanto a su asistencia y las labores que ejecuten.

METODOLOGÍA

En el transcurso de este proyecto se tomó en cuenta dos fases, la primera de ellas es el apoyo en la elaboración de análisis de precios unitarios para ítems no previstos y cortes de obra y la segunda, es la verificación y cumplimiento de diseños durante la construcción del nuevo puente vehicular sobre el río Guáitara en la vía Ipiales – Pasto.

Para el apoyo en la elaboración de análisis de precios unitarios y corte de obra se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Leer y aprender los formatos que IHB y DEVINAR S.A usan para el registro de actividades y su correspondiente facturación.
- Se analizó, realizó y montó los análisis de precios unitarios que requirió el proyecto en los formatos previamente establecidos.
- Se cuantificaron cantidades de obra de acuerdo con los diseños del proyecto con ayuda del programa AUTOCAD para su correspondiente presupuesto y organización de obra.
- Se cuantificó y verificó las cantidades de obra en el terreno.
- Se realizó y presentaron pre actas de obra ante Devinar S.A para la posterior acta de obra y su correspondiente facturación.

La capacitación del personal que labora en obra y la respuesta a las diversas solicitudes en cuanto a explicación técnica necesaria, se realizaron directamente en el sitio de trabajo y con el apoyo de los diferentes planos o con herramientas y/o ejemplos prácticos aprendidos durante las diferentes experiencias adquiridas en las aulas de clase.

Para el apoyo técnico en la construcción de obra se trabajó con planos en medio físico y magnético, verificando el cumplimiento de los diseños para las diferentes actividades de obra que se llevaron a cabo.

El trabajo se desarrolló de la siguiente manera:

a. Se realizó un apoyo administrativo para la elaboración del presupuesto y cortes de obra que contó con las siguientes actividades:

- Definición de todos los ítems que se analizaron en el presupuesto de obra.
- Se analizaron los precios unitarios de cada ítem o actividad antes no prevista, teniendo en cuenta los distintos materiales, equipos y mano de obra que se necesitan en cada uno de ellos.
- Se realizó el cálculo de cantidades de obra basado en los diseños estructurales del proyecto.
- Se cuantificó la obra realizada en terreno y se obtuvo su valor a facturar.

b. Para el desarrollo del apoyo técnico en la ejecución de obra, se verificó el cumplimiento de diseños y especificaciones técnicas de las actividades que se desarrollaron, como fueron:

- Verificación del dimensionamiento y la ejecución de los diferentes elementos estructurales.
- Se corroboró que la distribución, colocación y cuantía de acero en las diferentes estructuras cumplan con lo estipulado en su diseño.
- Se verificó la dosificación de las mezclas y resistencias de los concretos requeridos para cada actividad, mediante el control de humedad, la toma de cilindros de prueba y su posterior rotura en laboratorio.
- Se verificó la correcta realización de actividades especiales, tales como anclajes, tensionamientos, puentes de adherencia, soldaduras entre otros.

- Se organizaron las cuadrillas del personal, en cuanto a oficiales, ayudantes y vialistas con respecto a las actividades programadas.
- De todas las anteriores actividades se presentó un informe periódico de obra resaltando las labores realizadas, los inconvenientes presentados y todos aquellos aspectos relevantes que debían ser informados al director de obra o a quien se consideró pertinente.

Antecedentes del proyecto:

- El antiguo puente ubicado en esta zona llamado en sus orígenes Pedro Nel Ospina data del año 1925, periodo en el que fue presidente de la república de Colombia.
- Sobre dicho puente transita la totalidad de vehículos que hacen su recorrido desde Ecuador hasta el interior del País ya que no existe una vía alterna adecuada, es una estructura que no se adapta a ninguna de la normatividad vigente, por lo tanto, existen dos posibilidades, repotencializarlo o reemplazarlo en ello se debe entrar a estudiar profundamente que sería lo más beneficioso tanto para la comunidad como para la concesión.
- Es un puente que ha pasado por el proceso de repotencialización y de restauración después de haber sufrido un atentado por grupos al margen de la ley en el año 2002.

Descripción del proyecto:

<i>PROPIETARIO:</i>	Desarrollo Vial de Nariño, DEVINAR.
<i>DIRECCION:</i>	k46 +228 Vía Ipiales-Pasto
<i>DISEÑO ESTRUCTURAL:</i>	ING. Jorge Alberto Padilla R.

El diseño estructural se rige por La Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente de acuerdo con la Ley 400 de 1997 y reglamentada por el Decreto 33 de 1998 y Código Colombiano Sísmico de Puentes (C.C.P 200-95) con carga viva de diseño C40-95.

El puente constará de 3 puntos de apoyo para salvar una distancia de 63m. lineales sus dos estribos (extremos) estarán cimentados a 7 y 5 m. bajo el nivel de tablero y su apoyo intermedio se cimentara 17m bajo el nivel de tablero, la estructura será compuesta por 2 luces de 24 y 39m. correspondientemente que serán salvadas con 4 vigas longitudinales postensadas para cada luz. El ancho de calzada será de 11m restándole a este espacio 1.60m. que será destinado para el paso peatonal, llevara barreras New jersey para delimitar el espacio vehicular y barrera metálica con pasamanos para el paso peatonal.

El tablero del nuevo puente tiene una diferencia mayor en altura con el antiguo de 2.20 m. lo que garantiza que su funcionamiento será totalmente independiente del antiguo puente. La estructura presenta las exigencias del código colombiano sísmico de puentes como son: neoprenos, tanto de asentamiento como para movimiento lateral y estructuras para movimiento sísmicos llamados Topes Sísmicos además de los requerimientos que exige la Norma Colombiano de Diseño y construcción sismo resistente.

El proceso de construcción de esta estructura se debe realizar en dos grandes secciones, las cuales se definirán como como carril aguas abajo y carril aguas arriba, prácticamente las construcciones se realizaran como dos puentes diferentes compartiendo únicamente el apoyo en el eje 2 hasta el momento en que los dos carriles estén terminados y funcionen como una sola estructura. Esto se debe realizar debido a que la nueva estructura está ubicada prácticamente en el mismo punto geográfico que el antiguo puente aun en funcionamiento y es necesario suspender el carril aguas arriba de esta estructura mientras se construye su similar de el nuevo puente y de igual manera se realizara con el carril aguas abajo con la única diferencia que mientras este se construya el tráfico vehicular transitara ya por la nueva estructura.

En este proyecto se usaran varias estrategias para la ubicación de vigas postensadas, entre ellas: el lanzamiento de vigas, desplazamiento artesanal de vigas y construcción de vigas in situ.

Ubicación del proyecto:

El proyecto se llevó a cabo en el k46 + 228 de la vía panamericana Ipiales – Pasto zona rural del municipio de Imués, a 700 metros de la localidad de El Pedregal, Departamento de Nariño. (Ver figura 1-2)



Figura 1: Localización geográfica del proyecto.



Figura 2: Lugar donde se ejecutó el proyecto.

1. INFORME DE LA ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE LA PASANTÍA

1.1 APOYO ADMINISTRATIVO A LA EMPRESA INGENIERIA HERNANDEZ BERNAL EN EL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DEL NUEVO PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RIO GUAITARA” UBICADO EN EL K46+228 EN LA RUTA 2501 DEL TRAYECTO IPIALES – PASTO.

1.1.1 Descripción de presupuesto de la obra y análisis de precios unitarios de ítems no previstos. En las primeras semanas de práctica se comenzó por familiarizarse con el proyecto con respecto a su parte administrativa, se inició conociendo los ítems planteados en el presupuesto inicial, su manera de cuantificación y la etapa en que estos se iban a realizar. El presupuesto constaba de 20 Capítulos con sus correspondientes ítems los cuales en total son 54.

Al contrato inicial se le adicionaron obras complementarias tales como muros de contención, terraplenes, movimientos de tuberías y ductos existentes, conectores mecánicos, entre otros Ítems que no estaban previstos en el presupuesto y a los cuales se les debía efectuar su correspondiente análisis de precios unitarios labor que desempeñó el pasante además de cuantificar todas estas actividades y presentar un informe parcial para realizar la correspondiente acta de modificación de obra, los análisis de precios unitarios fueron enviados a las oficinas de gerencia de Devinar S.A los para ser revisados y posteriormente aprobados.

Para la elaboración de precios unitarios y cuantificación de cantidades de material de ítems como: suministro e instalación de conectores mecánicos, instalación de geomalla o instalación de geodren planar, fue necesario conocer el procedimiento constructivo adecuado, herramienta a usar y rendimiento del material para obtener un resultado ajustado a la realidad y que no se presenten inconvenientes tanto en el presupuesto como en la cantidad de material necesario en la obra.

Contactar a los posibles proveedores del material y solicitar asesoría para la instalación de ciertos materiales fue el paso a seguir. Para el caso de la geomalla y el geodren planar se realizó con la Ferretería Casa Andina en la Ciudad de Pasto quienes de manera muy atenta explicaron el funcionamiento de dichos materiales y la técnica adecuada para su instalación en obra, con lo cual se

tendría la idea de que herramienta se necesitaría y que tipo de cuadrilla trabajaría en la instalación de este material, de esta manera se podría elaborar un análisis de precio unitario realista.

Se presentaron ítems tales como relleno con material seleccionado y compactado el cual se debía analizar exclusivamente la colocación, riego y compactación del material debido a que el recebo era suministrado por parte de Devinar S.A y el transporte por petición de la interventoría se analizaría en un ítem independiente.

Para ítems como muros de contención se tomó formatos ya existentes y el procedimiento que se realizó fue actualizar los precios de la materia prima correspondientes a la zona.

El Consorcio Devinar cuenta con una base de datos para material, equipo y jornal además de una lista de análisis de precios unitarios más comunes utilizados en la ejecución de su proyecto, se tomó estas tablas de valores como base, para agilizar los trámites de aprobación de los ítems no previstos en este proyecto. El valor de herramienta menor se tomó como el 5% del valor de mano de obra, la tarifa de maquinaria se tomó de tablas de Devinar y el valor de materiales se sacó de la factura de compra. Ver Anexo A: Tablas de valores y ejemplos de analisis de precios unitarios.

1.1.2 Elaboración de despieces de acero. Se realizaron los análisis de los diferentes elementos de concreto armado que se realizarían en obra durante los 2 meses siguientes, para obtener su despiece de acero y enviar el pedido a figuración en la empresa Diaco en la ciudad de Cali, los pedidos se realizaron cada periodo de tiempo con el fin de que el acero no se encuentre almacenado en obra durante mucho tiempo y pueda ocasionársele algún efecto contraproducente.

El primer pedido fue de elementos, tales como: Caissons, Dados, Vigas de cimentación y aéreas, pilas y estribos.

En el segundo, se pidió acero para: 4 vigas postensadas, viga cabezal, tablero aguas arriba y muros de contención.

El último pedido, fue para: 4 vigas postensadas, tablero aguas abajo, new jersey, losas de aproximación.

Para los anteriores pedidos se usó un formato de cartilla para el despiece de acero de tal manera que en la empresa proveedora sea de fácil interpretación y se tengan los menos inconvenientes posibles con respecto a la figuración o

dimensiones de los elementos, problemas muy comunes cuando se solicita material de esta forma.

Todos los elementos para el tensionamiento de vigas la empresa encargada fue Stup de Colombia, ellos con respecto a los planos cuantifican y envían todo el material necesario, tanto torones, ductos y elementos de anclaje. En obra fue necesario corroborar que todo el material enviado fuera suficiente para cubrir las necesidades del puente. Ver Anexo B: Cartillas de despiece de Acero y Anexo C: Envío de material para tensionamiento por parte de Stup.

1.1.3 Cubicaciones y preparación de material para la obra. Para estar preparados cuando la programación indicaba el inicio de una obra, días antes se iniciaba con la cubicación del elemento, material y herramienta que se iba a necesitar, entre estas actividades estaban; la corroboración de que existiera en obra todo el acero figurado necesario, cubicación y respectivo pedido tanto de cemento como de agregado grueso y fino, si se trataba de una excavación que la herramienta como son los taladros hidráulicos y el compresor funcionaran adecuadamente si era una excavación de mayor volumen alquilar la maquinaria tanto el retrocargador como las volquetas para el desalojo, de esta manera ninguna actividad se retrasaría por falta de material o se detendría por no tener lo necesario para realizarla.

1.1.4 Cuantificación de obra realizada. Para el contratista es muy importante poner en claro ante la interventoría y contratante las cantidades de obra reales ejecutadas, ya que estas cantidades pueden variar de alguna manera con las cuantificadas en oficina ya sea por alguna variación del plano con el escenario real o por orden directa del interventor. Por tal motivo, se lleva una lista con las actividades realizadas y su cantidad a cobrar, la cual es ratificada con el inspector o el interventor quien aprobó o desaprobó la cantidad allí expresada, una vez aprobada se consignan estos datos en la pre acta y posterior acta de obra para su respectiva facturación y cobro. Ver Anexo D: Pre actas de avance mensual.

Junto al interventor se realiza la debida medición de las dimensiones del acero que se utilizaría, se debe revisar su diámetro, las dimensiones de su figuración y el estado en el que se encuentra el material (limpio, sin óxido...). Una vez el acero está instalado se revisa su amarre, para elementos pequeños se amarró al 100%, para mallas de gran tamaño se amarró al 70% una manera aproximada de cuantificar esto fue que de cada 10 intersecciones de acero 7 debían estar amarradas.

Y por último, respecto al acero se revisa la cantidad instalada, si el plano indica el número de varillas que debe llevar, esa cantidad debe estar instalada sino indica la cantidad, se revisa que la separación con la que fue instalada sea la indicada por el diseñador.

Para transporte de material de base y sub-base se llenó un formato con las órdenes de salida que emite la cantera de Concay S.A, en ella expresa un volumen muy cercano al real ya que para cuantificar utiliza el peso de la volqueta llena y vacía de esta manera se obtiene un dato mucho más real de el volumen que se transportó y que llegó a obra. Ver Anexo E: Formato para transporte e ingreso de material a la obra.

1.1.5 Control de personal. En obra el horario de trabajo estipulado es de lunes a viernes de 7.00 am a 5.00 pm con receso de una hora de almuerzo y los días sábado de 7.00 am a 10.00 am con este horario se cumple las 48 horas legales de trabajo semanal, trabajador que cumpla con estas horas tiene derecho a la remuneración salarial del día domingo no laborado. Tiempo trabajado fuera de este horario cubrirá como hora extra y se sumara al valor de su quincena, el control de obra se hace con respecto a que los trabajadores cumplan con el horario mínimo establecido, contabilizar y aprobar las horas extras trabajadas por cada uno, al culminar la quincena estos datos son ingresados al formato de planilla para realizar la correspondiente nómina y obtener el valor a pagar a cada trabajador por su tiempo laborado.

Otro control que se debe llevar es la fecha de ingreso y fecha de retiro de cada trabajador, esto con el fin de tener por cubierto su tiempo laborado en la empresa con respecto a sus afiliaciones a salud, pensión y ARL además con estas fechas se realiza su liquidación, la cual incluirá el valor a pagar por cuestión de cesantías, interés de cesantías, vacaciones y prima de servicios.

1.2 APOYO TECNICO A LA EMPRESA INGENIERIA HERNANDEZ BERNAL EN EL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DEL NUEVO PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RIO GUAITARA” UBICADO EN EL K46+228 EN LA RUTA 2501 DEL TRAYECTO IPIALES – PASTO.

El pasante a quien corresponde este proyecto hizo presencia permanente en la obra de tal manera que con su conocimiento adquirido en la academia universitaria y su buen juicio colaboraría en la toma de decisiones, supervisión y organización durante las diferentes etapas del proyecto.

Una vez identificada la actividad que se realizaría, se organizaba la cuadrilla a trabajar en ella, se suministraba el material que se utilizaría, por ejemplo el acero ya figurado, herramienta especial como taladros demoledores, compresores, entre otros, se indicaban las tareas inicialmente en planos tanto al maestro como a los oficiales a cargo y se procedía ir al sitio y localizar la actividad.

Una vez la actividad se estaba ejecutando era labor del pasante la supervisión constante, corroborar dimensiones, puntos de amarre, correcta alineación y aseguramiento de formaleta, seguridad de andamios, dosificaciones de concreto, curados de concretos, óptimos terminados entre otras actividades que se presentan en el ejercicio diario de una obra civil.

El pasante estuvo presente en todo el proyecto, desde la localización y replanteo hasta la realización de juntas de dilatación, todos los procesos en los que se participó se describen a continuación.

1.2.1 Preliminares. En este capítulo se hace mención a lo ejecutado en localización, replanteo y excavación para nivelación de terreno se supervisa y controla el equipo utilizado y el material de la siguiente manera:

El proyecto se localizó horizontal y verticalmente dejando elementos de referencia permanente con base en los planos topográficos del proyecto. El replanteo y nivelación de la obra se ejecutó por el Contratista, utilizando personal que poseía licencia para ejercer la profesión y con los equipos de precisión adecuados para el trabajo a realizar. Antes de iniciar las obras, el Contratista sometió a la verificación y aprobación de la Interventoría la localización general del proyecto y sus niveles.

Durante la construcción el contratista verificó periódicamente las medidas y cotas, cuantas veces fue necesario, para ajustarlas al proyecto. En obra se dispuso permanentemente del equipo adecuado para realizar esta actividad.

La comisión de topografía, integrada por un topógrafo y 3 ayudantes (cadeneros) comienza con la etapa de localización y replanteo ubicando con niveletas y puntos claramente visibles y referenciables los puntos más importantes del proyecto, en su etapa inicial localizó los ejes longitudinales 1,2,3 y los ejes transversales A,B,C y D, marcó los ejes de cimentación para cada caisson, y marcó los niveles de dado fundido con esta señalización inicial se puede empezar con la excavación de nivelación del terreno.

Aparte de la señalización, la comisión de topografía verificó todos los puntos en donde la estructura nueva se intercepta con la vieja para corroborar que no exista contacto entre uno y otro elemento, paso fundamental ya que son estructuras totalmente independientes y no se puede presentar transmisión de cargas o esfuerzos de una a otra.

Con respecto a la excavación para nivelación del terreno, este trabajo se realizó empezando por la limpieza de la vegetación y por el traslado de un campamento militar existente en la zona del eje 2 del proyecto. Como ya estaban los niveles de topografía se excavó a mano sobre material no consolidado hasta llegar al nivel de cimentación, fue necesario demoler suelos en concreto que los militares habían construido en este sector ya que se encontraban justo donde se iba a ubicar un dado de cimentación, una vez se niveló este sector el terreno estaba listo para empezar a hacer las excavaciones de los caissons para el eje 2. Este paso fue necesario realizarlo a mano ya que en el sector donde se trabajó era muy difícil y poco rentable llevar una máquina para que realizara esta labor.

Durante las actividades realizadas por la comisión de topografía el pasante supervisó el trabajo realizado y que los resultados obtenidos fueran congruentes con lo expresado en los planos para no tener inconvenientes o poca comprensión en la señalización por la comisión planteada. Era necesario revisar que los espacios que el topógrafo ubicó fueran los mismos que en planos se presenta de tal manera se conoce que los elementos a construir no tendrían ningún problema en sus dimensiones ni localización.

Con respecto a las excavaciones se indicó al maestro lo que se iba a realizar y se le dio las dimensiones y niveles para trabajar, hubo que estar pendiente con la disposición de los escombros para que quedaran en un lugar de fácil retiro y que no se desecharan hacia el acantilado y cayeran al río.

Otro aspecto preliminar que se realizó fue la adecuación del campamento, si bien ya había una bodega construida había que acondicionar los demás espacios, así que a esta bodega se le adiciono un espacio destinado a oficina, se instaló

energía eléctrica y un baño para esta construcción, se crearon espacios para el almacenamiento de acero, madera y demás materiales que se usarían en la obra.

1.2.2 Excavaciones para cimentaciones. La estructura del puente se cimenta sobre tres ejes principales, los dos extremos ejes 1 y 3 donde quedarán ubicados los estribos, y el eje 2 donde se cimentarán las pilas del proyecto.

Eje 1: Se excava la zona inicial de dado de dimensiones 2.35m x 3.0m (parciales) x 1.30m, se encuentra material conglomerado y material de relleno en la zona, se excavaron inicialmente 3.0m. de ancho ya que es la zona que se podía iniciar a trabajar sin necesidad de suprimir el paso vehicular por el carril derecho Ipiales – Pasto. Dentro de esta zona se pudo iniciar con la excavación del caisson 1A de profundidad 4.0m. y 1.20m de diámetro.

La excavación del caisson 1A se realiza a mano, como es material poco estable se debe aplicar el método constructivo de camisas para garantizar la seguridad de los trabajadores dentro del agujero, esto consiste en excavar a profundidad de 1.0m y fundir un anillo en concreto reforzado en forma cónica con el diámetro inferior mayor al diámetro superior, la forma cónica se adapta para poder vaciar el concreto del siguiente anillo.

En los siguientes caissons 1B y 1C fue necesario interrumpir el paso vehicular a un solo carril como se mencionó anteriormente, el caisson 1B queda ubicado en el carril aguas arriba del puente y se construyó en la primera etapa, el caisson 1C queda en el carril aguas abajo y se construyó en la segunda etapa, en ambas cimentaciones se encontró material suelto hasta 1.0m de profundidad de ahí en adelante se encontró roca, material el cual fue muy difícil de romper con taladros así que fue necesario usar explosivos para alcanzar la profundidad necesaria de cimentación. Fue labor del pasante toda la logística para el procedimiento de explosión de este material, fue necesario pedir autorización tanto al ejército nacional de Colombia ya que tiene una base militar justo bajo el puente como a la Policía Nacional encargados de la seguridad en el sector de Pedrega I- Nariño. Estas instituciones solicitaron tener en cuenta una serie de medidas para seguridad de todos los presentes, entre ellas se encontraba el cierre del paso vehicular durante el momento de la explosión y solo se reactivaría hasta que se estuviera seguro que todas las cargas fueron detonadas, ninguna persona podía estar dentro de un perímetro de 50 m. excepto el trabajador encargado de la detonación, todo trabajador debía tener puesto su correspondiente casco por si existía caída de pequeños fragmentos de roca y que personal de estas instituciones estarían presentes durante el proceso. El pasante fue encargado de que todas estas medidas se cumplieran a favor de la seguridad de todo el personal y de un buen trabajo sobre la roca. (Ver figura 3.4)



Figura 3: Excavación caissons Eje 1.



Figura 4: Preparación para la detonación de rocas.

La cimentación del eje 2 se realizó como indica el plano en planta de este eje (Ver Figura 5) Consta de 5 caisson, 3 dados y 2 vigas de cimentación, se excava el material consolidado hasta llegar a roca sana y con taladros se alcanza el nivel de dados y vigas, una vez marcados los puntos como ejes de cada caisson se inicia la excavación de estos, la cual tiene forma de “pata de elefante” (ver figura 6) los caisson de los eje A y D son de dimensiones diámetro superior 1.20m y diámetro inferior 1.70m y el caisson del eje B es de diámetro superior 1.50m y diámetro inferior 2.0m. (Ver figura 6-8)

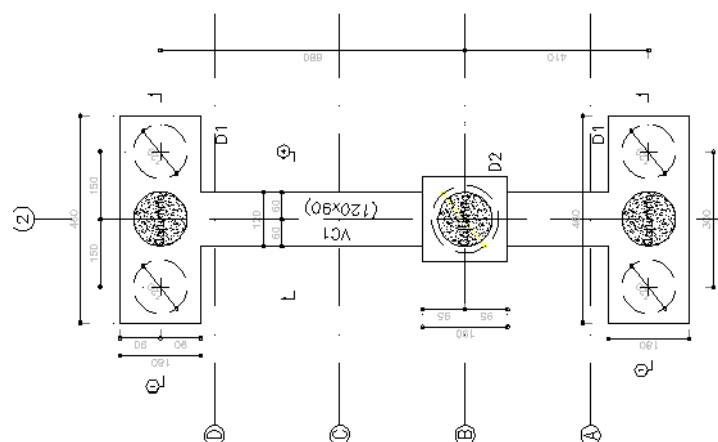


Figura 5: Planta dado D1, D2 y VC1 eje 2.

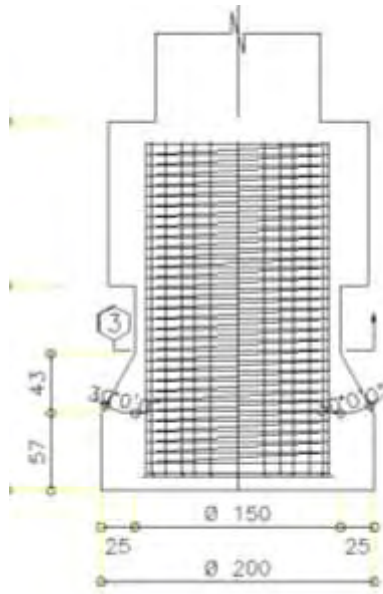


Figura 6: Corte caisson tipo pata de elefante.

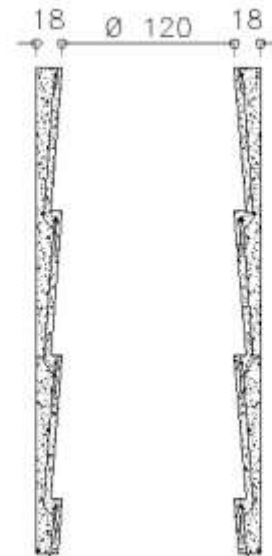


Figura 7: Corte típico de caisson profundo.

El eje 3 está cimentado totalmente en roca, tanto el dado (estribo) como los caissons están inmersos en ella, para estas estructuras como el material es firme y no se corre el riesgo de un derrumbe dentro del agujero ya no fue necesario construir camisas de protección. Antes de llegar a la roca fue necesario romper la carpeta asfáltica que en este punto estaba en el orden de 27 cm de espesor y una pequeña capa de material de base que no excedía los 10cm, además, hubo que demoler las cunetas y retirar el material de señalización existente tanto barreras como señales verticales.



Figura 8: Excavación eje 3A.



Figura 9: Excavación dado eje 3 en asfalto y roca.

Las anteriores descripciones del terreno que se encontró, se evidencian en los resultados de estudio de suelos consignados y presentados en “Volumen IV: Estudios de suelos para diseños de fundaciones Trayecto 3. Ipiales-Pasto Versión 1”, en donde se indica el perfil de terreno sobre el que se trabajó. (Ver figura 10).

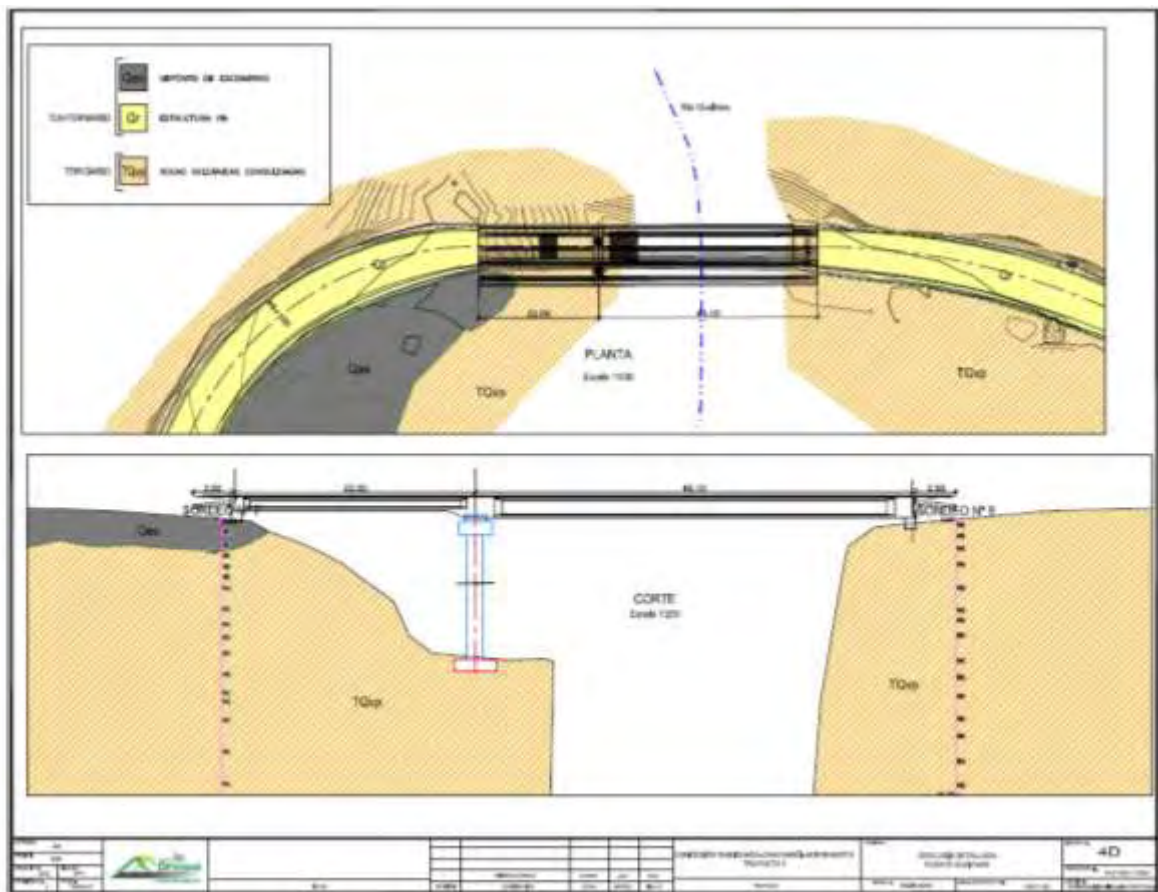


Figura 10: Planta y perfil de estratos de suelo.

1.2.3 Cimentación en concreto. Para los 11 caissons construidos en los ejes 1,2 y 3 el proceso de elaboración es prácticamente el mismo, se armó una parrilla inferior en acero de 5/8", acero vertical alternado 3/4" y 7/8" de longitud 5.30m para el eje 1 y 2.80m para los ejes 2 y 3 con espirales en acero 1/2" cada 7.5 cm. Todo este acero se armó y amarró en el sitio esta es la ventaja que ofrecen los caisson, ya que se tiene espacio suficiente para que un trabajador alcance dentro de él. (Ver figura 11-14)



Figura 11: Amarre de acero caisson 1A.



Figura 12: Castillo caisson 1B.



Figura 13: Amarre de acero caisson 3B.



Figura 14: Amarre de acero caisson 3C.

Vaciado de concreto para el eje 1: Dada la profundidad de 4.0m al que se iba a iniciar la fundición, se optó por fundir el primer 1.0m bajando el concreto en baldes para evitar la segregación y disgregación de la mezcla, a partir de esta altura ya se vació normalmente el concreto.

Para el eje 2 fue necesario adecuar tubería de 8" desde el punto donde se podía preparar la mezcla hasta el lugar de cimentación, por orden y aprobación de la interventoría se acepta llevar el concreto de esta manera solo si al momento de recepción de la mezcla se repaleaba antes de vaciar, para comprobar la buena

condición de este concreto aplicado, los cilindros de muestra se tomaron al lado del elemento a fundir. En este Eje se realizaron dos fundiciones la primera correspondía a los 5 caissons que pertenecen a este eje y en la segunda se vació dados C1 y C2, además de la viga de cimentación VC1.

El eje 3, no presentó mayor problema para su vaciado ya que son caissons cortos de profundidad 1.50m, la elaboración de concreto se podía realizar prácticamente al lado de cada elemento.

Para todos estos elementos se realizó un concreto de 3000 psi elaborado en obra con asentamiento 2" y relación agua/cemento 0.49, con agregado fino de canteras de El Espino, agregado grueso 5/8" de la Cantera de Agresur en el rio Téllez y cemento portland tipo 1 marca Argos, según el estudio de mezcla la proporción de materiales en peso es de 1.0; 2.87; 2.26. Ver Anexo F: Diseño de mezcla para concreto de 3000 psi.

En todos estos procesos el trabajo del pasante fue explicar inicialmente al maestro que actividad se iba a realizar y de qué manera, que acero, que dimensiones y en que disposición se iba a colocar, una vez se haya revisado y recibido el acero, se aprobaba la ubicación de formaleta y antes de iniciar el vaciado del concreto se revisaba las dimensiones; en el momento de preparación de concreto se brindaba la dosificación y se mantenía pendiente que la elaboración de este sea la adecuada, además realizar la toma de cilindros para su correspondiente ensayo de resistencia a compresión. (Ver figura 15-20)



Figura 15: Formaleta de camisa de caisson 1A.



Figura 16: Vista aérea de caissons 2A.



Figura 17: caissons eje 2



Figura 18: Armado de acero D1.



Figura 19: Formaleta de dados y VC1.



Figura 20: Vaciado de concreto dados y VC1.

1.2.4 Pórtico eje 2:

Descripción: En el eje 2 se encuentra ubicado un pórtico conformado por 3 pilas distribuidas asimétricamente de tal manera que no se intercepten con la estructura principal del antiguo puente, una viga aérea denominada V1 a una altura de 5.50m a partir del borde superior del nivel de dado fundido con dimensiones de 0.90mx1.20m y una viga cabezal de la que se hablara detalladamente más adelante.

A 11.50m del nivel de dado fundido se encuentra el tablero antiguo, por lo tanto es necesario hacer la demolición pertinente para que sea posible el paso del acero de la columna central (Pila 2B). Inicialmente solo se demolió el espacio suficiente

para que la columna pueda pasar y no estorbe para la construcción de la viga cabezal en su primera etapa. Los elementos de este pórtico tanto columnas como vigas se elaboraron en concreto de 4000 psi, con arena de la cantera El Espino y agregado grueso $\frac{3}{4}$ " de la cantera Agresur, Asentamiento 2" y cemento marca diamante (posteriormente Cemex) Tipo 1. Los diseños de mezcla fueron realizados por la empresa Concay S.A. Ver Anexo G: Diseño de mezcla para concreto de 4000 psi.

Método constructivo: Para las pilas el acero está instalado desde el nivel de caisson fundido, es decir esta embebido en el concreto del dado, cada pila lleva 34 varillas de 1" ubicadas circularmente a 0.50m del eje de la columna, contiene 110 flejes circulares en varilla de $\frac{1}{2}$ " distribuidos cada 0.10m y 0.20m y cada uno de estos flejes lleva 6 ganchos N°4 en parrilla, 3 en cada dirección.

Se alquiló formaleta metálica circular, esta viene en secciones de 1.20m de alto, para poder avanzar uniformemente con las tres columnas se alquilaron 4 juegos de formaletas de esta manera en 4 días se alcanza el nivel de la viga aérea V1, al ser estos elementos tan altos es indispensable ser muy cuidadoso con la verificación de verticalidad de las columnas al momento de formaletear y estar permanentemente supervisando durante el proceso de vaciado de concreto. (Ver figura 21-22)



Figura 21: Amarre de acero para columnas



Figura 22: Formaleta circular.

Para armar y formaletear la viga aérea V1 se alquiló un sistema de formaleta llamado "Losas PT" de la empresa Unispan Colombia, la cual brinda agilidad,

seguridad y economía. Losas PT: “Sistema de soporte en base a puntales, travesaños y diagonales. Se adaptan a cualquier altura y extensión, requerida en la obra.

Está compuesto por siete elementos básicos: gata base, puntal, travesaño, gata "J" o "U", tubo de andamio, copla giratoria y conectores. Todas las piezas se conectan entre sí, por medio de acoples rápidos y seguros ¹.”

Este sistema fuera de los andamios se compone por formaleta rectangular metálica de fácil acople con cuñas y tornillos tirantes para evitar que el elemento pierda sus dimensiones al abrirse o cerrarse las caras entre sí.

Este tipo de andamios brindó un alto nivel de seguridad, prioridad en una obra de estas características ya que se pueden apoyar en una área muy pequeña, es decir los andamios se apoyaron sobre la viga de cimentación VC1 la cual tiene un ancho de 1.20m, además da la posibilidad de armar pasarela a los dos lados de la viga v1 en donde los trabajadores pueden caminar y trabajar con seguridad y comodidad, este espacio se construye con la denominadas palomeras de fácil acople con los andamios LP. (Ver figura 23-24)



Figura 23: Amarre de acero viga de amarre V1.



Figura 24: Formaleta de viga V1.

A partir de la viga v1 solo se puede continuar con dos pilas, Eje A y Eje B debido a que para la tercer pila es necesario romper el tablero antiguo para permitir el paso del acero, pero dado que es el carril que está en funcionamiento esta acción debería esperar, por lo tanto se continuó con las dos columnas iniciales las cuales

¹ UNISPAN, pagina web

son las que soportarían la sección inicial aguas arriba del nuevo puente. Para la prolongación de la columna B es necesario realizar una demolición parcial del voladizo del antiguo puente y la barrera existente, esto en el espacio estrictamente necesario para la continuación de la obra, cabe resaltar que esto no afecta la estabilidad de la antigua estructura. (Ver figura 25-26)



Figura 25: Demolición parcial de tablero y barrera



Figura 26: Intersección de nueva con vieja estructura.

1.2.5 Viga cabezal:

Descripción: Esta es la viga con que se corona el pórtico del Eje 2 y además cumple una función sumamente importante en la estructura de este puente, ya que sobre ella se asentarán las 8 vigas longitudinales postensadas, es una viga de 12.0m de longitud con 3 apoyos, su geometría está diseñada para que compense la diferencia de alturas entre las vigas de 24m y las de 39m, esta diferencia es de 0.60m lo que da su nombre coloquial de “viga silleta”, para esta viga sucedió un caso especial y es que el ingeniero diseñador no previó que esta estructura se debía construir en dos fases y no se dispuso el acero longitudinal de la viga de tal manera que se pudiera ubicar el acero con traslapes tradicionales sin causar ningún tipo de traumatismo durante su construcción. Inicialmente la viga cabezal se construyó con una longitud de 4.40m distancia en la que alcanza a apoyarse sobre las pilas A y B y espacio suficiente para que las vigas de los ejes A y B puedan apoyarse cómodamente y así poder realizar el primer carril aguas arriba.

Método constructivo: Para lograr la altura a la que se ubica la viga cabezal se usó el mismo método anterior con sistema de losas LP debido a que es el sistema que más seguridad brindaba, no hay que olvidar que se trabajó en un acantilado en donde el río se encuentra aproximadamente a 100m y no hay espacio para errores. Una vez estuvo lista la superficie de apoyo y la cara inferior de la viga en formaleta metálica se procedió a armar el correspondiente acero, al ubicar el refuerzo longitudinal el acero es tan largo que invade el carril en funcionamiento e impide el procedimiento que se tenía planteado para la construcción de las vigas postensadas de longitud 39m, por tal razón se debió consultar con el Ingeniero Jorge Padilla diseñador del puente que soluciones se podrían aplicar en este caso, después de varios análisis entre los ingenieros de Devinar, IHB e Ingeniería Jorge Padilla se llegó a la conclusión de no traslapar normalmente este acero debido a que todos quedarían en el mismo punto y no es favorable para la estructura en caso de un esfuerzo cortante, por tal razón, se optó por utilizar conectores mecánicos, estas herramientas sujetan el acero punta a punta envolviéndolo como una camisa, el conector consta de una serie de tornillos en acero inoxidable que una vez el acero este dentro se aprietan con herramienta mecánica hasta que la cabeza del perno se reviente, la cantidad de tornillos depende del diámetro de la varilla que se va a sujetar, según las referencias del material un conector mecánico es mucho más eficiente que un traslapo, debido a que en un ensayo de fluencia el acero traslapado falla en este punto, en cambio con un conector mecánico el punto de falla se presenta directamente sobre el acero y no en la unión, este método no modifica en ningún momento la fluencia del acero ya que no trabaja con variaciones temperatura ni de diámetro original de la varilla. Ver Anexo H: Cartillas de caracterización de los conectores Zap Screwlok type2. (Ver figura 27-28)



Figura 27: Amarre de acero viga cabezal



Figura 28: Formaleta viga cabezal

Para la primera sección de la viga cabezal no hubo mayor problema, se cortó el acero longitudinal a la distancia que facilitaría trabajar, de esta manera no se invadió el carril en funcionamiento y se obtuvo un espacio cómodo para trabajar con la idea original para la elaboración de las vigas postensadas de longitud 39m. La geometría de este elemento en su parte inferior viene en forma de trapecio, como no se está trabajando con formaleta en madera sino metálica hubo que buscar la manera para darle esta forma, así que se usaron conectores curvos de 1/2" , estos elementos facilitan la ubicación de dos láminas metálicas formando cualquier ángulo.

Este elemento se fundió en dos etapas, inicialmente la base o apoyo inferior es decir hasta 1.0m de altura que es donde reposaran las vigas L39. Una vez este concreto tuvo resistencia suficiente (día siguiente) se fundió la segunda etapa es decir de 1.0m a 1.60m lugar donde asentarán las vigas L24.

La segunda etapa de la viga cabezal es decir la sección aguas abajo presentó mayor problema para su construcción, cabe anotar que cuando se inició con esta etapa, la sección aguas arriba del puente ya se encontraba en funcionamiento, de tal manera que el antiguo puente quedó inhabilitado por completo. Inicialmente fue necesario demoler el tablero antiguo dándole espacio suficiente para que pase la viga cabezal, se hizo un corte transversal por completo y 2.40m de ancho, se encontró capas de concreto muy duro para romper y 3 mallas de acero 5/8" y 1/2" liso, lo que evidenciaba las etapas constructivas que habían empleado, se rompió todo el material que era concreto hasta llegar a los bloques de piedra tallada que

componen los arcos del antiguo puente. Una vez realizada la limpieza en esta zona se ubicó icopor de espesor 6cm para generar dilatación entre la viga cabezal y el arco del antiguo puente.

Al haber cortado el tablero ya era posible subir el acero de la pila eje D y fundir la correspondiente sección de columna faltante, de esta manera se inició el amarre de acero para la viga cabezal aguas abajo, como se explicó anteriormente, se usaron conectores mecánicos Zap Screwlok tipo 2 para el acero longitudinal, en este elemento es necesario dejar el acero para los topes sísmicos en cada extremo de la viga se ubican dos topes sísmicos uno para la viga de 39m y otro para la viga 24m, en el proceso de formaletear se usó el mismo método aplicado en la sección aguas arriba. (Ver figura 29-30)



Figura 29: Acero viga cabezal incluye topes sísmicos.



Figura 30: Conectores mecánicos.

Otro de los grandes inconvenientes que se presentaron en este elemento fue que el puente al ser prácticamente dos estructuras dependientes, la sección aguas arriba ya en funcionamiento, transmitía esfuerzos a la zona aún en construcción, es decir el acero de la viga cabezal de la sección aguas abajo vibraba cuando una carga alta transitaba por el carril aguas arriba, por tal motivo, se hizo la petición al Ministerio de Transporte que se restringiera el tránsito de vehículos pesados por esta zona, el documento que se envió por parte de la constructora al Consorcio Devinar SA. nombraba prohibir el paso de todo vehículo de carga y vehículos de transporte de pasajeros que superen los 20 cupos, después de casi 25 días se

obtuvo respuesta, la cual no fue muy favorable para el proyecto debido a que la resolución en su artículo primero resuelve: “OBJETO: Restringir el tránsito vehicular en la vía RUMICHACA-PASTO sector PR 46+0200, para todos los vehículos con peso bruto vehicular mayor o igual a 17 toneladas y vehículos de transporte de pasajeros superiores a 20 cupos, a partir de las 6:00 p.m del 6 de noviembre de 2012 hasta las 6:00 pm del 8 de noviembre de 2012.” (**Anexo I: Restricción vehicular**) Esta resolución afectó considerablemente la idea que se tenía para la fundición de este elemento ya que con la restricción prácticamente solo estaría prohibido el paso a tracto mulas, permitiendo el tránsito de doble troques vehículos que son los que más trauma generaban sobre el puente, como ya no era posible perder más tiempo para cambio de la resolución se decidió fundir el elemento así, aunque con algunos asuntos a considerar para tener un mejor resultado, es decir se aumentó la resistencia del concreto de 4000psi a 5000psi con acelerante a 7 días y plastificante, además hubo que contar con la colaboración de la policía de carreteras la cual controlaba el tráfico sobre el puente para que solo transite un vehículo a la vez, a muy baja velocidad y que no realizaran cambio de velocidad mientras estuvieran sobre la estructura. De esta manera, se realizó el vaciado del elemento el día 6 de noviembre de 2012 a partir de las 7.00pm utilizando soldadura epóxica para concreto tipo Epotoc 1-1 de Toxement para unir las caras de la viga cabezal aguas arriba con la aguas abajo. El elemento estuvo bajo curado permanente los 7 días siguientes y con observación detallada ante cualquier irregularidad o alteración que pudiera presentar, el resultado que se obtuvo fue satisfactorio ya que no se presentó problema alguno con el resultado final del elemento. (Ver figura 31-32)



Figura 31: Fundición viga cabezal



Figura 32: Curado de viga cabezal

1.2.6 Estribos. Son los apoyos de las vigas postensadas en los extremos del puente, para este caso se presentan en los ejes 1 y 3. En las estructuras que van a tener contacto con el agua se deben realizar junto a pantallas diagonales de proyección conocidas comúnmente con el nombre de “aletas”, Debido a que los estribos en este proyecto se encuentran lo suficientemente alejados del contacto con el cauce del río no fue necesario construir aletas de protección. El estribo en el Eje 1 no es igual que el del eje 3 debido a que en él se debe compensar la diferencia de alturas entre las vigas de 39m y las de 24 igual que la diferencia que se presenta en la viga cabecial 60 cm.

Método constructivo: Para estas estructuras se debió seguir el mismo procedimiento que en la viga cabecial, debido a que el acero longitudinal estaba igualmente diseñado para no usar traslapos y que atravesara de extremo a extremo el elemento, por tal razón se usaron conectores mecánicos Zap Screwlok tipo 2 de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ", la excavación para estos elementos se realizó junto con la de los caisson así que el paso a seguir fue aplicar un concreto simple de base (solado) y comenzar con la armadura de acero, este proceso no tiene mayor dificultad debido a que es una figura de volumen recto solo se debe ser cuidadoso con la ubicación del acero para el tope sísmico y la pantalla ya que estos deben quedar ubicados en el punto preciso para que no existan holguras entre las vigas y estos elementos de tal manera que puedan trabajar de manera óptima, este elemento se funde en dos etapas, la primera es fundir el dado siendo la estructura que soportará la viga y la segunda etapa será fundir el espaldar, este solo se vaciara en el momento que las vigas estén en su lugar.

El estribo para el carril aguas arriba se armó y fundió con una longitud de 6.0m distancia suficiente para trabajar como soporte de las 2 vigas que formarían parte de este carril, dejando pelos del acero longitudinal de 40cms para poder asegurar los anclajes mecánicos y que este contenga un buen recubrimiento de concreto. (Ver figura 33-38)



Figura 33: Amarre de acero estribo Eje 3



Figura 34: Amarre de acero estribo eje 1



Figura 35: Curado estribo eje 3



Figura 36: Amarre de acero silleta estribo eje 1



Figura 37: Amarre acero de pantalla espaldar



Figura 38: Ménsula de apoyo para placa de aproximación

1.2.7 Vigas longitudinales postensadas. Como se mencionó anteriormente para salvar el deprimido en mención se planteó una estructura con dos luces una de 24m y otra de 39m, la cual estaría conformada con vigas longitudinales postensadas de sección en I, con dos apoyos, uno en la viga cabezal y el otro en su correspondiente estribo, en este proyecto se aplicaron 3 técnicas diferentes para el posicionamiento de las vigas; vigas in situ, lanzamiento y desplazamiento de vigas, estos tres procedimientos se describen muy claramente en este proyecto con los cuales se evidencia que no fue necesario una gran inversión para realizar un buen trabajo. Este tipo de vigas trabajan de manera óptima después de haber realizado el proceso de tensionamiento y para que este resulte de manera óptima es necesario que tanto ductos como anclajes se hayan posicionado de manera correcta y teniendo todas las precauciones del caso, en este proyecto se trataron los dos tipos de anclajes más comunes para este tipo de estructura que son; anclajes pasivo-activo y anclajes activo-activo, en que consiste cada uno de esto:

Anclaje pasivo-activo: Este elemento consiste en tener bloque de anclaje con cuñas exclusivamente en un extremo de la viga y en el otro se presenta un bloque de anclaje muerto que consiste en una platina curva que permite a los torones dar giro para regresar a la posición del anclaje activo. Es decir, un torón entra por el anclaje activo, llega hasta la platina del anclaje pasivo, da la vuelta en ella y vuelve a salir por el anclaje activo. Este método economiza elementos de anclaje tales como, botella, bloque y cuñas. La desventaja del método es que no es posible

retensionar en caso que sea necesario por esta razón este tipo de elementos se plantea para vigas o estructuras de longitud relativamente corta donde el fallo en el tensionamiento es casi improbable si los elementos de tensionamiento se han instalado de manera correcta o en estructuras donde no es posible tener acceso a uno de los extremos. (Ver figura 39-40)



Figura 39: Anclaje activo



Figura 40: Anclaje pasivo.

Anclaje activo-activo: Este sistema consiste en tener bloque de anclaje con cuñas en ambos extremos de la viga, es decir el torón que entra por el extremo A sale por el extremo B, en los dos bloques los torones se aseguran con cuñas una por cada torón, la ventaja del sistema es que en caso que en el primer tensionamiento el torón no de la elongación predeterminada es posible retensionar por el extremo contrario y la desventaja el gasto económico con los elementos del bloque de anclaje como, botella, bloque y cuñas. (Ver figura 41-42)



Figura 41: Botellas aseguradas para anclaje



Figura 42: Anclaje activo antes de tensionar.

Estas vigas están diseñadas para que se realice su tensionamiento en dos etapas, la primera de ellas se efectúa cuando el concreto haya alcanzado el 100% de su resistencia y solo se tensionan los cables que van ubicados al final de la viga en posición vertical, en segundo tensionamiento llamado también tensionamiento de placa, se realiza una vez este fundido el tablero del puente y este concreto haya alcanzado como mínimo un 80% de su resistencia de diseño, estos cables son los que van ubicados en la parte superior de la viga.

Con respecto al procedimiento de tensionamiento Stup de Colombia quien fue la empresa responsable de esta actividad, junto con el material de trabajo envía un manual para la correcta elaboración de estos elementos, además de contar con su constante asesoría. El manual se adjunta en los anexos de este documento. Ver Anexo J: Manual de tensionamiento.

Método constructivo: Para este tipo de vigas antes de iniciar su construcción es muy importante identificar sobre qué tipo de superficie se va a realizar las vigas debido a que estas estructuras al final de su elaboración deben quedar con su correspondiente contra flecha, entonces si la viga se realiza sobre cimbra, es necesario realizar la viga con contra flecha debido a que en el momento que la estructura tome carga perderá esa diferencia de altura y quedara a nivel hasta el momento que se tense y la cimbra quede libre y descargada. Si la estructura se realiza sobre una superficie firme donde no existe riesgo de asentamientos la viga se construirá a nivel y la contra flecha se la dará el tensionamiento.

Todas las vigas de este proyecto se realizaron sobre superficie firme, así que se construyeron sin contra flecha.

Vigas 24m ejes A y B: Se realizaron en la parte posterior al estribo eje 1 costado Ipiales sobre la vía asfaltada, como esta vía no se encuentra a un solo nivel fue necesario en un extremo excavar y en el otro fue necesario rellenar en concreto ciclópeo en forma de terraplén para construir la pista sobre la que ira asentada la viga, se realizaron pistas en concreto con la superficie esmaltada para evitar que el concreto de la base de la viga se adhiera y así obtener un mejor terminado sobre esta. Se construyeron dos pistas para poder realizar la viga del eje A y la del eje B simultáneamente, una vez realizado esto se puede iniciar la armadura de acero, la viga en su sentido longitudinal tiene 3 secciones importantes, los extremos o estribos, la transición y el cuerpo o centro. Cada una de estas secciones posee una geometría diferente a la cual se ajusta el correspondiente acero, estas estructuras fuera del acero a flexión y cortante se debe instalar el acero de los bloques de anclaje, aunque esto se realiza una vez estén ubicados los ductos para torones, este refuerzo consiste en tres mallas de acero $\frac{1}{2}$ " (para este caso) que refuerzan el bloque de anclaje para las botellas, una espiral de $L=6.0m$ en la unión del ducto con la botella, y 6 ganchos en U en acero de $\frac{1}{2}$ " (para este caso) a 45 grados en la parte inferior del estribo como refuerzo en la zona donde la viga asentara. Una vez se instale todo el acero necesario, se procede a la instalación de ductos labrados en aluminio estos se instalan uno por cada cable de torones, los ductos vienen en longitud de 5.0m para dar la continuidad al ducto se instalan uniones prefabricadas en el mismo material, se asegura con alambre galvanizado y se forra en cinta para evitar que matriz de concreto entre en el ducto y complique el tensionamiento de los torones. Estos ductos se instalan respetando las coordenadas que en los planos el ingeniero diseñador ha planteado, una vez instalados los ductos se procede a introducir los torones, como esta viga para el primer tensionamiento consta de 3 cables de anclaje activo-pasivo se introduce el torón por el extremo A, en el extremo B espera la platina curva donde gira y regresa al punto A, estos cables constan de una cantidad impar de torones así que un torón sale del punto A y termina en el punto B, este elemento se asegura en la platina puede ser con una cuña o con un elemento conocido como barrilete. Los bloques de anclaje para estos 3 cables del primer tensionamiento se ubican alternadamente, es decir los cables 1 y 3 se tensionaran por el extremo A y el cable 2 se tensionara por el extremo B. El cuarto cable de estas vigas es el encargado del segundo tensionamiento y es el único que se presenta del tipo Activo-Activo, en el punto donde queda ubicado el bloque

de anclaje se debe realizar una caja para que el concreto no llegue hasta el nivel del bloque y el gato hidráulico tenga espacio suficiente para su posicionamiento.

Los diseñadores de este tipo de vigas, trabajan con secciones estándar de acuerdo con las dimensiones de formaleta que se pueden conseguir en el mercado, para este proyecto no fue posible conseguir este tipo de formaleta, no había disponible en las dimensiones que se necesitaba, por tal motivo fue necesario usar formaleta metálica rectangular, se optó por este material debido a su facilidad para engancharse con conectores curvos para dar el quiebre que la geometría de la viga exige, fue una buena solución, los inconvenientes que se presentan con este tipo de formaleta fueron los terminados en las uniones de formaleta ya que se usaron biseles en madera, el prolongado tiempo empleado y la sección de la transición que si fue necesario elaborarlo en superboard.

Cada viga de estas cubica 12m^3 aproximadamente, en concreto de 5000 psi, este concreto se realizó con gravilla $5/8''$ de la cantera de Agresur en el río Téllez y con plastificante Tecniplasst N1, esto con el fin que el concreto pueda fluir con mayor facilidad en las secciones donde los ductos dejan un paso muy estrecho especialmente en el patín inferior y el alma de la viga, una vez el concreto haya alcanzado el 100% de la resistencia es posible el tensionamiento siendo lo más recomendable, aunque es posible realizarlo cuando el concreto alcance como mínimo el 80% de la resistencia a la compresión. Ver Anexo K: Diseño de mezcla para concreto de 5000 psi. (Ver figura 43-45)



Figura 43: Formaleta vigas 24m ejes A y B



Figura 44: Vaciado de concreto extremo de viga



Figura 45: Vaciado de concreto viga 24 A

El proceso de tensionamiento corre por cuenta de la empresa STUP de Colombia, ellos envían junto con el técnico, el gato, la bomba y todo lo necesario para que el procedimiento se efectué de manera óptima. Este proceso consiste en: envían un formato con el cálculo de la elongación que debe presentar el cable a cada carga que el gato vaya ejerciendo, este procedimiento se realiza cada 1000 psi, hasta lograr la presión máxima establecida en el formato siempre y cuando la elongación se mantenga en el rango permitido, si se llega a la presión máxima y la elongación no fue suficiente es necesario retensionar, si el cable tiene anclajes activos-activos se tensiona por el otro extremo hasta la elongación dispuesta en el formato, si el cable consta con anclajes activo-pasivo el proceso es un poco más complicado y es necesario distensionar los cables e iniciar el tensionamiento nuevamente desde cero. Cuando la viga se encuentra tensionada al 100% gana contraflecha, al despegar de la pista teniendo como punto de inflexión máximo el centro de la luz, de esta manera, la viga queda apoyada únicamente en sus dos extremos, forma como va a trabajar.

Los formatos y resultados para estas vigas se indican en los anexos. Ver Anexo L: Formatos de tensionamiento con los resultados obtenidos.

Una vez los resultados sean aprobados por los ingenieros de STUP a la empresa constructora le envían la respuesta (Anexo M: Respuesta de aprobación de los resultados obtenidos en obra.) en donde se comunica la aprobación y visto bueno

para proceder a inyectar los ductos esto consiste en introducir pasta de cemento por un orificio en el bloque de anclaje de tal manera que los torones queden embebidos y protegidos ante la corrosión también se le puede adicionar expansor si fuere el caso, una vez hecho esto se procede cortar los torones y tapar los cajones para los bloques. Así se daría por terminada la viga y estaría lista para desplazarse a su sitio definitivo.

Procedimiento para posicionamiento de vigas: Como se mencionó anteriormente las vigas 24m eje A y B se realizaron en la parte posterior del puente en el sentido Ipiales y es necesario traerlas hasta su posición definitiva, para estas dos estructuras se utilizaron dos tipos de grúas, la primera es una grúa tipo PH (hasta el momento única en Pasto) y la segunda es una grúa doble troque tipo “macho” de pertenencia a Devinar, el procedimiento fue el siguiente, inicialmente la grúa PH tomando un extremo de la viga a la vez la desplazo lateralmente hasta que tuviera una trayectoria recta hasta la viga cabezal, una vez estando en esta posición, en el extremo trasero de la viga se ubicaba la PH que elevaría la viga y en el extremo frontal se hizo reposar la viga sobre una patineta metálica en este mismo extremo se ubicó la grúa macho, entonces para movilizar la viga lo que se hizo fue, la PH elevaba la parte trasera y la macho halaba, con cada uno de estos procedimientos se avanzaba cerca de 2.0m que es la longitud que la PH podría elongar su brazo sin perder fuerza, las vigas desde su posición inicial hasta su posición final recorrerían aproximadamente 30m, para subirla hasta el nivel del estribo y viga cabezal se usó una escalinata en polines de 15 cm. Entonces la PH subía en un extremo 30cm y regresaba al otro extremo a subir 60 cm así hasta llegar al nivel y hacer reposar las vigas sobre sus correspondientes apoyos de neopreno.

Para este procedimiento fue necesario cerrar el tráfico de vehículos cerca de 11 horas, el primer cierre se hizo desde las 6.00 p.m hasta la 1.00 a.m aproximadamente tiempo que se tardó en movilizar la primera viga, de 1.00 a 2.00 a.m se dió tránsito y de 2.00 a 5.30 a.m se movilizó la segunda viga, dando por terminado a esta hora el procedimiento de movilización de estas dos vigas, para el cierre de tráfico se contó con la colaboración de la policía de carreteras. (Ver figura 46-49)



Figura 46: Movimiento de viga con grúa PH



Figura 47: Grúa macho trasladando viga de 24 m.



Figura 48: Viga 24 A sobre estribo.



Figura 49: Vigas 24 m sobre viga cabezal.

Vigas 39m eje A y B: Estos elementos se realizaron uno a la vez debido a que fueron construidas sobre el antiguo puente, ya que es el único tramo recto y con poca pendiente donde alcanzaría una estructura de tal longitud, el hecho de realizarlas en este sitio se puso a consideración del ingeniero diseñador, debido a la alta carga que esta viga ejercería sobre la antigua estructura, después de realizar los correspondientes estudios y consultas se dio el visto bueno para construir las vigas en este punto, con la única recomendación de que sus dos extremos estén apoyados sobre el estribo y el pilar central de la antigua estructura.

Debido a que el tablero de la antigua estructura no se encontraba a un solo nivel fue necesario realizar al igual que en las vigas de 24m una pista para dar una buena superficie y a nivel deseado para la nueva viga. Una vez hecho lo anterior se procedió a armar el correspondiente acero, este se lo pidió figurado a la empresa Diaco con sucursal en la ciudad de Cali-Colombia, este material llegó con deficiencias en la geometría, pero por la premura del tiempo no se regresó el pedido sino que se corrigió en obra, fue necesario flejar de nuevo la sección defectuosa para que el elemento conserve las condiciones indicadas en los diseños. Ya corregido el impase se armó el acero sin ningún contratiempo, ubicando el acero por cortante, y acero a flexión, ya amarrado este acero se procede a ubicar los ductos por donde pasaran los cables de tensionamiento, la instalación de estos ductos se debe hacer de forma muy minuciosa respetando estrictamente las coordenadas planteadas en los diseños, de esto depende en gran parte el buen comportamiento de los bloques de anclaje y la viga en general en el momento del tensionamiento, una vez ya ubicados los ductos se procede a instalar el acero para los bloques de anclaje estos consisten en 3 mallas de acero $\frac{1}{2}$ " cada 7.5cm en la parte posterior a la botella, una espiral de longitud 6.0m al final del ducto en diámetro $\frac{1}{2}$ " y en la sección donde la viga reposaría, lleva 6 "U" en sentido diagonal como refuerzo de apoyo.

El procedimiento de formaleta se hizo de manera similar tanto en las vigas de 24m como en las de 39m, con formaleta metálica y esquineros de madera, las secciones en la transición de las vigas se usó superboard y las tapas en los extremos se realizan en madera para la comodidad en el momento de elaborar los cajones para las botellas de anclaje. (Ver figura 50-55)



Figura 50: Instalación de ductos viga 39m



Figura 51: Formaleta lateral viga 39m



Figura 52: Formaleta frontal viga 39m



Figura 53: Formaleta extremo y transición



Figura 54: Detalle bloque de anclaje

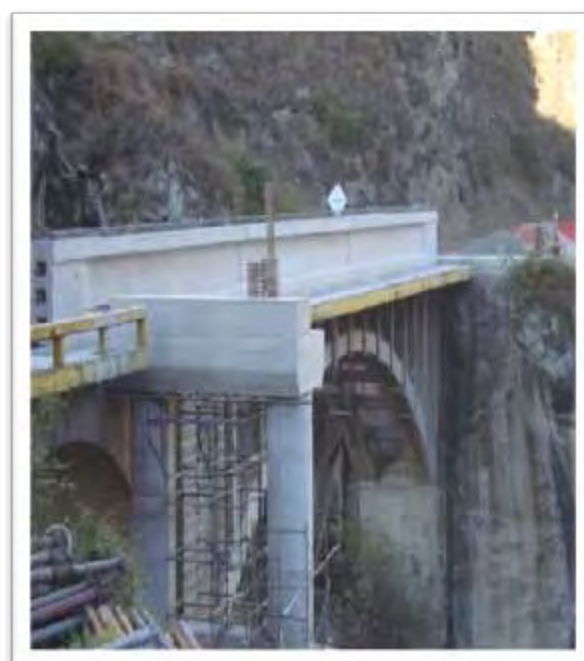


Figura 55: Viga fundida en su sitio de elaboración

Procedimiento para posicionamiento de vigas: Las dos vigas de 39m para el eje A y B se realizaron relativamente cerca del punto donde sería su posición final, su desplazamiento sería 1.50m frontal y 2.0m lateralmente. Así que para llevarlos hasta el punto se usó nuevamente las patinetas metálicas, inicialmente se levantó la viga con gatos hidráulicos apoyados sobre el tornillo pasador de acero 3" y bajo la estructura se ubicó las patinetas en cada extremo de la viga y con la ayuda de

la grúa doble troque de propiedad de Devinar se la llevó a 15 cm de la pantalla del estribo, con esto el movimiento frontal estaría completo, En este momento se vuelve a elevar la viga sobre los gatos para cambiar la dirección de las patinetas en 90 grados para iniciar el movimiento lateral, este se realiza con gatos ejerciendo presión sobre la cara lateral en pequeños movimientos de 20 cm hasta completar los 2.0m de movimiento lateral para ubicar la primera viga en el Eje A. Cuando las vigas se encuentran en el punto exacto se elevan por última vez, se retiran las patinetas y demás elementos que queden sobre la superficie y se asienta la viga sobre sus respectivos apoyos de neopreno. (Ver figura 56-57)



Figura 56: Movimiento vertical de la viga



Figura 57: Movimiento horizontal de la viga

Vigas 24 m ejes C y D: El proceso constructivo de la viga como tal es el mismo de las anteriores estructuras, la diferencia radicó en que estas vigas se hicieron in situ. Hay que tener en cuenta que para fabricar estas vigas ya se tenía el carril aguas arriba inhabilitado y el tráfico ya transitaba por el nuevo puente, lo que facilitaba enormemente los trabajos, así que para elaborar estas vigas se realizó un encamado con el sistema de losas PT, apoyándose sobre el tablero antiguo, sobre los andamios se realizó una pista de apoyo para la viga en camillas de madera, a estas se les aplica ACPM o aceite quemado para evitar la adherencia

del concreto a la madera o para generar un mejor terminado y evitar pérdida de la matriz pasta del concreto por las ranuras de la madera se recomienda usar lona, plástico o algún tipo de material liso que cubra toda la zona de contacto. La pista que se elaboró se construyó desde la viga cabezal hasta el estribo del eje 1, superando el nivel de estos apoyos con la altura de una camilla, esto para cuando la viga este tensionada sea de mayor facilidad gatearla y depositarla sobre sus apoyos de neopreno. Al realizar estas vigas en su sitio no era posible fundir el espaldar del estribo ni ubicar las vigas de 39m en sus respectivos ejes hasta que no se realice el proceso de tensionamiento e inyección a estas vigas, debido a que si se hacía alguna de las dos actividades mencionadas se bloquearía la zona del bloque de anclaje y sería imposible tensionar.

El proceso de tensionamiento para estas vigas fue sencillo y todo transcurrió de manera normal los resultados para estas vigas se presentan en el anexo L. Para la viga del eje D, que se ubicaría al extremo y es la que hace contacto con el tope sísmico lateral, es muy importante ubicar el tubo por donde pasara el tornillo, a una distancia donde no se vea afectado por el acero del tope sísmico para que sea posible gatear apoyados desde el estribo o la viga cabezal ya que es muy importante que los gatos se encuentren ubicados al mismo nivel para que no existe descompensación alguna que pueda ocasionar una fuerza desfavorable que invite a la viga a caer lateralmente, los gatos deben ser accionados por la misma bomba y al mismo tiempo, para que la viga sea elevada uniformemente y conserve su verticalidad, hay que recordar que mientras se realice un proceso de elevación o de desplazamiento de la viga se debe tener permanentemente puntales en ambas caras, que rigidicen el movimiento lateral, una vez la viga este apoyada en los gatos se retira la camilla que se usó para fundir, se ubica los apoyos de neopreno en la posición adecuada y se descarga la viga sobre estos, dando así por terminado el proceso de ubicación de las vigas. En este punto como la viga está en una altura mayor a la que se fundió, es totalmente fácil y rápido retirar las camillas y los andamios que se instalaron para su fabricación.

De esta manera se tiene las 4 vigas entre los ejes 1 y 2, donde quedarían pendientes las estructuras de confinamiento como los espaldares de estribos y topes sísmicos para dar por terminado la infraestructura y dar inicio a la superestructura. (Ver figura 58)



Figura 58: Amarre de acero e instalación de ductos vigas 24m ejes C y D.

Vigas 39m ejes C y D: El procedimiento que se llevó a cabo para estas estructuras fue idéntico a las 2 vigas anteriores en cuanto a la construcción, se usó el mismo tipo de formaleta, el mismo procedimiento de instalación de ductos y bloques de anclajes, además de la misma manera de vaciado de concreto.

La diferencia radicó en que para la elaboración de estas vigas se realizó un encamado en camillas de madera en lugar de usar la pista en concreto, esto con el fin de realizar las vigas en el sitio y no tener que desplazarlas lateralmente aunque si fue necesario desplazar frontalmente, debido a que no se podían realizar directamente sobre la viga cabezal ya que la viga de 24m ya está en su sitio y dado el caso en que fuera necesario retencionar un cable de la nueva viga no habría espacio suficiente para realizar el proceso. Como el espacio entre el espaldar del estribo y la silleta alta de la viga cabezal tiene la longitud justa para que alcance la viga de 39m, fue necesario montar la viga sobre todo el estribo del eje 3 haciendo espacio entre el acero del espaldar para que la viga pase.

El encamado se realizó 10 cm sobre el nivel que reposaría la viga definitivamente para tener un mayor rendimiento al momento de su desplazamiento, por cuestión de la alta carga que una viga de estas ejerce sobre el antiguo puente, solo se pudo realizar una a la vez, entonces al momento que la viga del eje C se descargó en su lugar definitivo, se movilizó el encamado completamente hasta el eje D y se repitió el procedimiento para esta viga.

En todos estos procedimientos y actividades referenciados anteriormente el pasante tuvo una amplia participación, fue necesario revisar las cantidades de

acero dispuestas, ubicadas en el sitio estrictamente planteado en los planos ya que como se explicó de esto depende en un alto porcentaje el buen funcionamiento del tensionamiento y de la viga en general, sobre todo en las zonas de los extremos de las vigas, zonas de apoyo y refuerzo para bloques de anclaje.

Se supervisó la instalación de ductos y cables, revisando de manera exhaustiva las coordenadas de cada uno de estos, actividad sumamente importante para el buen comportamiento de la viga durante el tensionamiento, los ductos no pueden tener perforación u orificios por donde pueda entrar mezcla o suciedad que entorpezcan el procedimiento.

En conjunto con el maestro se plantearon las estrategias a seguir para los desplazamientos de las vigas, la forma en que serían gateadas y las actividades que serían posibles de realizar con la maquinaria que se encuentra disponible en la ciudad de Pasto o con herramienta que sería posible traer desde otra ciudad. Se planeó la manera de realizar el concreto y llevarlo hasta las estructuras que serían vaciadas para obtener el mayor rendimiento posible.

Se supervisaron y rectificaron la geometría de los elementos, la correcta colocación de concreto así como la elaboración del mismo.

Cada proceso de tensionamiento se supervisó y se revisó la seguridad de cada uno de los elementos comprometidos, se diligenciaron los formatos para enviar los resultados a la oficina de Stup de Colombia para que dieran el aval y poder continuar cada uno de los procesos. (Ver figura 59-64)



Figura 59: Ubicación de equipo de tensionamiento



Figura 60: Revisión de elongación de torones



Figura 61: Bomba para tensionamiento



Figura 62: Despegue de la viga tensionada



Figura 63: Segunda etapa de tensionamiento



Figura 64: Corte de torones después de tensionados

1.2.8 Estructuras de confinamiento para vigas. En este capítulo se trata las actividades referentes a espaldares de estribos, topes sísmicos y riostras, estructuras con las cuales se confinó las vigas con respecto a movimientos horizontales, tanto lateral como frontalmente.

Estos elementos no se realizaron todos al tiempo sino por el contrario se ejecutaron al momento justo en que se podían realizar, para el carril aguas arriba en donde el puente funcionó únicamente con dos vigas, se fundieron las riostras

entre estas dos, para las vigas de 24m se realizaron 3 vigas riostras, estas abarcan la totalidad de la separación entre vigas es decir una longitud de 2.25m con una altura de 0.98m y un ancho de 0.25m, estas vigas rigidizan la estructura de tal manera que se amarren las dos vigas para evitar que por algún tipo de movimiento lateral las vigas cambien el distanciamiento entre ellas generando problemas por un cambio en la distribución de cargas, además obligan a las vigas a trabajar de una manera homogénea en sus movimientos verticales para no ocasionar problemas al tablero de la estructura.

Para la sección de 39m carril aguas arriba se fundieron 4 vigas riostras, 2 internas y 2 extremas, estos elementos cubren la totalidad de la separación entre vigas es decir 2.15m con una altura de 1.10m y grosor de 0.25m. Para todas las vigas riostras, tanto las de la sección de 39m como las de 24m la idea es que se amarren las 3 vigas riostras que se ubican entre las 3 luces que dejan las 4 vigas longitudinales para que funcionen como una unidad, debido a que estas estructuras no se pueden elaborar al mismo tiempo, es necesario encontrar una solución para este problema, para subsanar este inconveniente el acero de la riostra se ancló con soldadura epóxica G5 de “Read Head” para que el acero no tuviera movimientos laterales y la riostra trabajara adecuadamente. Una vez estuvieron posicionadas las vigas de los ejes C y D correspondientes al carril aguas abajo se continuó con las vigas riostras entre las dos luces que se forman para este carril amarrándolas con el acero de la viga riostra fundida inicialmente para el carril aguas arriba y de esta manera las 4 vigas longitudinales tanto las de 24m como las de 39m pueden trabajar homogéneamente como una unidad.



Figura 65: Formaleta de vigas riostras

Para el movimiento lateral de la estructura se tiene los topes sísmicos, son pequeñas estructuras en concreto que se ubican en los extremos de las vigas longitudinales y restringen el movimiento lateral que puede presentar el puente, para estas estructuras el acero de refuerzo viene desde la parte inferior del estribo o de la viga cabezal sea el caso, para las vigas de 24m estos elementos son de 80cmx73cmx40cm llevando en su cara interna un apoyo de neopreno de dimensiones 50x40x3 Dureza 50, con una platina de 48cmx38cmx3mm, el cual amortigua cualquier tipo de movimiento lateral que se presente y mantendrá las vigas en su correspondiente lugar.

Para la sección de 39m las estructuras llevan dimensiones diferentes, en la viga cabezal el tope sísmico es de 65x140x40cm con apoyo de neopreno en la cara interna de 50cmx75cmx3 con platina de 48cmx73cmx3mm y en el extremo del eje 3 sobre el estribo, el tope sísmico es de 97x140x40 con apoyo de neopreno en su cara interna de 70x75x3 con platina de 68cmx73cmx3mm. El concreto del tope sísmico debe quedar dilatado con respecto a la viga, la unión entre estos dos elementos exclusivamente debe ser por medio del neopreno.

La tercera estructura para el confinamiento de las vigas son los espaldares de los estribos, estos se comienzan a construir una vez los ductos de las vigas estén inyectadas y Stup haya dado el visto bueno para cortar los torones y tapar los bloques de anclajes. Estas estructuras forman parte de los estribos, el acero correspondiente viene anclado desde la zona inferior del dado de estribo y su parte superior hace parte de la junta de dilatación, al acero de esta pantalla viene incluido el acero de la ménsula que dará soporte a la placa de aproximación. Se fundió con concreto de 21 Mpa con acelerante a 7 días; de esta manera se obtiene una resistencia apropiada a un tiempo relativamente corto para poder iniciar las actividades de relleno sobre los accesos al puente. (Ver figura 66-67)



Figura 66: Ubicación de neopreno para tope sísmico



Figura 67: Refuerzo para tope sísmico.

1.2.9 Muros de contención y confinamiento para accesos al puente. Debido a que el nuevo tablero quedaría a cerca de 2.20m sobre el antiguo es necesario realizar un relleno en material seleccionado y compactado para lograr alcanzar el nuevo nivel; para realizar el confinamiento de este material sin usar el terreno aledaño para detener el terraplén, se optó por la realización de muros de contención a 2.0m del borde de carril previamente destinado.

Inicialmente la comisión de topografía referenció los puntos de la zarpa de cada uno de los módulos instalando banderines, se ubicaron niveletas y suministró niveles de excavación para cada módulo. Al tener estos datos se comenzó la excavación de cada módulo a mano debido a que no era un gran volumen de tierra a extraer.

El muro de contención aguas arriba costado Ipiales consta de 6 módulos (No. 1, 2, 3, 4, 5 y 6) cada uno de 6m lo que da como resultado un muro de contención de 36m de longitud. Cada módulo varía en su altura y dimensiones de zarpa debido a que el esfuerzo lateral que soportaran será diferente.

Para la sección aguas arriba costado Pasto, el muro consta de 8 Módulos de 6m cada uno, lo que otorga un muro de contención de longitud total 48m. Las zarpas para esta estructura están cimentadas sobre roca sana, para lo cual fue necesario

usar taladros hidráulicos para excavar hasta el nivel deseado y especificado en planos. Las zarpas para los 3 módulos más cercanos al estribo del puente (No. 12,13 y14), quedan bajo las cunetas del antiguo trazado por lo que es necesario demoler estas estructuras antiguas al igual que es retirar las barreras metálicas de contención como la diferente señalización en este sector existente.

Para el terraplén del carril aguas arriba únicamente se elaboraron muros en lado externo ya que en la cara interna o sobre el eje de la banca, se elaboró soporte en tierra armada ya que era el sistema que menos traumatismo generaría sobre el carril aguas abajo del antiguo puente que aún se encontraba en funcionamiento. (Ver figura 68-69)

Método constructivo: Al tener la excavación lista, se procede a aplicar un solado de limpieza en concreto pobre sobre la zona donde reposara la zarpa y el dentellón, al momento en que el solado haya fraguado se inicia a armar la parrilla de acero de refuerzo para la zarpa y dentellón una vez estos estuvieron asegurados se izó el acero vertical de la pantalla para proceder a fundir la zarpa.



Figura 68: Excavacion para muros de contencion



Figura 69: Fundición de zarpas

Al día siguiente, cuando la zarpa tomó resistencia, se procede a formaletear la pantalla, los dos módulos cercanos al puente tienen un espesor de 35 cm tanto la

pantalla como la zarpa, los módulos siguientes reducen su dimensión a 25cm. Los módulos colindantes con las pantallas de los estribos tienen un orificio de 4" en su base, por el cual saldrá la tubería filtro que se ubicara en la parte posterior inferior de cada estribo. Sobre cada pantalla se dejaron orificios de ½" que traspasan el concreto con el fin que trabajen como respiraderos y poder liberar la presión que el agua pueda ejercer sobre estas estructuras.

El muro se fundió en tres etapas, la primera contempla la zona de zarpa y dentellón, la segunda solo lo que es pantalla, dejando el acero en la parte superior descubierto para fundir la tercera etapa que sería el guardarruedas.

Para estos muros se elaboró en obra concreto de 21 Mpa, como indican los correspondientes diseños y se tomaron cilindros de muestra para cada módulo, obteniendo resultados satisfactorios superiores al 100% de la resistencia para cada uno de ellos. Estas estructuras no necesitaban actividades previas así que se pudo realizar mucho antes que la fundición de espaldares, por lo tanto, cuando se programó el relleno y compactación del material el concreto ya tenía la resistencia necesaria para soportar la carga. (Ver figura 70-73)



Figura 70: Amarre de acero pantallas.



Figura 72: Formaleta de pantallas



Figura 71: Amarre de Acero pantallas.

1.2.10 Relleno en material seleccionado y compacto con soporte en geomalla uniaxial. Como se explicó anteriormente, el tablero para el nuevo puente quedará 2.40m sobre el nivel de vía anterior, por tal motivo es necesario realizar actividades las cuales permitan llevar el tránsito vehicular hasta el nuevo nivel, así que se realizó un terraplén confinado entre muros de contención.

Para el primer carril que se construyó (agua arriba), el terraplén se realizó entre muro de contención en un extremo y muro en tierra armada en su cara interna, se optó por usar geomalla uniaxial, debido a su rapidez para la elaboración y sin tiempo de espera después de su colocación, no generaría ningún tipo de traumatismo sobre el carril en funcionamiento debido a que no es necesario invadir esta zona bajo ninguna circunstancia, se pueden alcanzar todos los niveles requeridos para esta obra (hasta 30 m de altura según proveedor). Por estas razones se prefiero levantar el soporte en este material en lugar de usar muros de contención en concreto reforzado o cualquier otra técnica.

La estructura de este pavimento según diseños suministrados por Devinar S.A, son: 7.5cm de asfalto, 40cm de material de base y todo bajo este nivel seria compactado con material de sub base.

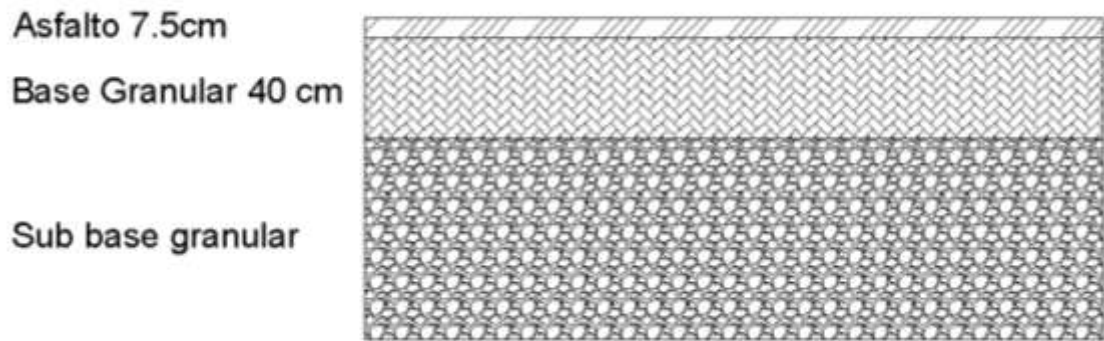
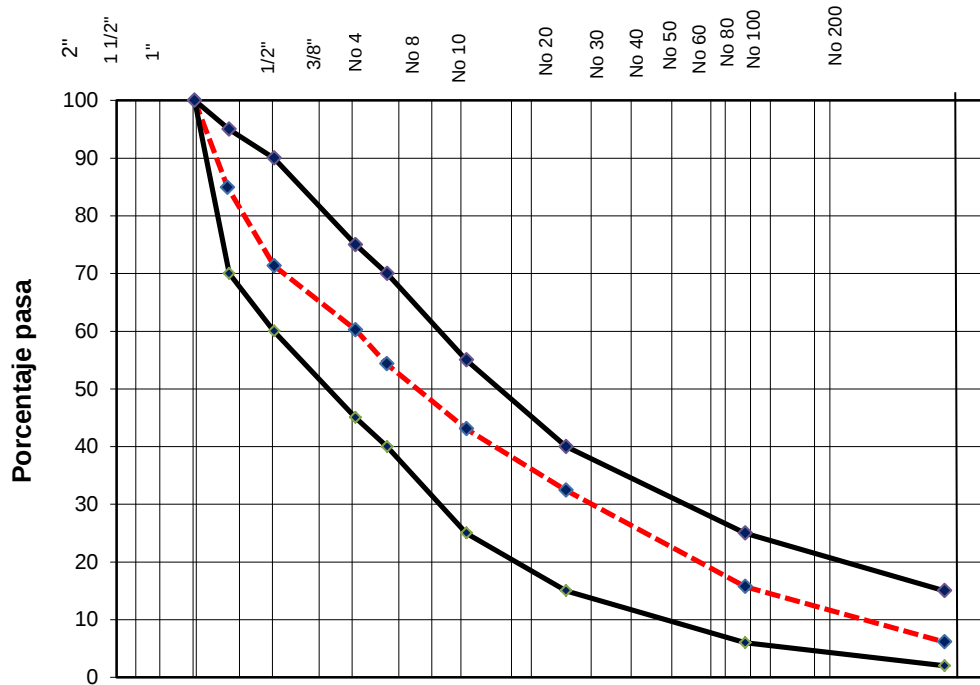


Figura 73: Corte estructura de pavimento

Por parte de la empresa constructora IHB la actividad contractual esta en realizar el terraplén con sub base granular hasta alcanzar el nivel de tablero para el carril aguas arriba y 47.5 cm bajo el nivel de terminado para el carril aguas abajo, esto debido a que para el primer carril se dará vía provisionalmente con los accesos sin carpeta asfáltica. Las actividades correspondientes a compactación de base y carpeta asfáltica serian realizadas por la empresa Concay S.A.

El material de sub base granular se trae desde la planta de agregados de la empresa Concay S.A ubicada sobre el rio Téllez, el material posee las siguientes características suministradas por el grupo de laboratorio de la empresa proveedora:

Granulometría:



PESO INICIAL (gr): 5413.0

PESO FINAL (gr) : 5081.5

TAMIZ No	PESO	% RETENIDO	% PASA
2 1/2"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	816.2	15.1	84.9
1"	734.9	13.6	71.3
1/2"	600.8	11.1	60.2
3/8"	320.4	5.9	54.3
No 4	609.1	11.3	43.1
10	576.5	10.7	32.4
40	903.8	16.7	15.7
200	519.8	9.6	6.1
Fondo	331.5	6.1	0.0

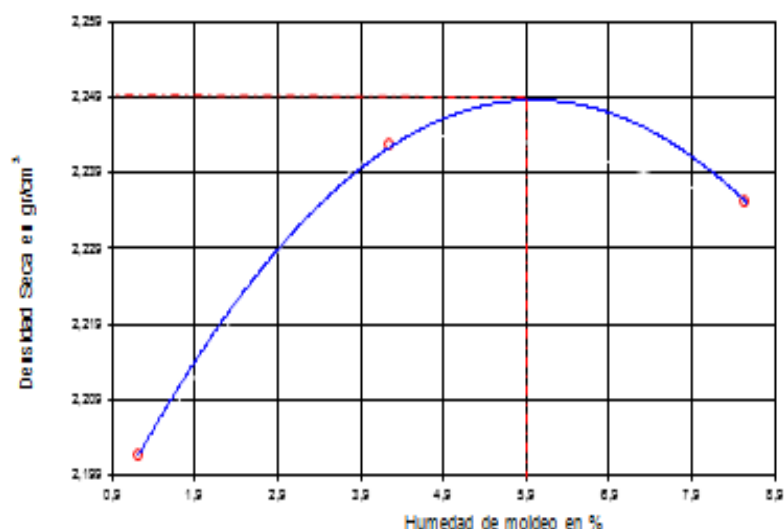
NORMA SUBBASE GRANULAR SBG - 1 INVÍAS

Gravas: 57.0%	Arenas: 37.0%	Finos: 6.0%
---------------	---------------	-------------

PROD-013	COMPACTACION EN LABORATORIO (PROCTOR MODIFICADO)		
Versión 4			
24-abr-09			

PROYECTO: <u>CONCESION RUMICHACA - PASTO - AEROPUERTO - CHACHAGUI</u>	Ensayo No. 0467	004 Consecutivo	
MATERIAL : <u>SUBBASE GRANULAR 100% RIO TELLEZ</u>			
TRAMO: <u>RIO TELLEZ</u>	FECHA: <u>12-jun-2012</u>		

PRUEBA	1	2	3			
No. de golpes	56	56	56			
Molde No.	1	1	1			
Humedad natural muestra (%)	5.0	5.0	5.0			
Humedad adicional (%)	0.0	3.8	7.7			
Peso muestra húmeda, gramos	5500	5500	5500			
Peso muestra seca, gramos	5223.9	5223.9	5223.9			
Agua adicional, cm ³	0	300	600			
Peso muestra húmeda + molde, gramos	7632	7865	8052			
Peso molde, gramos	2900	2900	2900			
Peso muestra húmeda, gramos	4732	4965	5152			
% humedad (horno)	1.2	4.3	8.6			
Peso muestra seca, gramos	4675	4762	4746			
Volumen del molde, cm ³	2123.31	2123.31	2123.31			
Densidad muestra seca, gr/cm ³	2.202	2.243	2.235			



RESULTADOS	Dens. Max. gr/cc. <u>2.249</u>	Hum. Optima % <u>5.90</u>	
-------------------	--------------------------------	---------------------------	--

La caracterización del material fue suministrado por la empresa proveedora del material, siendo revisados y corroborados con los resultados obtenidos por el laboratorio de Devinar.

Todas las pruebas de laboratorio correspondientes al proctor modificado y ensayos en campo como el cono y arena, que se realizaron al material utilizado en obra fueron realizadas por parte de ingenieros de control interno del consorcio Devinar. Dando el aval como empresa interventora de cada una de las actividades realizadas.

Método constructivo: Una vez limpia la superficie de cualquier resto de material se extiende en sentido paralelo a la vía tiras de geodren planar 2600 de ancho 50 cm separadas cada 1.0 m, estos desembocan a los filtros juntos al respaldo del espaldar de los estribos. A continuación, se instala la primera capa de geomalla uniaxial, cada malla tiene un ancho útil de 1.20m, esta se debe colocar en sentido paralelo a la carga que va a soportar debido a que ella está diseñada primordialmente para soportar carga en sentido longitudinal, sobre la zona que va a cargar se deja un excedente de malla en 3.50m una vez extendida toda la capa de malla, en el extremo se ubican sacos o lonas llenos con material (subbase o arena) y se ubican a lo largo formando una cadena, se alinean dos o más capas alternadamente hasta la lograr 40 cm de altura esto con el fin de que el material de relleno no se escape entre las ranuras de la malla, para este proyecto los sacos se llenaron con arena y se compactaron con saltarín para evitar que los sacos se rompan y exista pérdida de material y mal funcionamiento de la malla, si la pared en tierra armada va a quedar a la vista se puede utilizar formaleta o se compacta el saco entre un cajón de madera para generar un bloque y se sobreponen unos a otros. Una vez hecho esto se extiende el material sobre toda el área del terraplén y se inicia a compactar en capas de 15 o 20 cm (recomendado), cuando el material llegue a 30 cm se dobla hacia el interior el excedente de malla que se dejó previamente, rodeando por completo los sacos o lonas, al estar completamente extendida y que este ejerciendo tensión sobre los sacos se extiende los últimos 10 cm de material y se compacta.

Para cada capa de compactación se tomó humedad del material y se realizó el debido procedimiento, se humectó o se secó para obtener el mejor comportamiento en el momento de compactar, una vez la capa estuvo lista, control interno realizó el debido ensayo para comprobar la densidad de la capa, si esta superaba el 98% del proctor modificado se podía continuar con la siguiente capa, de no ser así se repite el proceso de compactación hasta que la densidad sea la adecuada. Cada 80 cm o dos capas de geomalla se ubica el geodren planar, realizando su desembocadura sobre el filtro en la parte posterior del espaldar de los estribos, estos geodrenes tienen la tarea de recolectar el agua que se haya podido filtrar entre capas de subbase compactada y evacuarla de la estructura,

este geodren tiene la capacidad de permitir el paso del agua pero no el paso de partículas de material fino que puedan obstruir sus canales internos.

El filtro ubicado al respaldo de los estribos es el encargado de recoger toda el agua que pueden llevar los geodrenes planar, además de la zona de influencia que le corresponde a él y evacuarla fuera de la estructura. Este filtro consiste en tubería de 4" con perforaciones, cubierta por material granular de tamaño máximo 4" y recubierto en su totalidad por geotextil tejido 1600. Este se va realizando a medida que se avanza en altura con las capas de subbase compactada.

Una vez el relleno en subbase alcanzó el nivel deseado, es decir que se llegó al nivel del nuevo tablero y los vehículos podían tener un buen tránsito por este tramo, se imprimo esta superficie generando así una transitabilidad más limpia y mejor aunque de manera provisional. (Ver figura 74-75)



Figura 74: Ubicación de geomalla y geodren planar



Figura 75: Riego de material

Cuando fue el momento de generar el relleno en el carril aguas abajo, ya era cuestión de llenar el espacio que formaban, los muros de contención No 7, 8 y 9, el muro en tierra armada y el espaldar del estribo, de esta manera se extendió capas de 40 cm de material de subbase, cumpliendo con la humedad adecuada y compactando con vibro compactador simple de 5 ton, de igual manera control interno verifíco la densidad para cada capa aprobando o desaprobándola.

Para este carril al igual que el anterior se dispuso capas de geodren planar cada 80 cm y un filtro madre al respaldo del espaldar con las mismas características que el del carril aguas arriba. (Ver figura 76-77)



Figura 76: Ensayo de cono y arena



Figura 77: Terminado en geomalla.

Entre estos terraplenes queda inmersa una estructura llamada placa de aproximación, para este caso están planteadas 40 cm bajo el nivel de terminado de la vía, se ubican apoyándose sobre la ménsula que se elaboró en la parte posterior del espaldar de cada estribo. Estos elementos cumplen la función de suavizar el impacto sobre la transición entre el terraplén y la superestructura además de minimizar los efectos del asentamiento diferencial en las zonas justo antes de entrar al puente.

Para este proyecto son losas de 3.50 m de longitud y de ancho igual a la totalidad de la calzada del puente, esta se encuentra conectada a la ménsula de apoyo en el estribo y por el otro extremo una viga de 30cm x 30 cm, la losa consta de doble parrilla de acero la inferior en acero de 5/8" cada 15cm y la parrilla superior de 1/2" cada 15cm, están elaboradas con acero de 21 Mpa con espesor de 20cm. (Ver figura 78-79)



Figura 78: Amarre de acero placa de aproximación



Figura 79: Fundición placa de aproximación

1.2.11 Tablero. “Es la parte estructural que queda a nivel de subrasante y que transmite tanto cargas como sobrecargas a las viguetas y vigas principales.

El tablero, preferentemente es construido en hormigón armado cuando se trata de luces menores, en metal para alivianar el peso muerto en puentes mayores, es denominado también con el nombre de losa y suele ser ejecutado en madera u otros materiales.

Sobre el tablero y para dar continuidad a la rasante de la vía viene la capa de rodadura que en el caso de los puentes se constituye en la carpeta de desgaste y que en su momento deberá ser repuesta ².”

Este proyecto cuenta con un tablero de ancho total 11.0m, al cual se le sustrae el ancho ocupado por las dos barreras vehiculares del tipo new jersey las cuales suman 0.76m además del ancho de bordillo para la baranda peatonal 0.15m con lo cual se obtiene un ancho para tránsito de vehículos total a 8.50m, al revisar la normativa vigente propuesta por la AASHTO se observa que exige: ancho para dos vías mínimo 6.70m preferiblemente 7.30m y con respecto a las bermas nos dice: “En caso de vías más anchas a 3.65m, 7.30m, 10.95 etc o cuando se construyan andenes, se puede reducir a 0.60m ³.” De lo cual se concluye que este proyecto tiene 7.30m para dos carriles y 0.60m de berma a cada lado de la vía lo cual nos da un ancho total a 8.50m por tal razón se ajusta perfectamente a lo exigido a la normativa Colombiana.

Para este proyecto, el tablero del puente se realizó en 4 secciones, las cuales son delimitadas por las juntas de dilatación en sentido transversal y por la junta

². INGENIERIA CIVIL, pagina web

³. HERRERA. Jerónimo, Puentes, Universidad Católica de Colombia, 1996, p. 22

longitudinal en la unión del carril aguas arriba con el aguas abajo. De esta manera, el primer tablero que se realizó es el comprendido entre los eje 1 y 2 (luz de 24m) y los ejes A y B para el carril aguas arriba, obteniendo un ancho de carril de 4.42m, tomando provisionalmente el espacio que será destinado a paso peatonal obteniendo el ancho suficiente para el tránsito de vehículos con paso restringido. Se continúa con la sección comprendida entre los ejes 2 y 3 (luz de 39m) para completar la totalidad del tramo de puente y culminar el primer carril.

Para la segunda sección, carril aguas abajo, se siguió el mismo procedimiento que el carril anterior aunque con la diferencia que es un carril más ancho, teniendo como dimensión neta 6.58m, limitando en su lateral extrema con una barrera vehicular tipo New Jersey. Sobre la junta longitudinal del puente se elabora una viga interna que es la encargada de generar una adecuada cohesión entre el tablero aguas arriba con el aguas abajo para que las dos secciones al finalizar trabajen como un solo tablero y distribuyan las cargas de manera homogénea sobre las vigas postensadas, esta viga engancha el acero transversal del tablero aguas arriba con el acero transversal del tablero aguas abajo. El tablero se realizó en concreto hidráulico con terminado macro texturizado, este no será la superficie de rodadura definitiva ya que sobre él se ubicara una carpeta asfáltica. Aunque durante la etapa de construcción de carril aguas abajo, el carril aguas arriba funcionara con su superficie en concreto hidráulico.

El tablero queda dilatado en los ejes 1, 2 y 3 en estos puntos se construye una junta de dilatación la cual separa el tablero del espaldar de los estribos para los casos de los ejes 1 y 3 y genera una dilatación entre el tablero de 24m con el de 39 m en el eje 2. El procedimiento de elaboración y una descripción más amplia de estas estructuras se encontraran más adelante.

Método constructivo: Una vez estuvieron las vigas y riostras en su lugar se da comienzo a formaletear el tablero, esta formaleta se elaboró bajo la técnica colgante, es decir: no se apuntalaría de la estructura del antiguo puente sino que trabajaría suspendida de las nuevas vigas, esto por dos razones principales, la primera es que el tablero antiguo no cubre toda el área que abarcara el nuevo por lo tanto no se podría apuntalar todo el tablero de la misma manera y la segunda razón es para que si existe un asentamiento o ajuste de altura del concreto sobre la formaleta este se realice de manera homogénea sobre toda el área a fundir.

Del acero que queda descubierto en la parte superior de las vigas se aseguran ganchos en acero de 3/8" en forma de "U" ubicados cada 0.70 m a lo largo de toda la viga, entre estos ganchos se ubicaron tubos metálicos de 1 1/2" con uniones hembra – macho entre ellos los cuales soportarían los travesaños de 10cm x 10cm que se ubican cada 0.70m y sobre los cuales reposarían las camillas de madera. Este método se aplicó para las secciones entre vigas, para los voladizos se usaron las denominadas "palomeras" las cuales son estructuras en madera (pueden ser metálicas) en forma triangular adaptándose a la geometría entre la viga y la parte

inferior de la losa en el voladizo. Teniendo como puntos de apoyo el patín inferior y superior de la viga, estas se ubicaron cada metro y sobre ellas un tubo metálico de 1 ½" sobre el cual reposarían las camillas en madera las cuales se aseguran muy bien a las palomeras y a la correspondiente viga para que no se presente variación muy significativa sobre los espesores y niveles planteados.

La zona entre vigas se encuentra todo al mismo nivel y únicamente el bombeo se gana en la superficie superior de la losa, es decir en el terminado. La placa en el eje A y Eje D inicia con espesor de 20 cm y llega a su cumbre sobre la media calzado con un espesor de 28 cm para efectos de bombeo y escorrentía de agua. Para los voladizos se tiene un espesor de 30 cm en la zona aledaña a la viga y de 25 cm en el extremo. (Ver figura 80-81)



Figura 80: Instalación de palomeras



Figura 81: Formaleta entre vigas

Una vez se formaleteó y se verificó niveles sobre la zona entre vigas y el voladizo correspondiente, se procede a ubicar y amarrar el acero para dicho tablero.

Cada sección de tablero está compuesta por acero transversal de diámetro 5/8" el cual inicia en la zona de voladizo con un gancho de 25cm en la parte superior, atraviesa el ancho de carril, llega hasta la junta longitudinal del puente, gira generando una "U" vertical y regresa hasta el voladizo con lo cual se obtiene prácticamente una doble parrilla, este acero para el carril aguas arriba tiene una longitud total de 9.40 m ubicados cada 20 cm a lo largo de todo el tablero. En los espacios entre cada varilla de 5/8" se ubicaron bastones en acero de ½" de longitud 1.80m. Para la zona de voladizo, la parrilla inferior está compuesta por bastones en "L" con gancho de diámetro 3/8", de esta manera, se obtiene la doble

parrilla. La superior con acero de 5/8" y la inferior con acero de 3/8", El acero longitudinal para todo el tablero es de 1/2", para la zona entre vigas la parrilla inferior están ubicados cada 15 cm y la parrilla superior cada 30cm, para el voladizo tanto para la parrilla superior como para la inferior la separación es de 25cm.

El carril aguas abajo tiene prácticamente la misma distribución que el anterior, con la diferencia que tiene dos secciones entre vigas y que el acero transversal tiene una longitud total de 12.0m. Todo el acero superior se ubicó de tal manera que sea paralelo al terminado del concreto, garantizando un recubrimiento homogéneo de todo el acero.

Entre el acero del carril aguas arriba y el carril aguas abajo existe una viga de amarre que es encargada de la cohesión entre los dos tableros y es la directa responsable del comportamiento homogéneo y la transmisión de esfuerzos. Esta viga tiene un ancho de 60cm y una altura de 28cm. Respecto a su refuerzo consta de 10 varillas de 1/2" en su sentido longitudinal y sus flejes son los respectivos ganchos de acero 5/8" transversal de los tableros. (Ver figura 82)

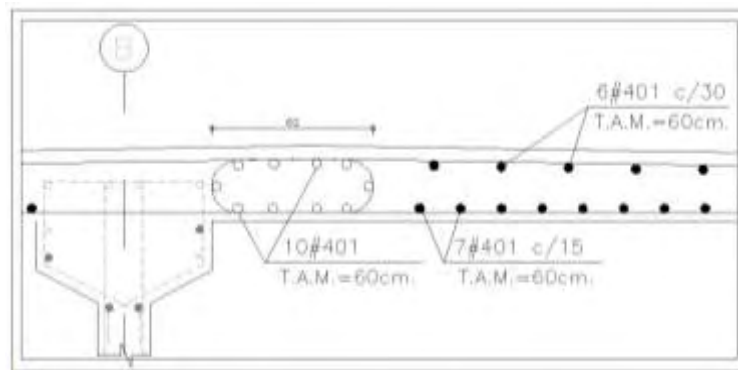


Figura 82: Detalle viga entre tableros

Al estar listo el acero correspondiente a los tableros, para el carril aguas arribas se instaló el acero perteneciente al bordillo y junto con este se dejan incrustados los pernos en "U" de diámetro 5/8" y que soportaran cada una de las IPE que conforman la baranda metálica. (Ver figura 83-84)



Figura 83: Amarre de acero tablero aguas abajo



Figura 84: Pernos y platina para instalación de IPE

Una vez se encontró armado todo el acero y la formaleta lista, se procedió a la instalación de drenajes de diámetro 4" cada 4 m cuando se encontraron listos el paso a seguir era el correspondiente vaciado del concreto, este se realizó en obra con resistencia de 4000 psi, agregado máximo $\frac{3}{4}$ " y adicionando fibra tipo Nycon responsable de evitar la micro fisura del concreto, la placa terminada tiene un bombeo correspondiente al 1.7%, lo cual garantiza una escorrentía hacia los drenajes previamente dispuestos y se realizó un macro texturizado para obtener una buena adherencia al momento de aplicar la carpeta de rodadura en material asfáltico.

En el momento que los concretos cumplieron con la resistencia de diseños se dió tráfico sobre los dos carriles, habilitándose la totalidad de la calzada es decir 11m teniéndose como limitantes externas una barrera new jersey en concreto hidráulico para el carril aguas abajo y una baranda peatonal metálica en el carril aguas arriba, aunque quedan obras por realizar ya era posible habilitar los dos carriles con restricción de límite de velocidad ya que era una zona en donde aún se encontraba personal laborando. (Ver figura 85-86)



Figura 85: Curado del tablero



Figura 86: Vista inferior del tablero

1.2.12 Barreras new jersey y baranda peatonal. En este proyecto se generaron obras de protección tanto vehicular como peatonal para que el tránsito sobre el puente sea de la manera más segura y que esté sujeta a las exigencias de la normatividad Colombiana.

Para la protección vehicular se generaron estructuras de limitación y contención en caso de impacto denominadas barreras new jersey, estos elementos están diseñados para soportar un impacto frontal de un vehículo estándar a velocidad moderada de tal manera que evite que el vehículo colisionado caiga o salga de la estructura del puente.

Por requerimiento de la norma AASHTO la baranda peatonal debe tener una altura mínima de 1.07m y para estructuras del tipo new jersey la dimensión mínima corresponde a 0.81m, a partir de estos datos se analizó los diseños suministrados de estas estructuras y encontramos que la altura para la baranda peatonal es de 1.10m y la altura de la barrera vehicular es de 0.85m con lo cual se cumple con los requerimientos geométricos que exige la norma adoptada para Colombia.

Como se ha mencionado anteriormente, la franja destinada a paso peatonal en un comienzo fue utilizado para tránsito vehicular, por este motivo el acero correspondiente a la barrera new jersey aguas arriba no se deja incrustado sobre la placa de concreto, para solucionar este aspecto se realizan anclajes con soldadura epóxica para unir acero estructural a concreto endurecido.

Método constructivo: En cuanto a las barreras vehiculares se llevó a cabo dos procesos con respecto a su acero de refuerzo, el carril aguas abajo no tiene ningún problemas en su elaboración debido a que el acero se armó junto al acero de refuerzo del tablero, generando anclaje mecánico con gancho sobre el refuerzo longitudinal, lo que genera una cohesión resistente para esta estructura ante una fuerza horizontal, en el momento en que se funde la placa de concreto del tablero, el refuerzo vertical de la barrera queda visible para culminar su amarre y proceder a elaborar su debida formaleta. Para la barrera aguas arriba el procedimiento que se llevo fue: una vez el carril aguas abajo estuvo habilitado al tráfico se procede a la demarcación de la ubicación de la barrera, se marca la separación de los flejes y sobre ellos los tres puntos donde se ubicara el acero vertical, se realizan anclajes de diámetro $\frac{1}{2}$ " y profundidad 12 cm la cual se rellena con soldadura epóxica para unión de acero estructural a concreto endurecido, una vez se realizó este procedimiento se continua con el amarre normal de acero para proceder a formaletear.

Debido a la forma geométrica de estos elementos, se procede a realizar la formaleta en "superboard" para obtener la forma deseada y un buen terminado ya que son estructuras que quedaran a la vista. Su vaciado se realizó con concreto de 3000 psi realizado en obra, de agregado máximo $\frac{3}{4}$ " y asentamiento 2", a este concreto la respectiva interventoría tomó cilindros de prueba para ensayo de resistencia a la compresión, obteniendo resultados satisfactorios en todos los casos.

Baranda peatonal: Se mencionó anteriormente que se dejaron embebidos en el concreto de la placa, pernos en "U" de diámetro $\frac{5}{8}$ " para asegurar los parales de la baranda que para este caso son IPE 140 ubicados cada 1.50 m con platina de $\frac{1}{4}$ " en su parte inferior en la cual irán roscados los 4 pernos sobresalientes del bordillo en concreto además lleva un perno de $\frac{5}{8}$ " en forma vertical el cual une la IPE y el concreto por medio de un ángulo $3" \times 3" \times \frac{1}{4}"$. De esta forma, el movimiento de IPE queda totalmente restringido tanto horizontal como verticalmente, la baranda consta de 4 tubos longitudinales de 2" de diámetro de Grado C y un tubo de $1 \frac{1}{2}"$ que cumple la función de pasamanos, Una vez estuvo instalada en su totalidad fue cubierta con pintura anticorrosiva de color blanco para garantizar su durabilidad y su acabado se realizó en pintura de color amarillo específica para señalización vehicular. (Ver figura 87-90)



Figura 87: Detalle anclaje de acero al tablero



Figura 88: New jersey y baranda peatonal



Figura 89: New jersey y baranda peatonal



Figura 90: Vista aérea de barreras

1.2.13 Carpeta de rodadura. Como es habitual a lo largo de la vía Panamericana en el departamento de Nariño, la superficie de rodadura es una carpeta asfáltica de tal manera se decidió darle continuidad a la vida en el sector del puente, para la cual se aplicó material del tipo MDC – 2 (Mezcla Densa en Caliente, tipo2). Como se había mencionado anteriormente las vigas postensadas le transmiten a la superestructura del puente la contraflecha con la que ellas terminaron, lo que le da un especie de ondulado al tablero, al aplicar la carpeta asfáltica se eliminó estas diferencias de nivel aplicando un espesor mayor en los 3 apoyos de las vigas y un espesor menor en el punto más crítico que para este caso es en el centro de luz de cada viga. El proceso de pavimentación lo llevó a cabo la empresa Concay S.A socia de la concesión Devinar S.A. Ver Anexo N: Diseño de mezcla para carpeta asfáltica. (Ver figura 91)



Figura 91: Estructura asfaltada

1.2.14 Juntas de dilatación. La principal función de estos elementos es controlar el movimiento entre dos estructuras, en el caso de nuestro proyecto regulan los movimientos horizontales en el sentido longitudinal del puente entre el tablero y la pantalla del estribo al igual que entre tableros en el eje 2. Además de generar un sello para evitar filtraciones de agua y acumulaciones de material basura.

Este puente consta de 3 juntas de dilatación que atraviesan el tablero en su sentido transversal, una en cada eje numérico es decir una en cada unión de

tablero con estribo y la restante en el eje 2 en la dilatación entre tableros cada una de ellas con una longitud total de 11 m.

La junta consta de dos partes fundamentales, la primera es la tira en neopreno que en este proyecto se aplicó de referencia Watson Bowman IV – 250 y la segunda los bordes elastómerico los cuales son elaborados con mortero E3F Grout el cual tiene la capacidad de ser autonivelante, de alta resistencia en muy poco tiempo y manejable para dar el terminado deseado.

Método constructivo: Inicialmente se debe prolongar el concreto del espaldar en el caso de los extremos o de las riostras para el eje 2 hasta alcanzar el nivel de la superficie de rodadura de tal manera que al vaciar concreto no quede diferencia de niveles entre estas dos, al momento de fundir este concreto se debe ubicar la formaleta especial para la realización de juntas o formaletear artesanalmente de tal manera que se garantice el espacio de 5.0cm X 5.0cm correspondientes al mortero elastómerico, el concreto vaciado en este punto se elaboró de 4000 psi ya que sobre él transitaría directamente el flujo vehicular. Una vez el concreto adquiere resistencia se realizan anclajes en acero de 3/8” con soldadura epóxica en forma de “U” que cumplen la función de flejes y en sentido transversal se instala gráfíl de 4mm, de esta manera sobre el espacio de 5X5 cm queda una especie de viga miniatura. El concreto elastómerico que se aplicó, viene en 3 componentes, los recipientes A y B son resinas y el C es una arena fina que le da contextura, inicialmente se mezclan los componentes A y B con en proporción 1:1 con ayuda de una batidora o taladro con paleta para mezclar, una vez el compuesto este homogéneo se mezcla de igual manera con el componente C, al finalizar este proceso se obtiene un mortero autonivelante, no siendo necesario adicionar agua, se aplica esta mezcla sobre los espacios de 5cm x 5cm enrasando al nivel de rodadura, a las cuatro horas después de aplicado el mortero ya está en capacidad para ser pulido y que su terminado sea estéticamente adecuado, al día siguiente ya es posible que el tráfico transite sobre él. (Ver figura 92-95)



Figura 92: Corte de carpeta asfáltica



Figura 93: Instalación de ganchos



Figura 94: Fundición de concreto hidráulico



Figura 95: Fundición de concreto elastómero

1.3 CAPACITACION A PERSONAL EN OBRA

Dentro de las labores cotidianas en las obras se presentan aspectos que los trabajadores por falta de experiencia o de desconocimiento sencillamente ignoran, pero que es importante tanto para su crecimiento personal como para el beneficio de la obra que ellos aprendan diferentes aspectos sencillos pero muy importantes. Entre los que se presentaron en este proyecto se puede nombrar los siguientes:

- **Nomenclatura del acero:** En este proyecto se utilizaron diámetros de acero desde $\frac{3}{4}$ " hasta 1" y para los ayudantes y el almacenista al inicio fue un poco complicado diferenciarlas por lo cual se les dictó una pequeña clase de identificación de aceros tanto con la nomenclatura que trae el acero como a aprender a utilizar el calibrador, además se instaló una tabla con los diámetros y equivalentes de nomenclaturas en el campamento para su consulta diaria.
- **Interpretación de planos y correcta utilización de la escala:** En este aspecto se trabajó principalmente con los oficiales respecto a las diferentes nomenclaturas y leyendas que se presentan en un plano primordialmente con respecto al acero, para que sepan identificar qué tipo de acero y de qué longitud se ubicara en determinado punto. Otro aspecto que se trabajó fue la utilización de escalímetro por si el plano no les daba una dimensión clara, estas actividades se hicieron con el propósito de que ellos aprendan un poco más sobre su labor y no con la intención de eliminar labores ni al maestro ni al residente de obra, ya que los dos debían estar presente en la elaboración de cada uno de los elementos que componen el proyecto.
- **Correcto uso de arnés:** Este proyecto se elaboró en un punto de gran altura por lo tanto era un riesgo alto al que estarían expuesto y es obligación de la empresa velar por la seguridad de sus trabajadores, los oficiales de construcción contaban con el certificado de curso en alturas otorgado por el SENA por lo tanto, eran los únicos autorizados para las actividades de riesgo en altura, pero sin embargo, los ayudantes iban a estar cerca de ellos no directamente implicados pero si prestando su colaboración, por tal motivo era necesario explicarles el uso correcto del arnés, la supervisión diaria de la línea de vida a la cual estarían enganchados y recomendaciones de acciones que no deberían hacer mientras estén cerca a los bordes.

- Uso del equipo de seguridad personal: A todo el personal que laboró en este proyecto se le entregó un material de dotación tanto para su seguridad personal como para la comodidad al realizar ciertas actividades, entre estos se puede nombrar, botas de caucho punta de acero, botas de material punta de acero, overol completo con franjas reflectivas, gafas de protección, guantes de carnaza, guantes tipo ingeniero, equipo de lluvia, tapabocas, casco y para soldadores overol especial y guantes resistentes para realizar dicho trabajo. Se presentaba el caso de que los trabajadores usan todo su equipo mientras estaban bajo supervisión pero cuando se encontraban solos preferían no usar algunos elementos como el casco o no usar el tipo de calzado adecuado, por tal motivo fue necesario implementar reglas sencillas para que ellos dejaran esa mala costumbre y comprendieran que se exigía usar estos elementos por su propia seguridad y bienestar. Se impuso una pequeña multa de \$5000 pesos cuando no se usaba un implemento básico de protección personal el cual se les notificaba y se descontaba de su quincena. Además, se gestionó para contar en una oportunidad con la visita de un asesor de Positiva S.A empresa que prestó el servicio de afiliación a ARL el cual dictó una charla con los accidentes más frecuentes por imprudencias o falta de precaución al manipular ciertas herramientas o por la falta de uso de elementos de protección personal básico, estas fueron las maneras que se aplicaron para concientizar a los trabajadores de usar su equipo completo ya que es para su propio bienestar.

2. CONCLUSIONES

Es de suma importancia que el análisis de precios unitarios se haga con datos acordes a la zona donde se va a trabajar, para que de esta manera, se obtenga un resultado realista y no se presenten pérdidas económicas para la empresa constructora.

Por diferentes factores las dimensiones pueden variar de los planos respecto a la cantidad realizada en obra, por esta razón es importante realizar la medición de los elementos en conjunto con la interventoría del proyecto aclarando las dudas que se puedan presentar.

Este proyecto le brindó al pasante la oportunidad de enfrentarse a problemas cotidianos a los que un Ingeniero Civil debe brindarle solución oportuna y eficiente, en beneficio de la obra como de la empresa a la cual está representando.

Durante la pasantía realizada se puede afirmar claramente que un Ingeniero Civil no solo debe poseer conocimiento teórico y práctico, sino que además de ello tiene que poseer la habilidad o virtud de saber interactuar con la gente a su mando, para así lograr un mayor rendimiento de estas personas en las actividades que realizan.

Entre mejor planeado este el proyecto en oficina, el trabajo en obra se realiza de manera más eficiente debido a que hay menos imprevistos que solucionar, por esta razón se perderá menos tiempo, factor demasiado importante en toda obra civil y para generar un mejor trabajo en oficina es importante tener experiencia en campo debido a que se tiene conocimiento a las necesidades, procedimientos y dificultades que se presentan en la ejecución de un proyecto.

Es de suma importancia la presencia permanente de un profesional calificado en obra, en este caso un Ingeniero Civil para brindar apoyo al personal en obra en las diferentes circunstancias que se presentan, tanto técnica como administrativamente.

La buena organización del personal tanto en cantidad como en labores que ejecuten, brinda un mayor rendimiento, al igual que contar con mano de obra calificada disminuye el tiempo de ejecución de las actividades, factores muy importantes en todo proyecto.

3. RECOMENDACIONES

Implementar formatos de control para personal en obra, que permitan llevar un record de horarios de entrada y labores ejecutadas con los cuales se mejoren los soportes diarios de obra.

Tener buenas relaciones interpersonales, estas son fundamentales para un mejor desempeño de las diferentes labores que se ejecutan dentro de un proyecto, debido a que hay mayor facilidad para expresar los inconvenientes e insatisfacciones que se presentan y de igual manera buscar una solución en conjunto que beneficie a las partes afectadas.

Controlar los costos y gastos de la obra es fundamental, remarcándose como primordial la disminución de todo tipo de desperdicios, ya sean en refacciones, materiales de obra, e inclusive de tiempo y labores a ejecutar.

Programar de buena forma la obra, esto facilita todos los ítems que dentro de ella se van a ejecutar.

BIBLIOGRAFIA

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA, Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes (C.C.P 200-95). Santa Fe de Bogotá.

HERRERA M. Jerónimo, Puentes, Universidad Católica de Colombia, 1996.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Presentación de tesis y otros trabajos de grado. Quinta actualización. Bogotá. Pirámide. 2006. 120 p

MERRIT, Frederick S. "Manual del ingeniero civil". México: McGraw-Hill, 1998.

Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Bogotá. AIS. 1998.

RAMIREZ, Martínez Evelio. Análisis de Costos y Programación. Medellín: Universidad Nacional de Medellín. 1990

SEGURA FRANCO, Jorge. Estructuras de Concreto I. Santa Fe de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1999.