

PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO MODALIDAD PASANTÍA PARA
OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL



AUXILIAR DE INGENIERIA EN LAS CONCESIONES VÍAS DEL NUS S.A.S Y
HATOVIAL S.A.S

HERNAN YESID NARVAEZ PANTOJA
Código: 100413010548

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
POPAYÁN CAUCA
2017



PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO MODALIDAD PASANTÍA PARA
OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL



HERNAN YESID NARVAEZ PANTOJA
Código: 100413010548

PRESENTADO A:
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
POPAYÁN CAUCA
2017



TABLA DE CONTENIDO

Contenido

1. INTRODUCCION.....	5
2. OBJETIVOS	6
2.1 Objetivo General.....	6
2.2 Objetivos Específicos.....	6
3. INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO.....	7
4. MARCO TEÓRICO.....	9
5. METODOLOGÍA	12
5.1 DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA	12
6. ACTIVIDADES DESARROLLADAS	14
6.1 CALCULO DE CANTIDADES	14
6.2 PUENTE K22+600	14
6.2.1 GEOMETRÍA DEL PUENTE.....	14
6.3 PUENTE K24+000	19
6.4 MEJORAMIENTO TRAZADO UF2.....	27
6.5 UNIDAD FUNCIONAL 3 “TÚNEL DE LA QUIEBRA”.....	29
6.6 MODELADO DE TALUDES UNIDAD FUNCIONAL 1	33
7. CONCLUSIONES.....	42
8. BIBLIOGRAFÍA	43



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de concreto estribo.	16
Tabla 2. Despiece de refuerzo pila.	17
Tabla 3. Despiece calculado de pila.....	17
Tabla 4. Consolidado de cantidades puente K22+600	18
Tabla 5. Consolidado puente K24+000.....	22
Tabla 6. Calculo movimiento de tierras.	24
Tabla 7. Porcentaje para cálculo de material.	25
Tabla 8. Separación menor a 1m.....	28
Tabla 9. Área de excavación según tipo de sección.	33
Tabla 10. Caracterización en zonas homogéneas.	34
Tabla 11. Listado de taludes margen izquierda.....	35
Tabla 12. Listado de taludes margen izquierda.....	36
Tabla 13. Cantidad de pernos activos inicial.	39
Tabla 14. Cantidad pernos activos final.	39
Tabla 15. Comparativo diseño inicial y propuesto.	41

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. trazado general Concesión VINUS.	13
Ilustración 2. Sección típica doble calzada.	13
Ilustración 3. puente K22+600.	14
Ilustración 4. Sección transversal calzada derecha.	15
Ilustración 5. Aletas de distribución.	15
Ilustración 6. Corte pila de diámetro 1.5m.	16
Ilustración 7. Puente K24+000	19
Ilustración 8. Foto estado real del puente.	20
Ilustración 9. Sección en planta. Ilustración 10. Sección en perfil.	21
Ilustración 11. Sección transversal.....	21
Ilustración 12. Balance de masas.	25
Ilustración 13. Perfil UF2.	26
Ilustración 14. Perfil propuesto UF2	27
Ilustración 15. Chaflanes sobre la vía.	28
Ilustración 16. Chaflán antes y después de las modificaciones.	29
Ilustración 17. Tipos de soporte túnel.	30
Ilustración 18. Sección transversal típica en el túnel.	31
Ilustración 19. Modelos en Slide presentados.	37
Ilustración 20. Talud abscisa 17080.	38
Ilustración 21. Modelo final talud 17080.	40



1. INTRODUCCION

En el desarrollo de la civilización la ingeniería ha sido un pilar fundamental, el ingenio del ser humano ha permitido resolver todo tipo de problemas. para abarcar el sin número de campos de acción está se ha dividido en diversas ramas, entre estas y de gran importancia desde tiempos remotos esta la Ingeniería Civil. La cual se encarga de buscar soluciones para campos como la hidráulica, geotecnia, las estructuras, vías y transporte. Para toda sociedad es fundamental avanzar en estos temas y para hacerlo es necesario contar con ingenieros bien capacitados que puedan identificar problemas y dar soluciones que puedan mitigarlos.

Este trabajo de grado se hace con el fin de optar al título de Ingeniero Civil, para lograrlo se realizará la practica como pasante en **LAS CONCESIONES VÍAS DEL NUS S.A.S Y HATOVIAL S.A.S**, ubicadas en la ciudad de Medellín en la cual se brinda la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera enfocándose en áreas como la topografía, construcción mantenimiento y rehabilitación de vías, además de conocer los procesos desarrollados en el área administrativa, teórica y técnica. Y de esta manera reforzar los conocimientos adquiridos teóricamente en la universidad.

Es por esto que la práctica a realizar se establece en la Facultad de Ingeniería Civil, en la cual se implementó el trabajo de grado para obtener el título como ingeniero civil y el Consejo de Facultad mediante la resolución N° 820 del 2014 definió la posibilidad de que el estudiante mediante la modalidad de práctica profesional (pasantía) pueda realizar su trabajo de grado para optar por el título profesional de Ingeniero Civil.

En el presente trabajo se expresan las experiencias del desarrollo de la práctica profesional realizada en la Concesiones VINUS; está se constituye como un generador de conocimientos y un elemento principal para la formación integral como profesional. Se presentan las actividades más importantes desarrolladas durante el



periodo de la práctica académica, respaldadas por la información obtenida y suministrada por la empresa, ilustraciones, planos y tablas que permitirán entender con mayor facilidad el trabajo realizado.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo del proceso de formación académica, planteando soluciones efectivas y sostenibles para las situaciones que se presenten en el desarrollo de la practica laboral para así contribuir con el cumplimiento de la visión y misión de la empresa Concesión Vías del Nus S.A.S.

2.2 Objetivos Específicos

- Participar en el control de algunos procesos de la obra (según la obra que este en ejecución)
- Participar en la elaboración de planos de las modificaciones del diseño en las unidades funcionales del proyecto.
- Realizar el control de las cantidades de obra requeridas para la construcción, rehabilitación o mejoras del tramo concesionado.
- Participar en el planteamiento de soluciones para situaciones excepcionales.
- Presentar informes mensuales de las actividades realizadas según el cronograma de actividades previsto para la pasantía, los cuales deben ser evaluados por el director de la pasantía por parte de la facultad de Ingeniería Civil, presentar el informe final y sustentar el trabajo de grado que se haya realizado.



3. INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO



La Concesión Vías del Nus – VINUS S.A.S se ha conformado con el fin de presentar la APP de origen privado (sin recursos públicos). Está conformada por 5 empresas de ingeniería de reconocida experiencia en el desarrollo de grandes proyectos de infraestructura a nivel nacional e internacional.

El objetivo de esta concesión es conectar a Medellín de forma directa con el Puerto de Cartagena y el norte del país y el nordeste de Antioquia con la concesión de Ruta del Sol a través de Puerto Berrío, proyectando que se convierta en uno de los corredores viales más importantes del país. Esta concesión va a permitir transportar de manera más fácil y económica los productos destinados a la exportación, además de favorecer el ingreso de productos de otras regiones al Departamento de Antioquia, que es un gran centro de consumo. Adicionalmente, se va a lograr un ahorro de tiempo importante al contar con una velocidad de diseño de 80 km/h para las vías nuevas en doble calzada, y para el tramo específico de Cisneros-Empalme Magdalena 2 -existente- los trabajos a realizar por esta concesión consisten en mejorar las características de la vía, y por ende obtener una velocidad de operación mejor de la que hoy presenta.

Misión: La concesión tiene como misión desarrollar y gestionar el Proyecto vial de manera innovadora, segura, fiable, sostenible y económicamente eficiente con el fin de mejorar la calidad de vida del corredor, generando desarrollo económico y creando valor para la comunidad, nuestros clientes, inversores y empleados. Esto se logra con talento humano competente, la optimización de los procesos y el uso de tecnología adecuada.

Visión: La concesión tiene como visión convertirse en un referente entre los concesionarios viales en Colombia, a través de la implementación de la mejor y más



fiable alternativa de viaje terrestre entre los municipios de Bello, Copacabana, Girardota, Barbosa, Hatillo, Cisneros, corregimiento San José del Nus y la vereda Alto de Dolores, convirtiéndose en una opción atractiva para acceder en tiempos reducidos a la Costa Atlántica, para ello invertirá sus recursos en innovación, calidad, servicio oportuno, y mejoramiento de la calidad de vida de habitantes de estos municipios de Antioquia.



4. MARCO TEÓRICO

Para el correcto desarrollo del trabajo de grado, se hace necesario tener conceptos claros en temas como el diseño geométrico de vías, conocer cada uno de los elementos de chequeo en planta, perfil, y secciones transversales de la vía. Para lo cual es necesario tomar como referencia el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVIAS versión 2008 y también los apéndices que conforman el contrato establecido entre la concesión VINUS y la agencia nacional de infraestructura (ANI).

El diseño geométrico de vías en Colombia está regido por el INVIAS por medio del manual de diseño de carreteras de 2008. Las vías primarias permiten la comunicación entre capitales de departamentos, integrando zonas de alto consumo y producción del país [1]. El diseño de una vía primaria doble calzada como es el caso, requiere de las más altas especificaciones geométricas para ofrecer un adecuado nivel de servicio, la velocidad de diseño para este proyecto se determinó en 80 km/h, dependiendo de esta se determinan los valores de los elementos que conforman las curvas para su diseño, se cita algunos de los elementos de chequeo tomados del manual.

El peralte máximo para carreteras primarias y secundarias se establece en 8% para evitar volcamientos e incomodidades en vehículos con altos centros de gravedad. El radio mínimo para una velocidad específica de 80km/h es de 229 m, este valor garantiza que, tanto la variación de la curvatura, como la variación de la aceleración centrífuga sean uniformes a lo largo del desarrollo de su longitud, evitando el volcamiento [2]. La distancia visible por el conductor hacia adelante puede ser de parada o adelantamiento, para el primer caso consiste en la distancia necesaria para detenerse antes de llegar a un obstáculo, el manual plantea una magnitud dependiendo de la velocidad y pendiente de la vía, dicha magnitud varía desde 154m hasta 114m, en un intervalo de pendientes de -9% hasta 9% a la velocidad antes mencionada. Y la distancia de adelantamiento consiste en la longitud



adecuada para que un vehículo pueda sobrepasar a otro sin peligro de interferir con otro que venga en sentido contrario, pero no aplica para el caso ya que las calzadas son en una sola dirección. Otro elemento de chequeo es la rampa de peralte que se define como la diferencia relativa entre la pendiente longitudinal de la calzada y la inclinación de su borde, el manual establece un valor mínimo y máximo de esta para garantizar comodidad y adecuada apariencia, el valor máximo es de 0.50% y mínimo 0.365% para la velocidad de 80km/h y un ancho de calzada de 3.65 m. La entretangencia mínima y máxima que para curvas espiralizadas consecutivas con mismo sentido, es de 5 veces la velocidad de la curva lo que representa una longitud de 400 m y para la longitud máxima es de 15 veces la velocidad de la entretangencia (1200m). estos son algunos de los parámetros que constituyen una vía y cada uno de los estos se deben cumplir, con el fin de obtener una vía segura y comfortable para el conductor.

La elaboración de presupuestos es otro campo ligado al trabajo ingenieril, ya que al momento de emitir una licitación se debe conocer los procedimientos constructivos y seguirlos paso a paso, para así realizar un cálculo detallado y concienzudo del costo que se espera por una obra.

Anteriormente la ejecución de una obra al menor costo y a la más alta calidad posible dependía de la experiencia del constructor, con el pasar del tiempo esto ha sido reemplazado por un detallado proceso de planeación donde se tiene en cuenta hasta el más mínimo detalle que pueda incidir de forma beneficiosa o perjudicial en su construcción [3]. Y más aún en el desarrollo de obras de gran envergadura y complejidad como es el caso de la construcción de una doble calzada.

La elaboración de un presupuesto tiene un complemento cuantitativo y cualitativo. Para conocer y determinar cada uno de estos es necesario realizar un estudio detallado de los planos, con el propósito de definir las actividades que deben realizarse y la cantidad de materiales necesaria, a estos complementos se les llama costos directo y costos indirectos, siendo los primeros todos los elementos que



intervienen directamente en la ejecución de la obra como son la mano de obra que es el pago que se hace al personal, los materiales, maquinaria y herramientas sin las cuales no es posible materializar el proyecto [4]. por otro lado, están los costos indirectos que tienen que ver con los gastos generados por la presentación de documentos, visitas, viáticos, personal que no interviene directamente en la obra, estos no están inscritos en los planos, pero sin ellos difícilmente se optimizara la ejecución de la obra. cada obra debe ser analizada por separado, ya que para cada una influyen factores específicos que no pueden ser generalizados como el clima, localización, factor humano entre otros.

Para la elaboración de presupuestos el INVIAS dispone de las Especificaciones Generales de la Construcción de Carreteras 2012, donde se especifica en qué consiste el trabajo, el equipo necesario, una descripción de los pasos que se deben seguir, las unidades de pago dependiendo de cómo esté conformado el precio unitario. Estas especificaciones se toman como una guía para la elaboración de los precios unitarios ya que cada trabajo tiene unas condiciones.



5. METODOLOGÍA

5.1 DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

El trabajo que se desarrolló en la práctica consistió en la revisión de planos de diseño, el cálculo de cantidades de obra y el presupuesto de construcción de las unidades funcionales (UF) 1, 2, 3 y 4, que tienen una longitud de 9.6, 5.1, 4.1, 5.5 kilómetros respectivamente, correspondientes a la Concesión Vial Vías del Nus (VINUS).

La unidad funcional 1, corresponde al tramo entre Pradera y Porcesito que corresponde al empalme con la concesión HATOVIAL en la abscisa K11+585 hasta las partidas de Porce K21+090, consiste en la construcción de una doble calzada nueva, y dos pares de puentes en voladizo. La UF2 está comprendida entre Porcesito y Santiago desde las partidas de Porce K21+090 hasta el portal sur del túnel de la quiebra K26+141, se construirá una doble calzada nueva y dos pares de puentes en viga y losa sobre el río Medellín. La UF3 que corresponde a la primera en ser ejecutada, consiste en dos túneles con galerías de conexión vehiculares y peatonales, se realizará la excavación usando Jumbos desde cada acceso para un total de 4 frentes de trabajo, con cada avance se realizarán trabajos de sostenimiento y revestimiento de la sección del túnel. por último, se trabajó en la UF4 empalme del túnel con la variante Cisneros.

Con ayuda del ingeniero encargado del diseño se trabajó en el mejoramiento del trazado de algunas unidades funcionales, con el fin de reducir los costos disminuyendo los cortes o llenos y la adquisición de predios costos.

El trabajo se enfocó en realizar el cálculo de cantidades en el túnel ya que la empresa diseñadora E.D.L. Ltda. realizó unas mejoras en cuanto al recubrimiento y la sección de este. De igual forma se trabajó en el cálculo de cantidades de algunas



obras correspondientes a la UF2, por último, se realizó un comparativo de los costos anteriores con los obtenidos en los nuevos diseños.

A continuación, se muestra el trazado general de las unidades funcionales que conforman la totalidad de la concesión.



Ilustración 1. trazado general Concesión VINUS.

La sección típica que se tendrá la doble calzada cuenta con carriles de 3.65m, un separador central de ancho variable entre 1m y 2.5m dependiendo de las necesidades, ya que el manual no especifica una separación mínima o máxima para este requerimiento. y taludes con pendientes de 1.5:1 en lleno y 0.75:1 en corte.

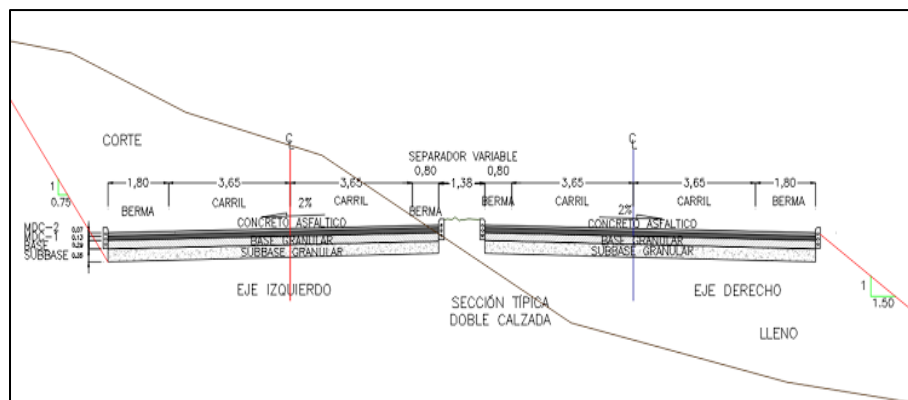


Ilustración 2. Sección típica doble calzada.



6. ACTIVIDADES DESARROLLADAS

6.1 CALCULO DE CANTIDADES

6.2 PUENTE K22+600



Ilustración 3. puente K22+600.

Puente ubicado en el K22+600 sobre la quebrada La Negra ruta nacional 062, la empresa diseñadora entregó los planos del puente con los despieces y dimensiones de la estructura.

6.2.1 GEOMETRÍA DEL PUENTE

Es un puente simplemente apoyado con una luz de 40.6m y un ancho de 11.5m, la losa tiene un espesor de 0.2m, una longitud de 40.6m y un ancho de 11.5m, está soportada en 4 vigas en sección I de 2m de altura, 0.7m de ancho en la parte superior e inferior y 0.2m en el alma de la sección, además lleva de soporte lateral New jersey por los lados.

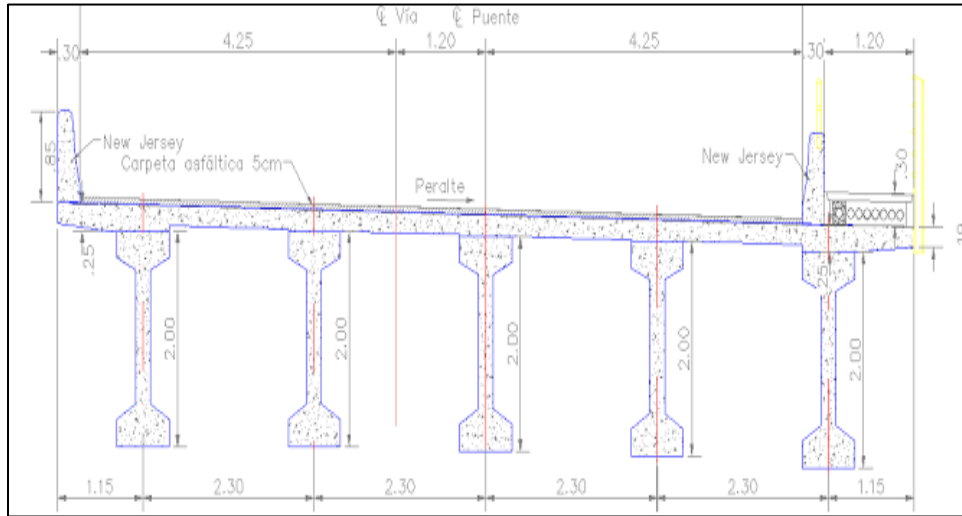


Ilustración 4. Sección transversal calzada derecha.

La subestructura está conformada por dos estribos con un área transversal de 3.4m^2 y una longitud de 11.5m, su altura es de 3.7m, cuenta con 2 pilas de 1.5m de diámetro y 17m de profundidad en cada estribo. El gálibo hasta el fondo del afluyente es de 7m, a los lados tiene aletas para distribuir mejor la carga y disminuir la socavación.

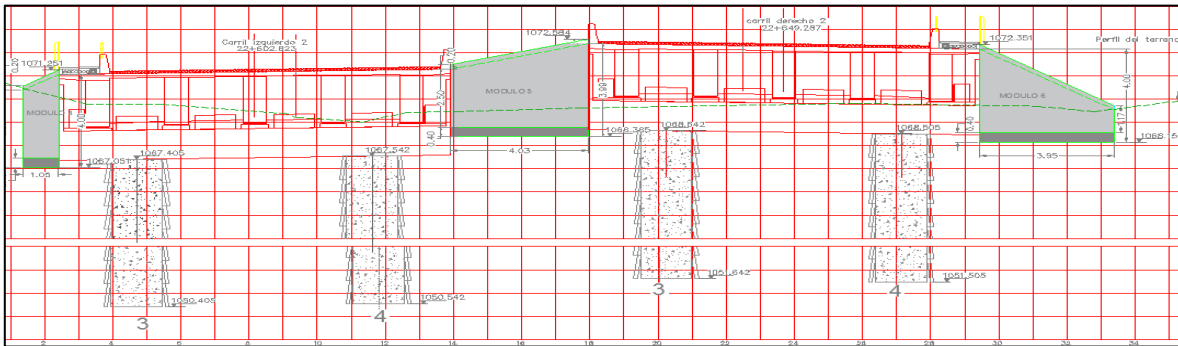


Ilustración 5. Aletas de distribución.

Las cantidades de obra se obtuvieron de acuerdo con las medidas consignadas en los planos, en primer lugar, se obtuvo las cantidades de concreto de la superestructura y subestructura respectivamente. Para mayor facilidad de cálculo en elementos de secciones no convencionales se obtuvo el área transversal del



elemento y se multiplicó por su longitud. para los elementos del puente se utilizará concreto de 28 Mpa y 35 Mpa.

Se verificó las medidas del elemento en AutoCAD y se obtuvo el área transversal, que luego se multiplicó por su longitud. A continuación, se muestra cómo se realizó el cálculo de las cantidades para un elemento no convencional.


ESTRIBOS				
	EJE	Área transversal (m ²)	Longitud (m)	Volumen (m ³)
		1 - Izquierdo	3.4	11.5
	2 - Izquierdo	3.4	11.5	39.1
	1 - Derecho	3.4	11.5	39.1
	2 - Derecho	3.4	11.5	39.1
	-	-	-	-
	-	-	-	-
				156.4

Tabla 1. Cantidad de concreto estribo.

La cantidad de acero de refuerzo se halló en kilogramos (kg), el plano presenta el despiece de los elementos y una tabla de cantidades, se multiplicó las longitudes, la separación de barras y el peso en kg/ml de acuerdo con la barra usada, la resistencia del acero es de $F_y = 420$ Mpa para toda la estructura, como medida preventiva se hizo el cálculo con base en los diagramas presentados, encontrando unas variaciones que fueron corregidas para el presupuesto.

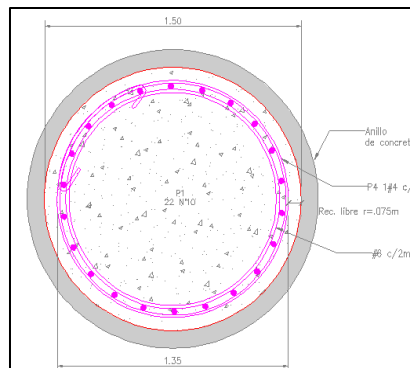


Ilustración 6. Corte pila de diámetro 1.5m.



NOMBRE	FORMA	PILA			TOTAL (ml) acero	PESO (kg)
		DIAMETRO #	LONGITUD (m)	CANTIDAD		
P1		10	12.00	36	432	2766.53
P2		10	8.25	22	181.50	1162.33
P3		5	5.27	36	189.72	294.44
P4		4	5.27	22	115.94	115.244

Tabla 2. Despiece de refuerzo pila.

ACERO PILAS					
Descripción	# de barra	Longitud (m)	Cantidad	Peso (kg/m)	Peso total (kg)
P1	10	12	34	6	2,613
P2	10	8.25	22	6	1,162
P3	5	5.27	36	2	294
P4	4	5.27	72	1	377

Tabla 3. Despiece calculado de pila.

Cómo se puede observar en las tablas hay variaciones en las cantidades de acero, se muestra el ejemplo del cálculo del estribo P4 que tiene un espaciamiento de 0.2m a lo largo de una longitud de 14.45m como se muestra en el diseño.

$$Cantidad = \left(\frac{longitud - recubrimiento}{espaciamiento} \right) + 1$$

$$Cantidad = \left(\frac{14.45m - 0.075m}{0.2m} \right) + 1 = 72 \text{ und}$$

como resultado se obtuvo una tabla de cantidades por ítem, con la cual se hizo el presupuesto de este puente, para ser incluido dentro del presupuesto total de la UF2.




	MEMORIAS DE CÁLCULO DE CANTIDADES DE OBRA		
	CONCESIÓN VIAS DEL NUS - VINUS S.A.S.		
OBRA:	PUENTE	CRUCE RUTA 62	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
600.4	Excavaciones varias en material común en seco	m3	318.5
610.1	Rellenos para estructuras	m3	40.0
621.1.3	Pilote en concreto fundido in situ, de diámetro 1.5 m	m	136.0
630.1.5	Concreto clase A ($f'c=35$ MPa para elaboración de vigas prefabricadas)	m3	328.6
630.3.1	Concreto clase C ($f'c=28$ MPa para elaboración de tablero)	m3	186.8
630.3.3	Concreto clase C ($f'c=28$ MPa para elaboración de diafragma del puente)	m3	31.6
630.3.4	Concreto clase C ($f'c=28$ MPa para elaboración de topes)	m3	7.5
630.3.5	Concreto clase C ($f'c=28$ MPa para elaboración de estribos y aleta)	m3	194.1
630.3.6	Concreto clase C ($f'c=28$ MPa para elaboración de pedestales)	m3	1.1
630.4.7	Concreto clase D ($f'c=21$ MPa para elaboración de andenes)	m3	9.7
630.4.8	Concreto clase D ($f'c=21$ MPa para elaboración de newjersey)	m3	34.1
640.1	Acero de refuerzo $f'y=420$ MPa	kg	183,108.5
641.1	Acero de preesfuerzo	t-m	914,400.0
642.1	Apoyo elastomérico	un	
642.1.1	Apoyo en neoprenos de 0.3 x 0.3 x 0.03 m	un	20.0
663.1	Tubería de plástico corrugada para filtros ASTM - F480, de diámetro 100 mm	m	86.0
673.1	Material granular filtrante	m3	31.3
673.2	Geotextil NT 2500	m2	255.8

Tabla 4. Consolidado de cantidades puente K22+600



6.3 PUENTE K24+000



Ilustración 7. Puente K24+000

En el K24+000 de la vía antigua el puente de este sector sufrió una falla en el estribo izquierdo, la cual provocó que parte de él colapsara, aunque el mantenimiento de esta vía no está dentro del contrato con la concesión VINUS se pactó un adicional con el fin de dar solución a este problema.

Buscando una solución pronta, la concesión contrato a la empresa L&L para que realizara el diseño de una rehabilitación. El puente tiene una luz de aproximadamente 11.30m de longitud y ancho aproximado de 9.70m, actualmente tiene un tablero de 7 vigas de concreto reforzado y losa reforzada apoyado sobre dos estribos de concreto ciclópeo de fundación superficial. El puente fue construido en dos etapas, en la primera etapa se construyeron 4 vigas y en una posterior ampliación se hizo una adición al estribo y se apoyaron 3 vigas más, ver ilustración 8.



Ilustración 8. Foto estado real del puente.

De acuerdo con el estado actual del puente mostrado en la foto 1, la solución que plantea la empresa diseñadora es remover la parte del estribo de la margen izquierda que colapsó junto con las 3 vigas que hacen parte de la ampliación del puente. Luego de remover esta parte de la estructura se deberá recomponer la zona del estribo de la primera etapa en concreto ciclópeo para después empalmar el nuevo tramo de estribo donde se apoyarán las 3 nuevas vigas y tablero que completarán el ancho de la calzada, estas vigas se apoyarán en el estribo de la margen derecha el cual no está afectado.

Adicional a esto en las otras 4 vigas de la primera etapa del puente se deben reparar con mortero ya que en algunas zonas hay refuerzo expuesto.

La rehabilitación del puente consiste en cambiar las 3 vigas colapsadas, pero conservando la geometría anterior donde las vigas son de 0.30m de ancho y 0.70m de altura, las vigas estarán separadas 1.10m entre ejes y a 0.70m a partir de la viga exterior de la zona que se conservara. Se propone también continuar con la losa superior de espesor de 0.20m. A pesar de que las vigas existentes no presentan neopreno, las vigas de la rehabilitación contarán con este.



Estas 3 vigas se apoyarán sobre un estribo en concreto reforzado de cimentación superficial el cual llevará una llave en la parte del frente de la cimentación para así darle protección a este contra la socavación que pueda causar la quebrada. También se adicionará una aleta para contener el terraplén de acceso al puente, cabe resaltar que la estructura de pavimento cuenta con una base granular, la cual se conservará en el tramo de rehabilitación. A continuación, se muestra el diseño propuesto.

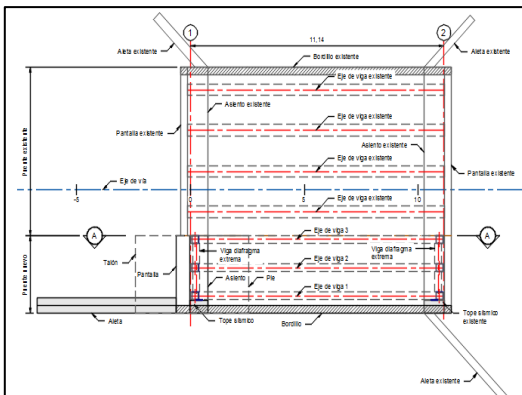


Ilustración 9. Sección en planta.

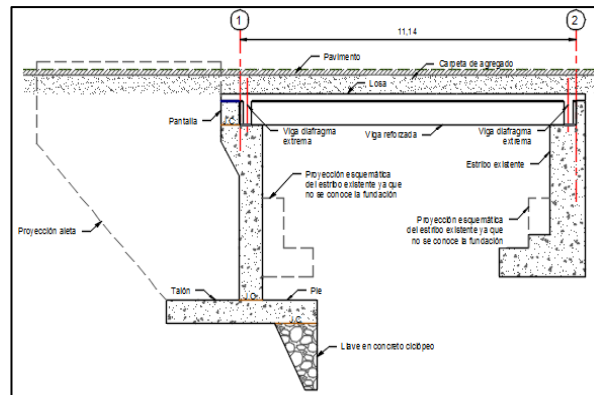


Ilustración 10. Sección en perfil.

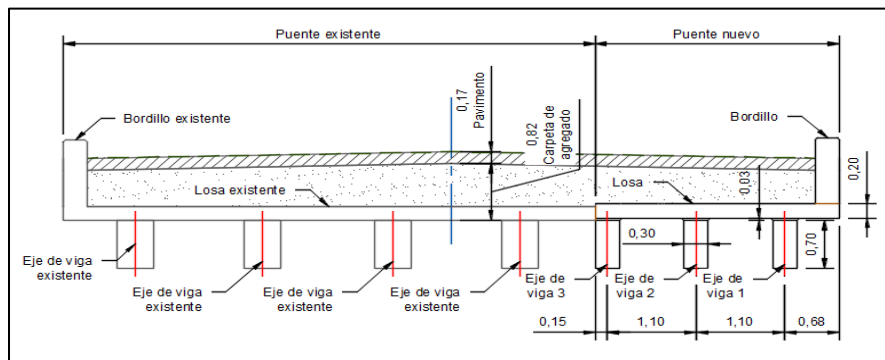


Ilustración 11. Sección transversal

Las cantidades de obra se hallaron para cada elemento del puente, teniendo en cuenta que la resistencia del concreto puede variar. Hay que aclarar que algunos de los elementos existentes del margen derecho van a ser conservados, como los topes sísmicos y la totalidad del estribo. Se calculó las cantidades para el estribo, la aleta, las vigas longitudinales y transversales, el tablero, y el bordillo. Además, se realizó un chequeo de las cantidades suministradas por el diseñador sin encontrar



variables significativas. El procedimiento para el cálculo de las cantidades de obra para este puente fue similar al descrito anteriormente.


	MEMORIAS DE CÁLCULO DE CANTIDADES DE OBRA		
	CONCESIÓN VIAS DEL NUS - VINUS S.A.S.		
OBRA:	PUENTE	LA SELVA	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
	Demolición estructuras de concreto (no incluye acarreo ni disposición final)	m3	56.7
600.4	Excavaciones varias en material común en seco	m3	109.2
610.1	Rellenos para estructuras	m3	109.2
	Concreto clase C ($f'c=28$ MPa para elaboración de tablero y viga longitudinal)	m3	15.0
630.3.3	Concreto clase C ($f'c=28$ MPa para elaboración de diafragma del puente)	m3	0.8
630.3.4	Concreto clase C ($f'c=28$ MPa para elaboración de topes)	m3	0.3
630.3.5	Concreto clase C ($f'c=28$ MPa para elaboración de estribos y aleta)	m3	37.7
	Concreto clase D ($f'c=28$ MPa para elaboración de zapatas)	m3	10.5
	Concreto clase D ($f'c=28$ MPa para elaboración de bordillo)	m3	3.5
	Concreto clase ciclopeo ($f'c=17$ MPa para llave y relleno estribo)	m3	17.3
640.1	Acero de refuerzo $f'y=420$ MPa	kg	7,121.5
641.1	Acero de preesfuerzo	t-m	
	Apoyo elastomérico de 0.3 x 3.0	un	1.0
642.1.1	Apoyo en neoprenos de 0.3 x 0.3 x 0.03 m	un	6.0
	Apoyo en neoprenos de 0.2 x 0.3 x 0.03 m	un	2.0
663.1	Tubería de plástico corrugada para filtros ASTM - F480, de diámetro 100 mm	m	3.0
673.1	Material granular filtrante	m3	3.0
673.2	Geotextil NT 2500	m2	25.5
	Material para carpeta asfáltica	m3	30.0
	Material para Base	m3	82.5

Tabla 5. Consolidado puente K24+000



6.4 DISEÑO GEOMÉTRICO UNIDAD FUNCIONAL 2

Este tramo consiste en la construcción de una doble calzada Nueva con una longitud 5,1 Km, unirá los puntos entre Porcesito y el portal sur del túnel de la Quebra. El Tiempo de recorrido de esta unidad funcional es de 4 minutos en promedio, reduciendo en más de 10 minutos en el recorrido actual en condiciones de tráfico en hora valle.

Para esta UF se hizo el cálculo del balance de masas, utilizando las secciones transversales, se obtuvo el área trasversal en corte y en llenó cada 5m, se sacó un promedio de las áreas consecutivas y se multiplicó por la diferencia de abscisas para así obtener los volúmenes, con estos datos se hizo un gráfico donde se relaciona las abscisas cada 100m contra el volumen útil en corte y el volumen total en lleno.



ESTACIÓN SECCIÓN	VOLUMEN DE CORTE (M3)	VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO (M3)	VOLUMEN DE MATERIAL ÚTIL (M3)	VOLUMEN DE MATERIAL ÚTIL ACUMULADO (M3)	VOLUMEN LLENO (M3)	VOLUMEN LLENO ACUMULADO (M3)	VOLUMEN NETO (M3)
K20+766	-	-	-	-	-	-	-
K20+800	3,865.89	3,865.89	2,345.43	2,345.43	-	14,568.11	- 10,702.22
K20+900	9,292.08	13,157.96	5,637.50	7,982.94	-	12,880.35	- 27,448.46
K21+000	4,711.83	17,869.79	2,858.66	10,841.60	-	3,599.38	- 31,047.83
K21+100	0.60	17,870.39	0.36	10,841.96	-	6,125.60	- 37,173.43
K21+200	-	17,870.39	-	10,841.96	-	6,057.25	- 43,230.68
K21+300	1,397.80	19,268.19	848.05	11,690.01	-	3,802.97	- 47,033.66
K21+400	1.05	19,269.24	0.64	11,690.65	-	14,216.80	- 61,250.46
K21+500	0.75	19,269.99	0.46	11,691.10	-	21,399.23	- 82,649.68
K21+600	265.42	19,535.41	161.03	11,852.13	-	33,915.23	- 116,564.91
K21+700	855.70	20,391.11	519.15	12,371.29	-	36,761.45	- 153,326.36
K21+800	3,902.33	24,293.44	2,367.54	14,738.83	-	22,119.83	- 175,446.18
K21+900	40,477.58	64,771.01	24,557.74	39,296.57	-	449.57	- 175,895.76
K22+000	9,400.52	74,171.54	5,703.30	44,999.87	-	23,190.25	- 199,086.91
K22+100	40,969.23	115,140.76	24,856.03	69,855.90	-	252.60	- 199,338.61
K22+200	117,902.85	233,043.61	71,531.66	141,387.56	-	-	- 199,338.61
K22+300	101,347.40	334,391.01	61,487.47	202,875.03	-	-	- 199,338.61
K22+400	17,729.33	352,120.34	10,756.38	213,631.41	-	14,419.55	- 213,758.16
K22+500	-	352,120.34	-	213,631.41	-	22,168.60	- 235,926.76
K22+600	-	352,120.34	-	213,631.41	-	7,062.15	- 242,988.91
K22+700	18,528.13	370,648.46	11,241.01	224,872.42	-	1,367.20	- 244,356.11
K22+800	6,561.92	377,210.39	3,981.12	228,853.54	-	7,738.30	- 252,094.41
K22+900	1,518.08	378,728.46	921.02	229,774.56	-	11,948.58	- 264,042.98
K23+000	2,302.93	381,031.39	1,397.18	231,171.74	-	3,560.95	- 267,603.93
K23+100	725.92	381,757.31	440.42	231,612.16	-	1,196.60	- 268,800.53
K23+200	6,642.65	388,399.96	4,030.10	235,642.26	-	91.28	- 268,891.81
K23+300	9,469.98	397,869.94	5,745.43	241,387.69	-	642.50	- 269,534.31
K23+400	24,673.68	422,543.61	14,969.52	256,357.21	-	-	- 269,534.31
K23+500	19,567.90	442,111.51	11,871.84	268,229.05	-	1,352.35	- 270,886.66
K23+600	14,400.35	456,511.86	8,736.69	276,965.75	-	1,357.22	- 272,243.88
K23+700	966.48	457,478.34	586.36	277,552.11	-	2,041.67	- 274,285.56
K23+800	850.45	458,328.79	515.97	278,068.07	-	1,037.87	- 275,323.43
K23+900	27.70	458,356.49	16.81	278,084.88	-	14,249.85	- 289,573.28
K24+000	-	458,356.49	-	278,084.88	-	10,302.68	- 299,875.96
K24+100	0.10	458,356.59	0.06	278,084.94	-	31,929.70	- 331,805.66
K24+200	2.40	458,358.99	1.46	278,086.40	-	64,889.30	- 396,694.96
K24+300	0.25	458,359.24	0.15	278,086.55	-	50,464.50	- 447,159.46
K24+400	-	458,359.24	-	278,086.55	-	58,643.78	- 505,803.23
K24+500	0.05	458,359.29	0.03	278,086.58	-	71,743.52	- 577,546.76
K24+600	-	458,359.29	-	278,086.58	-	51,865.80	- 629,412.56
K24+700	217.75	458,577.04	132.11	278,218.69	-	34,972.10	- 664,384.66
K24+800	1,294.75	459,871.79	785.52	279,004.21	-	38,409.75	- 702,794.41
K24+900	-	459,871.79	-	279,004.21	-	70,800.58	- 773,594.98
K25+000	1,045.42	460,917.21	634.26	279,638.47	-	32,150.75	- 805,745.73
K25+100	2,926.78	463,843.99	1,775.67	281,414.15	-	29,310.75	- 835,056.48
K25+200	33,453.13	497,297.11	20,296.01	301,710.16	-	0.93	- 835,057.41
K25+300	20,864.35	518,161.46	12,658.40	314,368.56	-	973.07	- 836,030.48
K25+400	5,745.47	523,906.94	3,485.78	317,854.34	-	7,365.75	- 843,396.23
K25+500	2,263.25	526,170.19	1,373.11	319,227.45	-	19,168.70	- 862,564.93
K25+600	478.25	526,648.44	290.15	319,517.61	-	1,774.13	- 864,339.06
K25+700	0.50	526,648.94	0.30	319,517.91	-	14,406.88	- 878,745.93
K25+800	-	526,648.94	-	319,517.91	-	14,877.25	- 893,623.18
K25+900	15,718.45	542,367.39	9,536.38	329,054.29	-	4,214.65	- 897,837.83
K26+000	42,797.50	585,164.89	25,965.24	355,019.54	-	1.53	- 897,839.36
K26+100	100,788.93	685,953.81	61,148.64	416,168.18	-	1.38	- 897,840.73
K26+148	84,697.86	770,651.68	51,386.19	467,554.37	-	1.18	- 897,841.91
	770,651.68		467,554.37			897,841.91	

Tabla 6. Calculo movimiento de tierras.

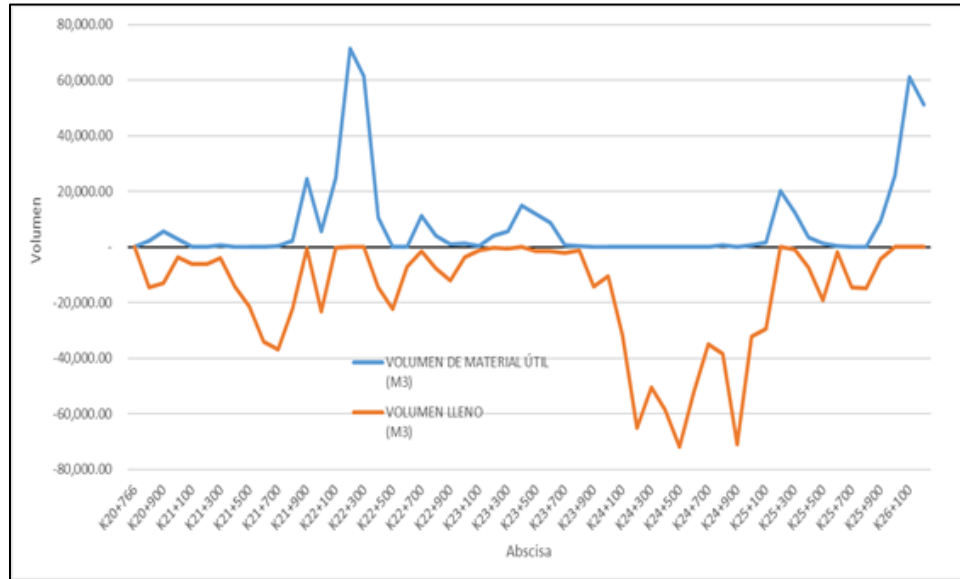


Ilustración 12. Balance de masas.

En el gráfico se puede ver cuáles son los sectores donde va a ser necesario llevar el material de corte, además se nota que la necesidad de lleno es mayor que el material de corte útil. Estos volúmenes fueron afectados por unos porcentajes típicos para determinar la cantidad de material útil para lleno proveniente de los cortes y la cantidad de roca para ser usada en la planta de trituración. Se obtiene la cantidad de material necesaria para cubrir las secciones en lleno y que cantidad de excavación puede ser usada en este trabajo, cabe resaltar que al ser unos porcentajes estimativos basados en la experiencia de la concesión conforme a los trabajos anteriores van a tener cierto grado aceptable de precisión.

PORCENTAJE DE MATERIAL ÚTIL	60.67%
PORCENTAJE DE MATERIAL A DEPÓSITO	35.0%
PORCENTAJE ROCA ENCONTRADA	2.0%
PORCENTAJE ROCA PARA PEDRAPLÉN	2.3%
PORCENTAJE DE PEDRAPLÉN ESTIMADO	2.0%
PORCENTAJE DE TERRAPLEN	98.0%

Tabla 7. Porcentaje para cálculo de material.



Como resultado se obtuvo un volumen de corte calculado en 770,651m³ y un volumen de lleno de 897,841m³, el volumen de corte útil fue de 467,554m³, lo que deja un faltante de lleno de 430,287m³ razón por la cual es conveniente mejorar el trazado de la vía en este tramo, ya que se tiene un alto costo por este material faltante.

La esencia de la alta cantidad de lleno está en el diseño en perfil, ya que el manual en la Tabla 4.2.(Relación entre la pendiente máxima (%) y la Velocidad Específica de la tangente vertical (VTV)), exige como máxima pendiente para una carretera con velocidad de diseño de 80 km/h una pendiente de 6%. El problema en el tramo diseñado consiste en que al final de este se encuentra el ingreso al túnel por lo cual Se estableció un punto de paso obligatorio para llegar con la cota de diseño del túnel, además, por el margen izquierdo en algunos sectores el diseño del tramo se acerca mucho a la vía existente, pero con una mayor altura de rasante para conservar la pendiente que lleva, lo que hace que los chaflanes del lleno estén muy pegados a esta vía.

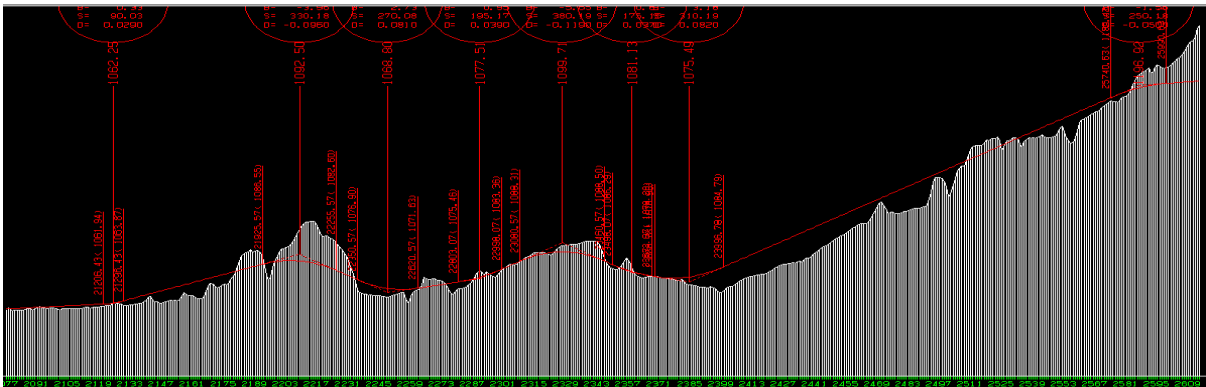


Ilustración 13. Perfil UF2.

Analizando la situación del tramo y verificando el manual que después de la table de pendientes hace una observación acerca de aumentar la pendiente, “Los valores indicados en la Tabla 4.2, que corresponden a los valores máximos para una tangente vertical, pueden ser aumentados en dos por ciento (2%) cuando en una tangente vertical de pendiente máxima se diseñan dos curvas verticales



consecutivas, una convexa y la siguiente cóncava o viceversa. Además, no existe segmento recto vertical entre tales curvas verticales consecutivas o lo que es lo mismo, el PTV de la curva anterior coincide con el PCV de la siguiente.” bajo este aparte del manual se planteó un mejoramiento del perfil de la vía con el fin de reducir los tramos de lleno y pegarse al terreno natural, como se puede apreciar en las dos figuras el lleno se reduce notablemente, manejando pendientes de 7% y 8% donde lo permite el manual, más sin embargo el apéndice técnico del contrato establece que no se aplican excepciones al porcentaje de pendiente máxima. por lo cual se deja a estudio de la concesión.

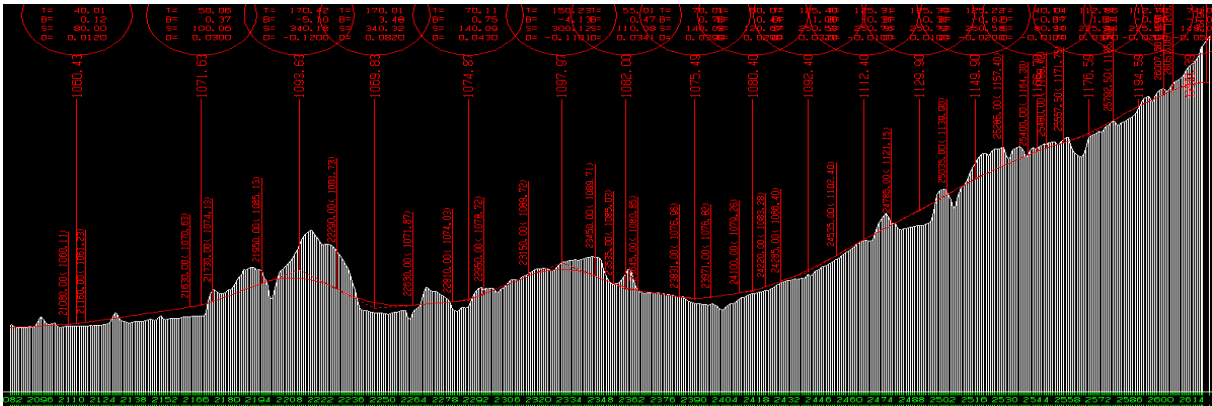


Ilustración 14. Perfil propuesto UF2

6.4 MEJORAMIENTO TRAZADO UF2

Tras realizar un análisis de los puntos críticos del trazado de la vía se optó por hacer un mejoramiento en el trazado en planta y perfil de esta unidad.

Problemas evidenciados en el tramo de diseño

- El primer problema observado es la distancia de separación entre las calzadas que en algunos sectores está muy reducida, menos de 0.8m, además, como las calzadas no están al mismo nivel a lo largo del tramo, al revisar las secciones transversales el lleno de una calzada pasa por encima de la otra, se presenta las abscisas donde ocurre este inconveniente.



Abscisa inicial	Abscisa Final	Distancia (m)
20810	21520	710
22660	22910	250
24110	24380	270
24780	25160	380
25410	25600	190
	TOTAL	1800

Tabla 8. Separación menor a 1m.

- En las abscisas 22360 y 25930 los chaflanes de diseño se montan sobre la vía existente.
- Existe una casa en la abscisa 22690, donde está diseñado hacer un talud de 20m de alto, esta casa debe ser adquirida ya que el chaflán de corte está metido 5m en ella, el inconveniente que se presenta es que la casa tiene un costo muy alto por lo cual se busca evitar esta adquisición.
- A partir de la abscisa 24100 se debe hacer un lleno que tiene una altura máxima de 13m, lo que representa un costo elevado teniendo en cuenta que el material de corte útil no es suficiente para cubrir las necesidades del lleno.
- Por último, se tiene proyectado hacer dos pares de puentes en voladizo con una longitud de 112m cada uno, esto incrementa el costo de la unidad funcional.



Ilustración 15. Chaflanes sobre la vía.

Soluciones planteadas

Proyecto de Práctica Profesional, en la modalidad de pasantía.
Hernán Yesid Narváez Pantoja



Para dar solución a estos problemas se hicieron pequeñas modificaciones en planta y perfil sin salirse demasiado del trazado original ya que algunos de los predios involucrados ya fueron adquiridos.

Como primera medida se verificó que la separación entre calzadas fuera de mínimo 1m. la diferencia de cotas se limitó máximo a 1.5m.

Para no intervenir la casa en la abscisa 22690, se bajó el trazado del perfil derecho en 1m y se corrió hacia el lado izquierdo, se tuvo precaución que el chaflán de la calzada izquierda no se metiera en la vía existente que pasa muy cercana en este parte, como resultado el chaflán llega aproximadamente 5m de la casa. esta propuesta de diseño se pasó al diseñador para que realice las correcciones respectivas y se pase a estudio de aprobación.

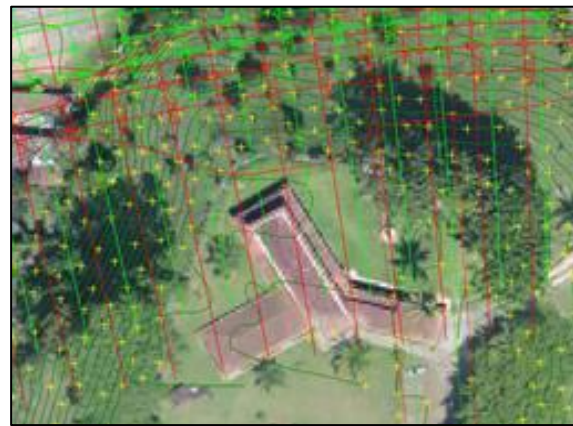


Ilustración 16. Chaflan antes y después de las modificaciones.

6.5 UNIDAD FUNCIONAL 3 “TÚNEL DE LA QUIEBRA”

La propuesta de la doble calzada incluye la construcción de dos túneles de cuatro kilómetros cada uno en el sector conocido como El Alto de la Quiebra entre las veredas de Santiago y El Limón, para esto se contaba con un diseño en la prefactibilidad que concebía secciones de túnel con recubrimiento interior en



concreto neumático y secciones exteriores en concreto reforzado con un espesor de veinte centímetros (20 cm). Este diseño fue mejorado. Planteando el uso de secciones con recubrimiento interior y exterior en concreto neumático y el uso de mallas para reforzar las secciones, además el estudio de suelos suministrado muestra cinco tipos de suelo siendo el mejor el tipo I y el peor el tipo V, se incluye los tipos de soporte que se utilizará dependiendo de las condiciones de cada tramo como se muestra en la ilustración.

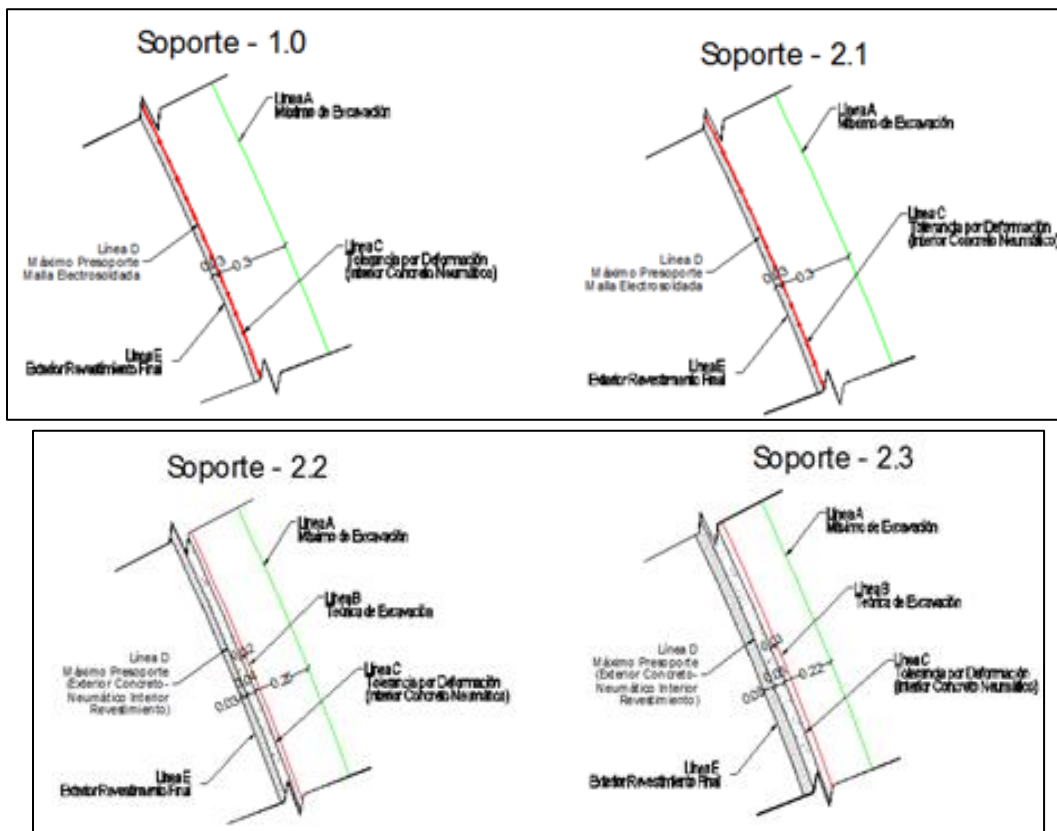


Ilustración 17. Tipos de soporte túnel.

Los soportes 1 y 2.1 no llevan concreto neumático interior ya que el tipo de suelo donde se usará es de buena calidad, a cambio de esto, se usarán mallas triple torsión con resistencia a la tracción de 40 kN/m y un recubrimiento exterior de 3 cm en concreto neumático reforzado con fibras de metálicas. Para las secciones



iniciales del túnel se usará un recubrimiento exterior en concreto reforzado, el resto de secciones será en concreto neumático tanto en la parte interior como exterior.

Debido a que se cambió las secciones de soporte el costo del túnel tuvo variaciones, por lo tanto, fue necesario volver a calcular cada uno de los ítems y realizar un comparativo de costos con el anterior diseño. Así se obtuvo el cambio de recubrimiento en concreto convencional por concreto neumático con fibra de acero, y el cambio del acero de refuerzo por malla electrosoldada, lo que se traduce en una disminución del valor presupuestado.

Con el cambio de diseño fue necesario volver a realizar las cotizaciones de los materiales nuevos, y la búsqueda de proveedores en un tiempo de periodo corto ya que esta unidad funcional es la primera que se va a construir y está planeado iniciar en noviembre.

Para obtener las cantidades del presupuesto fue necesario estudiar la totalidad del diseño estructural y la condición geológica presente en la zona, la sección típica del túnel se muestra en la figura.

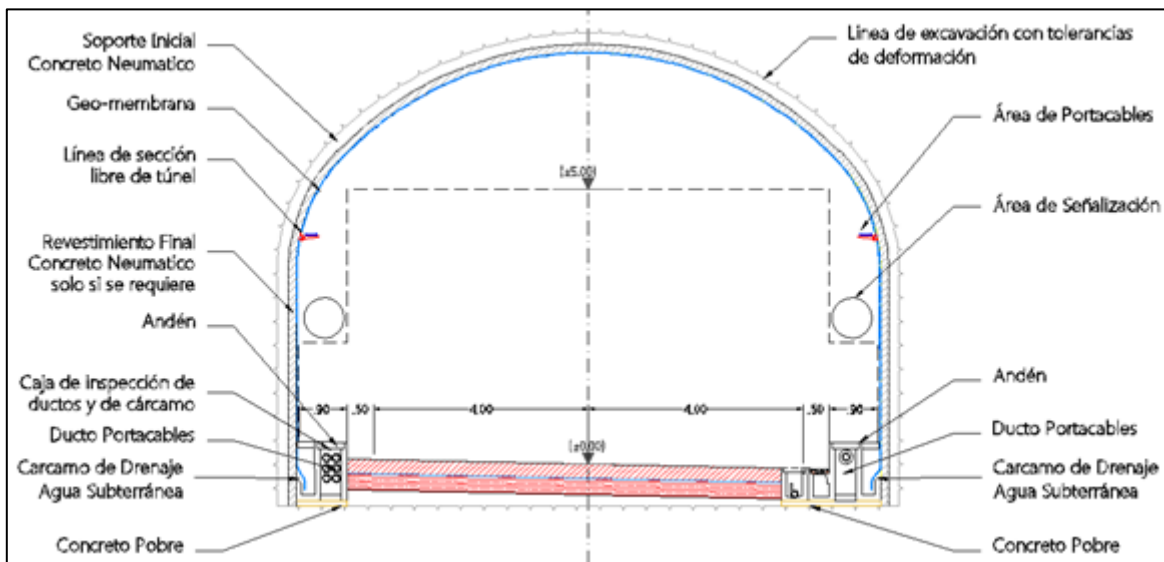


Ilustración 18. Sección transversal típica en el túnel.



Luego de obtener las cantidades nuevas, se buscó y cito a proveedores, la mayor dificultad fue encontrar un proveedor de la malla que se usará en el túnel, ya que en Colombia por las condiciones de los suelos no ha sido factible el uso de este sistema, en este proyecto en específico, existen tramos largos en los que se espera hallar roca sana ideal para el uso de estas mallas.

Procedimiento del cálculo de cantidades

para tener un mejor control en el cálculo de cantidades, se separó en cuatro secciones así: 1) túnel norte-sur, 2) túnel sur norte, 3) galerías vehiculares y peatonales, 4) túnel falso y brocal.

En primer lugar, se hizo un consolidado de los tipos de material y las abscisas donde se van hallar, ya que del tipo de material dependen todas las cantidades como por ejemplo la longitud de avance de excavación que es para tipo I de 4.5m y para tipo V de 1.5m, las secciones de recubrimiento varían desde 0.03m hasta 0.15m. Se evidencia que la mayor parte de la excavación será en roca, motivo por el cual es factible usar mallas triple torsión para el recubrimiento, además se tiene un mayor grado de certeza frente al material esperado ya que aparte de los sondeos que se tiene como soporte del estudio, la geología presente en el túnel de la línea férrea que pasa cercano al túnel diseñado muestra una configuración similar a la obtenida.

Al realizar el estudio de los planos se encontró que dependiendo del tipo de soporte el área de excavación varía, así que las cantidades de excavación se calcularon multiplicando el área de la sección transversal por la longitud del material, estos resultados se separaron en tipo de terreno ya que el costo de la excavación varía según este tipo.



	TERRENO TIPO I	TERRENO TIPO II		TERRENO TIPO III		TERRENO TIPO IV		TERRENO TIPO V	
Soporte	ST-1.0	ST-2.1	ST-2.2	ST-2.3	ST-2.4	ST-2.5	ST-3.1	ST-2.6	ST-3.2
Sección Transversal									
Área de Excavación de Pago [m ²]	87.977 m ²	87.977 m ²	87.733 m ²	87.733 m ²	89.200 m ²	89.692 m ²	90.431 m ²	98.551 m ²	102.223 m ²

Tabla 9. Área de excavación según tipo de sección.

Aparte de organizar el formato por tipo de terreno se hizo una tabla matriz donde se encuentran las características de cada tipo de soporte, como espesor de la capa de concreto, cantidad de pernos por avance, perímetro de la sección, con este formato y la tabla matriz fue fácil hallar la cantidad de concreto de recubrimiento, ya que se introdujo un comando que busca el espesor de la capa y el perímetro de cada sección y los multiplica por la diferencia de abscisas, de igual forma se procedió para el resto de cantidades.

En la siguiente tabla se presenta el consolidado de las cantidades calculadas a partir del último diseño y las cantidades con el diseño anterior.

6.6 MODELADO DE TALUDES UNIDAD FUNCIONAL 1

Para esta unidad llegó el diseño de los taludes donde se informa que la estratigrafía a lo largo del corredor Pradera Porcesito, está conformada por cuarzodioritas duras, fracturadas y meteorizadas, las cuales están parcialmente cubiertas por suelos residuales, saprolitos y depósitos aluviales relacionados con el Río Medellín. para un mejor control del cálculo se presentaron cuatro tipos de zonas homogéneas conformadas de la siguiente manera.

ZONA HOMOGÉNEA 1			
MATERIAL	Ø°	C (Kpa)	Y(Kn/m ³)
RESIDUAL	30	15	18
SAPROLITO	31	20	19
SAP ROCK	32	25	20

ZONA HOMOGÉNEA 2			
MATERIAL	Ø°	C (Kpa)	Y(Kn/m ³)
RESIDUAL	30	15	18
SAPROLITO	31	20	19
SAP ROCK	32	25	20
COLUVIÓN	30	5	18



ZONA HOMOGÉNEA 3				ZONA HOMOGÉNEA 4			
MATERIAL	ϕ°	C (Kpa)	γ (Kn/m3)	MATERIAL	ϕ°	C (Kpa)	γ (Kn/m3)
RESIDUAL	30	18	18	RESIDUAL	30	20	18
SAPROLITO	31	25	19	SAPROLITO	31	25	19
SAP ROCK	32	30	20	SAP ROCK	32	30	20

Tabla 10. Caracterización en zonas homogéneas.

El análisis de estabilidad de los taludes y laderas naturales fue realizado mediante el programa SLIDE versión 6,0, de ROCSCIENCE INC. (Univ. De Toronto, Canadá), el cual utiliza la teoría de equilibrio límite para calcular el factor de seguridad, permitiendo realizar el análisis mediante diferentes métodos. En este caso se ha realizado un cálculo múltiple mediante los procedimientos de Bishop Simplificado y Janbu Corregido, en donde se escogió el menor de ellos.

Con estos métodos se han estudiado las líneas de rotura circulares, de radio variable y planares, generándose automáticamente las superficies de falla más críticas en donde se elige la que sea más desfavorable para la estabilidad del talud.

De acuerdo con las secciones transversales y la zonificación geológica-geotécnica presentaron los taludes más críticos y las soluciones que tendrá cada talud.



LISTADO DE TALUDES MARGEN IZQUIERDA UF1						
Numero	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Altura Máxima	Sección	Longitud	Treatmento
1	K11+970	K12+035	12,90	K12+000	65,00	Grupo 1
2	K12+150	K12+220	13,10	K12+190	70,00	Grupo 1
3	K12+265	K12+340	4,40	K12+290	75,00	Empradizado
4	K12+355	K12+485	11,50	K12+460	130,00	Grupo 1
5	K12+520	K12+560	4,40	K12+530	40,00	Grupo 1
6	K12+605	K12+625	2,00	K12+620	20,00	Empradizado
7	K12+680	K12+725	7,50	K12+710	45,00	Empradizado
8	K12+735	K12+750	3,10	K12+745	15,00	Empradizado
9	K12+795	K12+820	4,30	K12+805	25,00	Empradizado
10	K12+905	K12+915	1,50	K12+910	10,00	Empradizado
11	K12+975	K12+980	1,50	K12+980	5,00	Empradizado
12	K13+000	K13+105	12,10	K13+050	105,00	Grupo 1
13	K13+220	K13+250	14,10	K13+230	30,00	Grupo 1
14	K13+435	K13+560	7,90	K13+480	125,00	Empradizado
15	K13+670	K13+735	11,70	K13+700	65,00	Grupo 1
16	K13+800	K13+940	7,90	K13+850	140,00	Empradizado
17	K14+240	K14+385	34,50	K14+340	145,00	Grupo 6
			30,40	K14+325		
18	K14+640	K14+755	14,90	K14+690	115,00	Grupo 1
19	K14+920	K15+055	27,50	K14+985	135,00	Grupo 6
			16,50	K15+015		
20	K15+125	K15+150	2,70	K15+140	25,00	Empradizado
21	K15+605	K15+690	20,00	K15+660	85,00	Grupo 6
22	K15+705	K15+990	35,30	K15+915	285,00	Grupo 4
			25,90	K15+855		
			25,20	K15+795		
23	K16+170	K16+300	41,70	K16+240	130,00	Grupo 5
			16,10	K16+200		
24	K16+330	K16+440	40,70	K16+385	110,00	Grupo 6
			25,80	K16+350		
25	K16+505	K16+520	6,70	K16+510	15,00	Empradizado
26	K16+575	K16+850	39,00	K16+685	275,00	Grupo 5
			28,50	K16+695		
			16,60	K16+785		
27	K16+955	K17+450	35,10	K17+075	485,00	Grupo 5
			20,60	K17+015		
			26,40	K17+135		
			22,10	K17+195		
			11,60	K17+255		
			17,80	K17+370		
24,00	K17+405					
28	K17+575	K17+675	10,50	K17+645	100,00	Empradizado
29	K17+735	K17+765	10,40	K17+750	30,00	Grupo 3
30	K17+785	K17+940	41,20	K17+860	155,00	Grupo 7
			23,60	K17+815		
31	K17+980	K18+045	27,00	K18+005	65,00	Grupo 6
32	K18+075	K18+345	32,60	K18+190	270,00	Grupo 5
			10,10	K18+135		
			25,60	K18+250		
			19,50	K18+300		
33	K18+380	K18+930	41,30	K18+500	550,00	Grupo 7
			23,00	K18+440		
			22,60	K18+560		
			24,40	K18+625		
			21,00	K18+685		
			20,00	K18+745		
			22,10	K18+805		
35,40	K18+865					
34	K19+195	K19+285	16,30	K19+260	90,00	Grupo 2
35	K20+065	K20+265	24,90	K20+165	200,00	Grupo 6
			22,00	K20+115		
			16,60	K20+215		
36	K20+645	K20+685	2,50	K20+660	40,00	Empradizado

Tabla 11. Listado de taludes margen izquierda.



LISTADO DE TALUDES MARGEN DERECHA UF1						
Numero	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Altura Máxima	Sección	Longitud	Tratamiento
1	K11+800	K12+215	30,20	K12+165	415,00	Grupo 6
			15,30	K12+060		
			21,10	K12+000		
			21,20	K11+940		
			16,30	K11+885		
2	K12+225	K12+465	32,20	K12+405	240,00	Grupo 4
			29,60	K12+345		
			29,60	K12+285		
3	K12+490	K12+565	18,40	K12+515	75,00	Grupo 2
4	K12+590	K12+760	30,00	K12+715	170,00	Grupo 6
			18,10	K12+665		
5	K12+780	K13+155	42,60	K13+000	375,00	Grupo 4
			29,10	K13+075		
			24,00	K12+840		
			19,70	K12+900		
			19,10	K12+955		
6	K13+215	K13+220	4,50	K13+215	5,00	Empradizado
7	K13+270	K13+300	7,60	K13+285	30,00	Grupo 3
8	K13+375	K13+585	40,60	K13+460	210,00	Grupo 4
			27,40	K13+525		
9	K13+675	K13+955	39,10	K13+845	280,00	Grupo 4
			21,80	K13+735		
			17,10	K13+795		
			17,40	K13+895		
10	K14+245	K14+355	7,90	K14+250	110,00	Empradizado
11	K14+475	K14+525	10,90	K14+510	50,00	Grupo 3
12	K14+595	K14+840	30,80	K14+660	245,00	Grupo 6
			22,80	K14+720		
			12,70	K14+780		
13	K14+935	K15+070	41,10	K15+015	135,00	Grupo 4
			17,50	K15+045		
14	K15+130	K15+380	36,00	K15+190	250,00	Grupo 4
			18,80	K15+255		
			29,00	K15+310		
15	K15+720	K15+805	4,40	K15+755	85,00	Empradizado
16	K15+855	K15+980	17,50	K15+940	125,00	Grupo 3
17	K16+165	K16+265	17,80	K16+210	100,00	Grupo 1
18	K16+335	K16+385	7,50	K16+350	50,00	Empradizado
19	K17+060	K17+100	6,00	K17+085	40,00	Empradizado
20	K17+135	K17+185	4,50	K17+150	50,00	Empradizado
21	K17+375	K17+440	11,40	K17+410	65,00	Empradizado
22	K17+795	K17+925	18,80	K17+890	130,00	Grupo 1
23	K17+980	K18+025	13,30	K18+010	45,00	Grupo 1
24	K18+145	K18+305	4,70	K18+280	160,00	Empradizado
25	K18+415	K18+535	10,70	K18+470	120,00	Empradizado
26	K18+600	K18+680	12,50	K18+625	80,00	Grupo 1
27	K18+840	K18+925	13,00	K18+895	85,00	Grupo 1
28	K19+245	K19+280	4,00	K19+265	35,00	Empradizado
29	K20+090	K20+300	20,80	K20+240	210,00	Grupo 6
			13,30	K20+180		
30	K20+630	K20+680	4,50	K20+650	50,00	Empradizado
31	K20+715	K20+766	10,50	K20+765	51,00	Empradizado

Tabla 12. Listado de taludes margen izquierda.



Los taludes propuestos tienen una pendiente de 1H:1V y una altura de 8m con bermas de 3m, el tratamiento de los taludes consistió generalmente en usar cespedones en taludes que van hasta una altura de 16m, pernos pasivos en taludes de hasta 30m y anclajes activos de 30m en adelante, esto está condicionada al tipo de terreno que se encuentre en la zona del talud. A continuación, se describe en qué consiste cada grupo de tratamiento.

GRUPO 1: Cespedones

GRUPO 2: Pernos pasivos de \varnothing 1", longitud 12.00 m, espaciados 2.50 m tanto horizontal como vertical.

GRUPO 3: Pernos pasivos de \varnothing 1", longitud 12.00 metros, espaciados 2.50 m tanto horizontal como vertical.

GRUPO 4: Anclaje activo L= 20m, T= 30t y separación horizontal y vertical 2.5m X 2.5m.

GRUPO 5: Anclaje activo L= 20m T= 30t y separación horizontal y vertical 2.0m X 2.0m.

GRUPO 6: Pernos pasivos de \varnothing 1", longitud 12.00 metros, espaciados 2.50 m tanto horizontal como vertical.

GRUPO 7: Anclaje activo L= 30m T= 33t y separación horizontal y vertical 2.0m X 2.0m

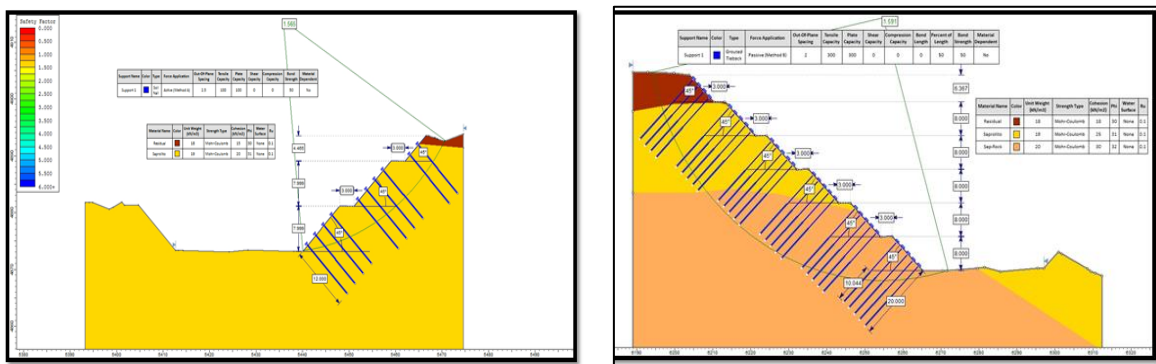


Ilustración 19. Modelos en Slide presentados.



Calculo cantidad de anclajes

Después de estudiar el diseño presentado se procedió a encontrar la cantidad de pernos pasivos activos y el área de empradizado para esta unidad funcional.

En primer lugar, se obtuvo los chaflanes de corte, conforme a la altura e inclinación establecidas en el diseño, esto desde el software STRATO en la planimetría, ahí se midió el área inclinada de cada talud y la altura máxima. A continuación, se muestra cómo se encontró el área inclinada de cada cuerpo de talud.

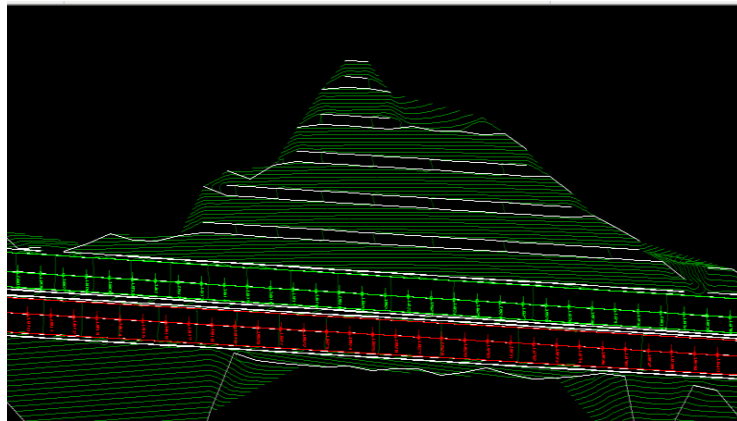


Ilustración 20. Talud abscisa 17080.

Por ejemplo, en el talud de la abscisa 17080 mostrado en las figuras, el área inclinada del primer cuerpo tiene 2864.6 m², las áreas calculadas se dividieron entre el área aferente de cada perno dependiendo de su separación horizontal y vertical. El diseño recomienda para este talud realizar cortes con pendientes 1H:1V, con bermas de 3.00 metros de ancho y cortes de 8.00 metros de altura, sistema de anclajes activos de 3 torones de 1/2" con una longitud de 30.00 metros, un bulbo de anclaje de 15.00 metros y espaciados en una cuadrícula de 2.0 m x 2.0 m y se tensionaran a 33.00 toneladas, adicionalmente implementar drenaje superficial (rondas de coronación), drenes horizontales de Ø 2 1/2" con una longitud de 20.00 metros espaciados cada 20.00 horizontales y ubicados a 1.00 metros de la pata del talud. adicionalmente este contará con una protección a la erosión con un concreto lanzado de $F'c = 21\text{Mpa}$ y espesor 0.10 metros. Así que el área aferente por anclaje



activo es de 4m², y la cantidad de anclajes activos total para este talud es de 2019 unidades.

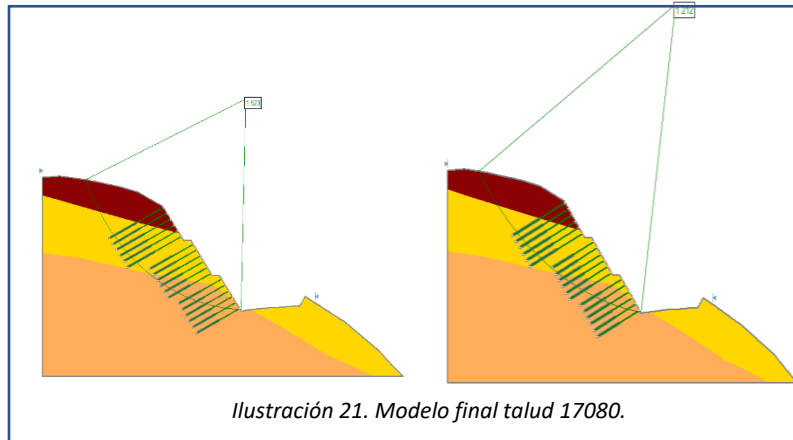
TALUD	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	TIPO	AREA INCLINADA (m ²)	ALTURA (m)	ANCHO AFERENTE (m ²)	LONG PERNOS (m)	LONG (m)	TOTAL LONG ACTIVO (m)
8	16950	17450	TALUD	7541.116	8	4	20	500	37706
			BERMA						
			TALUD	5931.836	8				29669
			BERMA						
			TALUD	5032.259	8				25161
			BERMA						
			TALUD	3123.278	8				15616
			BERMA						
			TALUD	2169.065	8				10845
			BERMA						
TALUD	1021.181	8.8	5106						
TOTAL								124094	

Tabla 13. Cantidad de pernos activos inicial.

Al analizar la propuesta entregada se determinó que la cantidad de corte era muy elevada, además había que adquirir mayor extensión de predios, aunque el factor de seguridad estaba en algunos casos por encima de 1.5 que es el exigido por la NSR-10 en la tabla H.2.4-1 del título H, se tenía como resultado estructuras muy robustas. Motivo por el cual se modeló los taludes con una pendiente de 3H:4V, anclajes a 30° respecto a la horizontal y probando diferentes separaciones entre pernos de 2.5x2.5m y 3x3m. El talud del ejemplo anterior se modelo con estos cambios, se redujo el factor de seguridad estático a 1.523 y dinámico a 1.212, que están dentro de los valores pedidos por la NSR, además la altura del talud disminuyó 10m, se hizo un comparativo de los taludes calculando la diferencia de costo

TALUD	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	TIPO	AREA INCLINADA (m ²)	ALTURA (m)	ANCHO AFERENTE (m ²)	LONG PERNOS (m)	LONG (m)	TOTAL LONG ACTIVO (m)
TALUD - 8	16960	17440	TALUD	7200	12	6.25	20	480	23040
			BERMA	1080					
			TALUD	5000	12				16000
			BERMA	390					
			TALUD	1076	11.9				4304
TOTAL								43344	

Tabla 14. Cantidad pernos activos final.



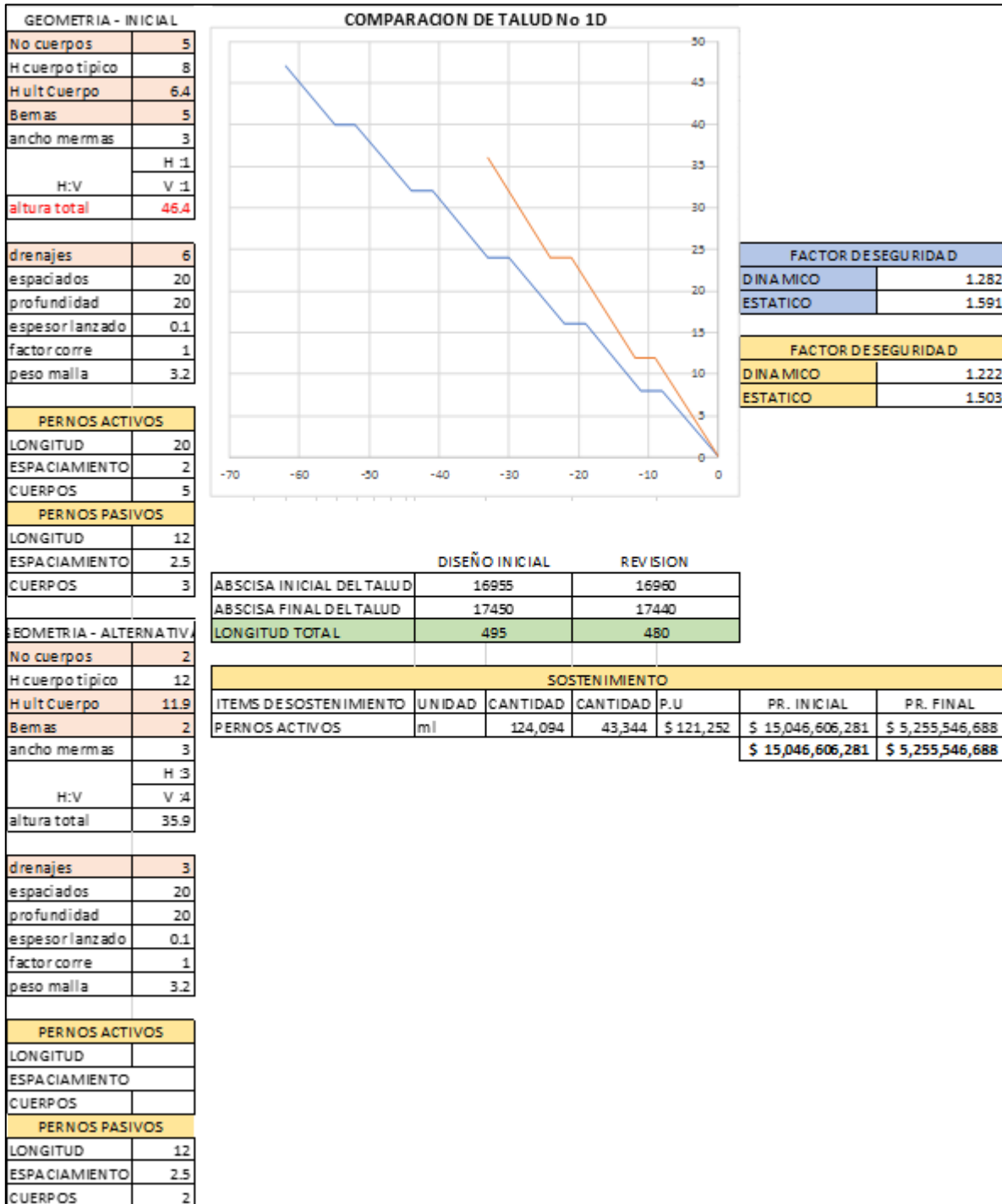


Tabla 15. Comparativo diseño inicial y propuesto.



7. CONCLUSIONES

- Gracias al cálculo de las cantidades de los puentes en la unidad funcional 2, se incluyó en el presupuesto general, para ser presentado para la aprobación por parte de la interventoría y de la ANI.
- Las modificaciones realizadas al trazado geométrico de la UF2 fueron tenidas en cuenta por el diseñador para reducir los costos de ejecución.
- La revisión de los taludes se envió a la empresa diseñadora para que se realice una optimización del diseño que fue propuesto inicialmente, tratando cada talud de forma particular.
- Al finalizar la práctica académica realizada en la Concesiones VINUS se pudo obtener una visión generalizada sobre los aspectos más importantes en el desarrollo de proyectos de inversión pública de gran envergadura para el departamento.
- Es importante poner en práctica todas las teorías vistas dentro de la formación académica y ver como éstas son la base para resolver todos los problemas que se presentan en la vida laboral.
- El éxito de un proyecto de construcción depende de la buena planeación de éste en su etapa inicial, por lo que se debe tener un conocimiento detallado de los aspectos más representativos como los planos del proyecto, las especificaciones del mismo, las cantidades de obra y su presupuesto.
- En cuanto a la elaboración de presupuestos y cálculo de cantidades de obra, se pudo establecer la importancia que tienen en el desarrollo de un proyecto, su cálculo se debe realizar con el menor grado de error posible, procurando así la disminución de las incertidumbres en el proyecto.



8. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. MINISTERIO DE TRANSPORTE, Instituto Nacional de Vías, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008.
- [2]. Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras*, (2ª Ed.). Bogotá D.C., Colombia: Ecoe Ediciones.
- [3]. Trinidad Torres, M. (2005). *Precios Unitarios*. Tabasco, México: Universidad de Juárez Autónoma de Tabasco.
- [4]. Cámara Peruana de Construcción, Costos y Presupuestos en Edificaciones 2003. Lima, Perú.