

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**AUXILIAR DE INGENIERIA EN EL PUENTE NOLASCO
NOLASCO-NATAGA
HUILA**

**INFORME DE PASANTIA
REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL**

JUAN MANUEL REVELO

**ING JULIA RUIZ
DIRECTORA DE LA PASANTIA**

**ING. JUAN CARLOS MEJIA SANTANDER
SUPERVISOR PASANTIA**

**POPAYÁN
OCTUBRE DE 2009**

INDICE GENERAL

1. DESCRIPCION DE LA PASANTIA
 - 1.1 CARGO DESEMPEÑADO POR EL ESTUDIANTE
 - 1.2 INFORMACION DEL PROYECTO
 - 1.2.1 DESCRIPCION Y LOCALIZACION DEL PROYECTO CIVIL
 - 1.2.2 JUSTIFICACION DE LA OBRA
 - 1.2.3 DETALLE DE LOS CONTRATOS
 - 1.2.3.1 COSTO DE LA OBRA
 - 1.2.3.2 ORGANIGRAMA DEL CONSORCIO CONSTRUCTOR EN EL PROYECTO
 - 1.2.3.3 PROGRAMA DE LA OBRA CIVIL
2. OBJETIVOS
3. ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PASANTÍA
 - 3.1 CONTROL DEL CONCRETO HIDRÁULICO
 - 3.1.1 DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO
 - 3.1.2 CONTROL DEL CONCRETO Y FORMALETAS
 - 3.1.3 FABRICACIÓN DEL CONCRETO
 - 3.1.4 PREPARACIÓN PARA LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO
 - 3.1.5 DESCARGA, TRANSPORTE Y ENTREGA DE LA MEZCLA
 - 3.1.6 COLOCACIÓN DEL CONCRETO
 - 3.1.7 VIBRACIÓN DEL CONCRETO
 - 3.2 RELACION DE LAS ACTIVIDADES DE ACUERDO CON EL AVANCE EN LA CONSTRUCCION DEL PUENTE NOLASCO
 - 3.2.1 RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DEL PROYECTO CON BASE EN LOS INFORMES DE LOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

3.2.2 CONSTRUCCIÓN DE LA PILA Y ESTRIBO DE LA MARGEN DERECHA

3.2.3 CONSTRUCCIÓN DE LA VIGA DERECHA

3.3.4 PILA Y ESTRIBO DE LA MARGEN IZQUIERDA

3.2.5 CONSTRUCCIÓN VIGA IZQUIERDA

3.2.6 CONSTRUCCIÓN DE LAS LOSAS

3.2.7 REMOCIÓN DE LAS FORMALETAS Y DE LA OBRA FALSA

3.2.8 ACABADO

3.2.9 ACABADO ORDINARIO

3.2.10 ACABADO DEL PISO DEL PUENTE

3.2.11 CABADO DE ANDENES DE CONCRETO

3.3 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO TIPO FLEXIBLE PARA ACCESO A PUENTE SOBRE RIO PAEZ, PUERTO NOLASCO LADO NORTE

3.3.1 TRABAJOS DE CAMPO Y DE LABORATORIO PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO

3.3.2 DISEÑO DEL PAVIMENTO

3. CONCLUSIONES

4. BIBLIOGRAFIA

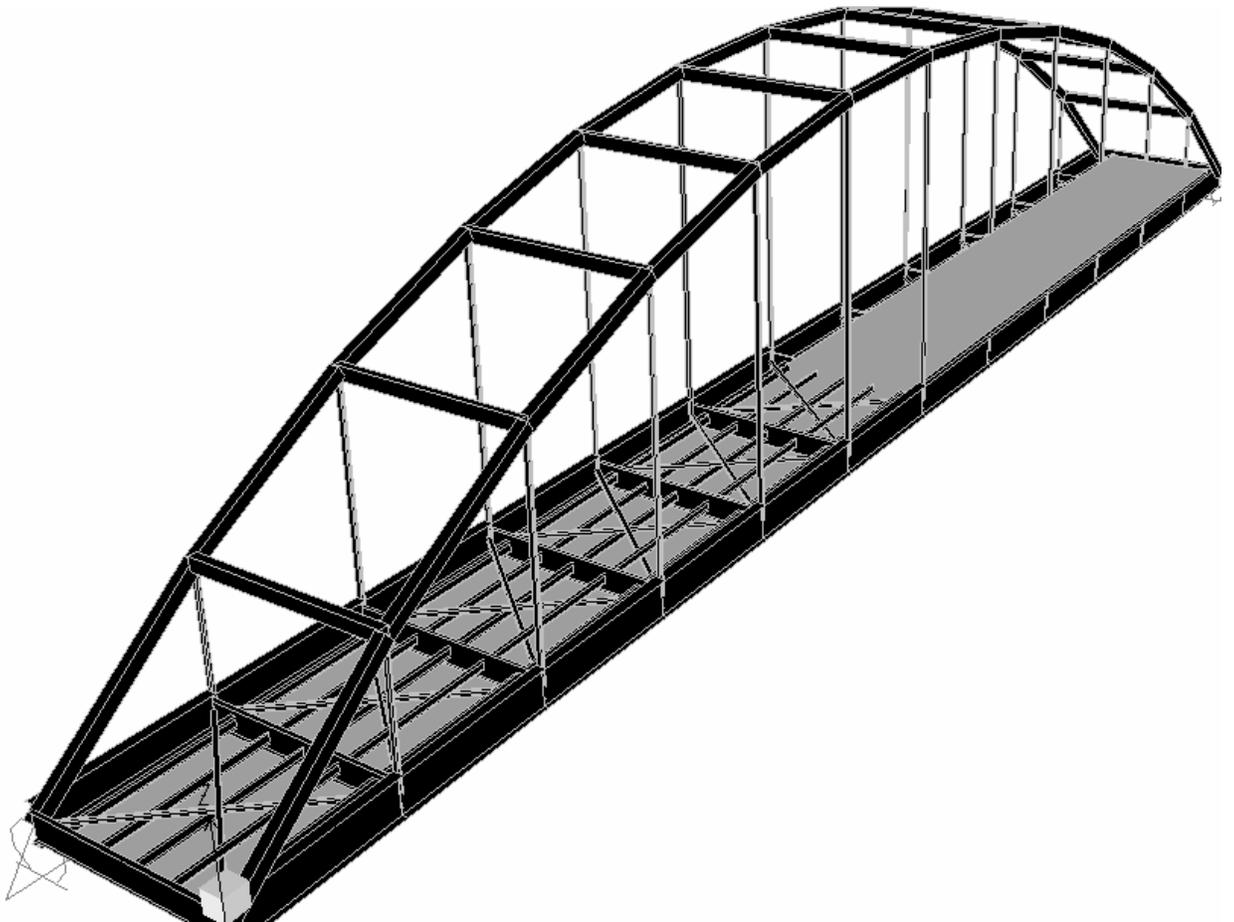
5. ANEXOS

1. DESCRIPCIÓN DE LA PASANTIA

3.2 CARGO DESEMPEÑADO POR EL ESTUDIANTE

Las funciones asignadas corresponden a la de un Ayudante de ingeniería del residente de la firma constructora del puente Nolasco.

Puente Nolasco



GRAFICA 2. LOCALIZACION DEL PROYECTO (FOTOGRAFIA SATELITAL)



Convención:

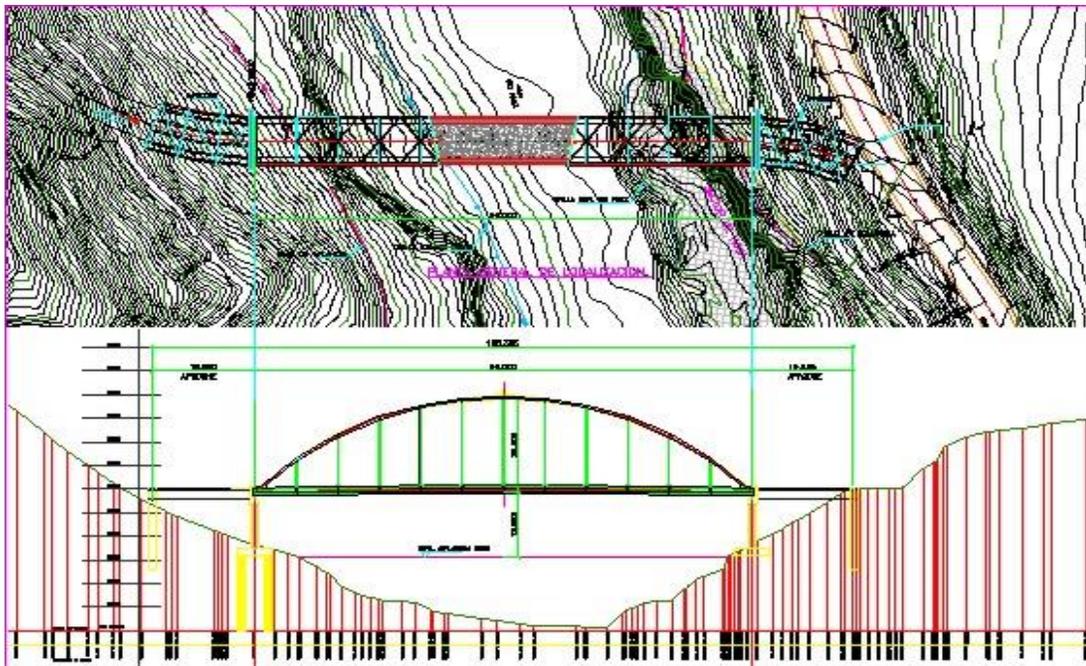
● Lugar de localización de las obras del proyecto.

La gráfica 2 muestra una fotografía desde el espacio de la zona de intervención del proyecto y algunos aspectos de la vegetación, arborización, suelo, redes hidrográficas y vías de acceso de todo orden. **Tomada de Google earth**

DISEÑOS Y ASPECTOS GENERALES DEL PUENTE A CONSTRUIR SOBRE EL RIO PAEZ – VIA A POBLACION DE NATAGA (DPTO DEL HUILA).

A continuación se muestran los esquemas de los diseños generales del puente a construir en el proyecto de de la vía Puerto Nolasco – Nataga (Dpto del Huila). (Ver graficas 3 y 4). Tomadas del estudio de impacto ambiental propiedad del Consorcio Constructores Cauca.

GRAFICA 3. DISEÑO EN PERFIL Y PLANTA DEL PUENTE SOBRE EL RIO PAEZ

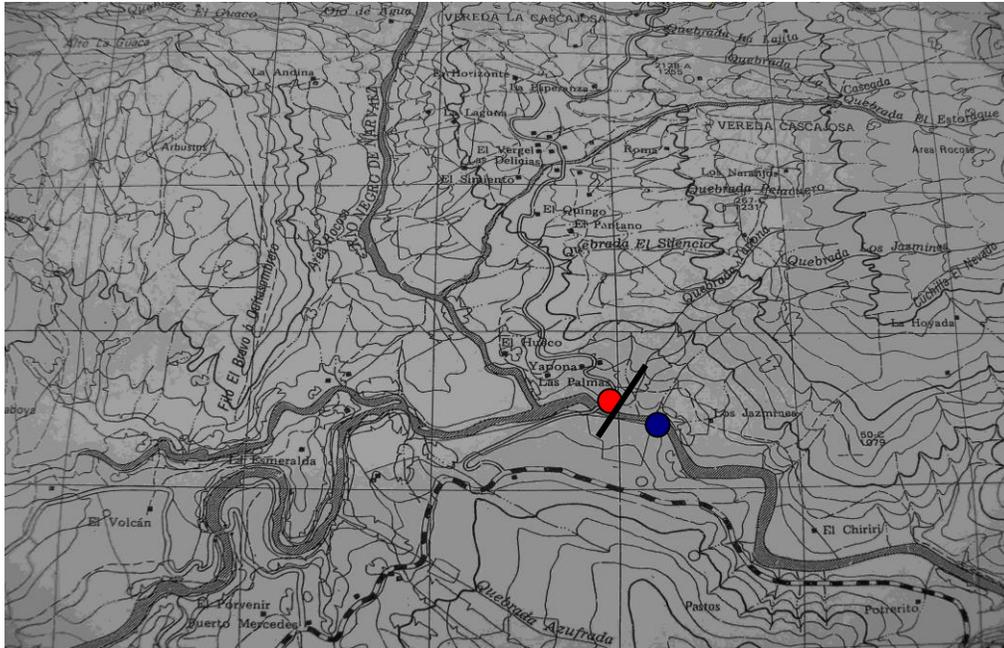


GRAFICA 4. DISEÑO ESTRUCTURAL EN 3D DEL PUENTE SOBRE EL RIO PAEZ

La topografía del área de influencia del proyecto de obras civiles del puente de Nolasco (Huila) como lo muestra la altimetría y planimetría de la zona, es de una conformación montañosa de altitudes medias, destacándose la cuenca de visual clara que trascurre sobre la zona de intervención de las obras en el Río Paez, pues las curvas de nivel encontradas están situadas demasiado juntas y se observa en su trayectoria demasiadas curvas con secciones y cambios de rumbo muy bruscos, demostrando un tipo de topografía de la zona de influencia directa como indirecta con gran cantidad de cadenas montañosas, en su mayoría con diseminaciones en el subsuelo de conglomerados de cantos rodados de origen netamente sedimentario y el suelo con un grado de vegetación de bosques tropicales de orden secundario

y medianamente intervenidos por obras de desarrollo, fundamentalmente vías de acceso y puentes a poblaciones y ciudades. Para ver el aspecto detallado de la topografía de la zona de influencia del proyecto de la obra, ver figura en página siguiente. (Ver grafica 5)

GRAFICA 5. TOPOGRAFIA DE ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

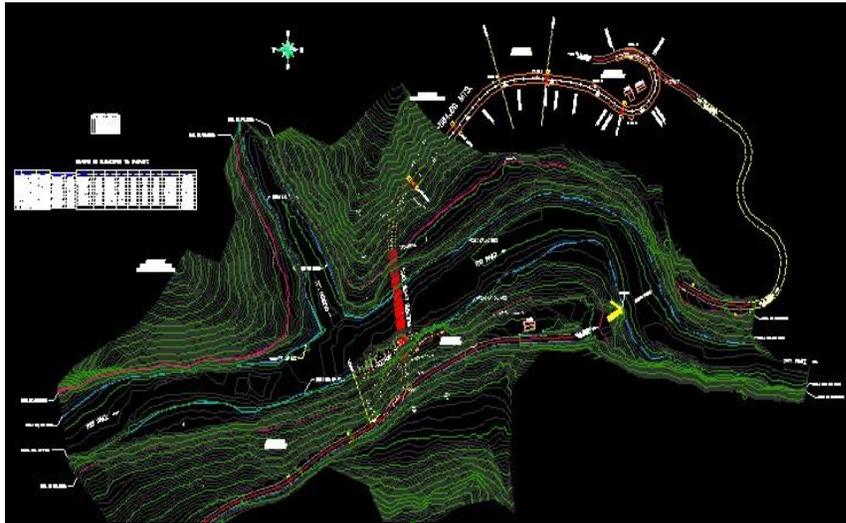


Convenciones:

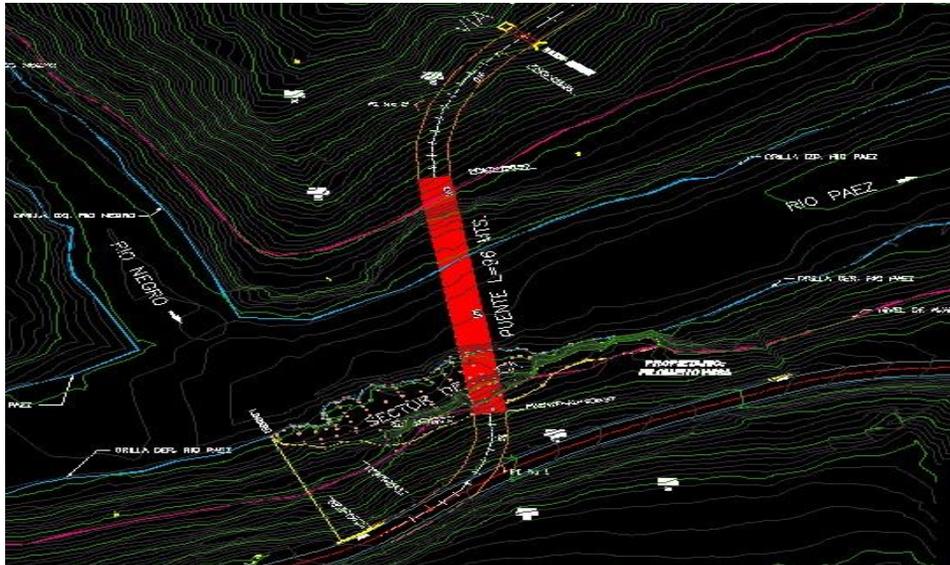
- Lugar de localización de las obras del proyecto (Puente nuevo sobre Río Paez)
- Zona localización de obra de la variante para empalme con vía a Nataga (Huila)
- Sector de la caída del puente por avalancha del Río Paez (Vía Nataga).

En las siguientes gráficas de información preliminar del proyecto de ejecución, se observa el trazado completo del puente y de la variante de enlace entre los dos puntos de la vía existente recortando la distancia hacia la población de Nataga en unos 300 metros aproximados. (Ver gráficas 6 y 7). Tomadas del estudio de impacto ambiental propiedad del Consorcio Constructores Cauca.

GRAFICA 6. DISEÑO DEL NUEVO PUENTE Y TRAZADO DE VARIANTE DE INTERSECCIÓN CON TOPOGRAFIA DEL TERRENO



GRAFICA 7. DISEÑO DETALLADO DE PUENTE NUEVO Y PARTE INICIAL VARIANTE DE ENLACE CON VÍA EXISTENTE Y TOPOGRAFIA DEL TERRENO



1.2.2 JUSTIFICACION DE LA OBRA

Después de la avalancha ocurrida en el río Páez en noviembre del 2008 el pueblo de Nataga quedo incomunicada de la vía La Porto Nolasco- Nataga debido a la destrucción del puente sobre el Río Páez, la cual es de primordial importancia desde el punto de vista social y económico y por lo tanto con carácter de urgente se realizaron todas las actividades pertinentes para recuperar la comunicación. La zona de localización de la destrucción del puente de la vía a Nolasco sobre el Río Páez, se muestra a continuación en un registro fotográfico (Ver foto 1)

Foto 1. ZONA DE COLAPSO PUENTE RIO PAEZ



En la fotografía anterior se observa en línea de color rojo, el trazado del puente que existía para comunicar por vía terrestre a la población de Nataga (Huila) y el cual fue derribado y arrasado la avalancha del Río Paez, en Noviembre del 2008.

1.2.3 DETALLE DE LOS CONTRATOS

CONTRATO DE OBRA No.: 3658 DE 2008
CONTRATISTA: CONSORCIO CONSTRUCCIONES CAUCA
VALOR INICIAL CONTRATO DE OBRA: \$4.993.880.927.00
PLAZO INICIAL: SEIS (6) MESES
FECHA DE INICIACION: 15 DE ENERO DE 2009
FECHA DE VENCIMIENTO: 14 DE JULIO DE 2009
INTERVENTORIA: CONSORCIO PERLUN

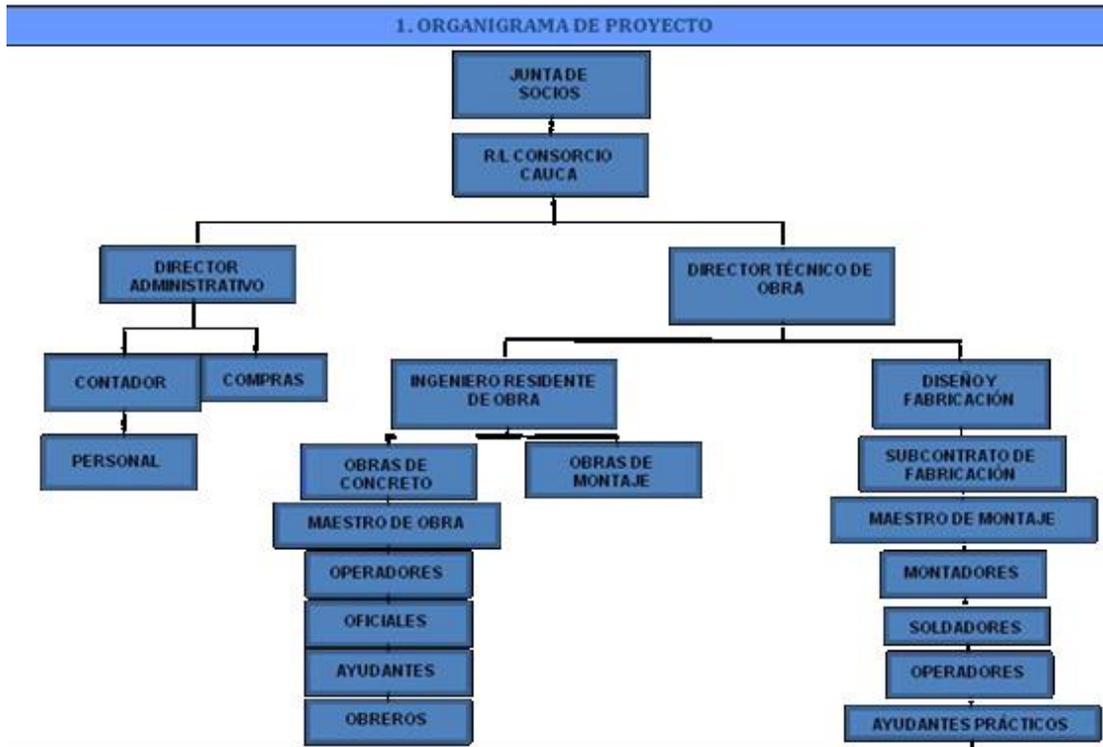
La construcción del puente incluye los estudios Diseños y Construcción de un puente Tipo Arco metálico Atirantado en acero estructural A588 Tipo Corten para una luz de 96 m, ancho de tablero de $L = 9.00$ m, ancho de calzada de $=7.30$ m, y dos andenes de $= 0.85$ m, con barandas adosadas exteriormente que permitan el paso peatonal, cumpliendo "Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INSTITUTO NACIONAL DE VIAS" de 1996, el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes año vigente, y de soldaduras AWS D 1.1 y WELDING CODE ANSI/AASHTO/AWS D.5-2002 DE LA AMERICAN WELDING SOCIETY, y GUIAS DE DISEÑO PUENTE PEATONAL AASHTO. Las especificaciones particulares que se presentan y las demás especificaciones particulares que sean necesarias que presenten. Todos los trabajos que no estén cubiertos en las Especificaciones Particulares, se ejecutaron conforme a lo estipulado en las "Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS" de 1996, actualizadas con la resolución No 002662 del 27 de junio de 2002, emanada de la Dirección general del Instituto.

1.2. 3.1 COSTO DE LA OBRA

No.	CÓDIGO CUBS		ESPECIFICACIÓN		DESCRIPCION	UNID	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
	General	Particular							
EXPLANACION									
1	3.3.1.6		2P		Localización y replanteo	gl	1	3000000	3,000,000.00
2	3.6.1.2.2	200			Desmante y limpieza	ha	1	439516	439,516.00
3	3.6.2.3.2	220	3P		Terraplenes de acceso (incluye suministro, transporte, extendida y	m3	-	24973	0.00
4	3.6.1.3	202			Demolición concreto asfáltico	m3	7	37958	265,706.00
5	3.2.1.3.5	202			Demolición concreto existente	m3	-	43952	0.00
Subtotal									3,705,222.00
SUBBASE Y BASE									
6	3.6.3.4.4	320	320P		Subbase granular de CBR>= 40%(incluye transporte)	m3	-	63,930	0.00
7	3.6.3.6.1	330	330P		Base granular (incluye transportes)	m3	-	80411	0.00
Subtotal									0.00
PAVIMENTOS ASFALTICOS									
8	3.6.4.3.1	420			Imprimación	m2	600.00	1598	958,800.00
9	3.6.4.11.19	450	450P		Mezcla densa en caliente tipo MDC-2(incluye cemento asfaltico)	m3	30	377,584	11,327,520.00
Subtotal									12,286,320.00
ESTRUCTURAS Y DRENAJES									
10	3.6.6.1.11	600			Excavaciones varias en material comun bajo agua (incluye transporte sobrantes)	m3	-	45,949,000	0.00
11	3.6.6.1.10	600			Excavaciones varias en material comun en seco (incluye retiro sobrantes)	m3	510	5,993,000	3,056,430.00
12	3.6.6.2.3	610			Relleno para estructuras (incluye suministro, transporte, extendida y compactada)	m3	100	41,954,000	4,195,400.00
14	3.6.6.6.26	630.4			Concreto clase C (280 K/CM2) para tablero y pilas	m3	678	679,252,000	460,532,856.00
15	3.6.6.6.35	630.4			Concreto clase D (210 kg/cm2) para estribos y aletas	m3	78	579,362,000	45,190,236.00
16	3.6.6.6.26	630.4			Concreto clase C (280 kg/cm2) para placas de acceso	m3	36	579,362,000	20,857,032.00
17	3.6.6.6.46	600			Concreto clase F (140 kg/cm2)solados	m3	6	269,703,000	1,618,218.00
	3.6.6.11		650P		Acero Estructural A588 TIPO Corten (Incluye suministro, fabricación, transporte y montaje)	kg	345,000	9,490,000	3,274,050,000.00
19	3.6.6.7.2		632P		Barandas metalicas acero A36 (45kg/ml)	kg	6,200	6,793,000	42,116,600.00
20	3.6.6.10		4P		Juntas de dilatación tipo freyssinet o similar	ml	18	1,897,910,000	34,162,380.00
21	3.6.6.8.3	640.3			Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2	kg	115,000	4,495,000	516,925,000.00
23	3.6.6.10	642	11P		Lamina elastomérica .20 x .02 dureza 60	ml	-	119,868,000	0.00
24	3.6.6.4	621	5P		Pilotes preexcavados D=1.50 m (incluye excavación, anillos concreto y/o metálicos, suministro y colocación de concreto de 3000 psi; no incluye acero de refuerzo)	m3	255	1,897,910,000	483,967,050.00
25	3.6.6.19.1	673			Material filtrante	m3	5	39,956,000	199,780.00
26	3.6.9		6P		Drenes PVC tablero	u	50	31,965,000	1,598,250.00
27	3.6.6.10	642			Apoyos de Neopreno reforzado (dureza 60, 50x50 e=0.05)	u	-	499,450.00	0.00
Subtotal									4,888,469,232.00
OBRAS DE PROTECCION									
28	3.6.6.21.1	681			Gaviones	m3	228	139846	31,884,888.00
29	3.6.6.6.47	630			Concreto clase G (bases)	m3	83	279682	23,214,436.00
		671			Cunetas en concretos	m3	-	379582	0.00
		673			Material filtrante	m3	-	69923	0.00
		820			Geotextil	m2	-	4695	0.00
			8P		Drenes horizontales	ml	-	149835	0.00
			7P		Bolsa cretos	m3	200	379582	75,916,400.00
Subtotal									131,015,724.00
OBRAS AMBIENTALES									
34	3.6.9				Obras de mitigación ambiental	gl	1	52000000	52,000,000.00
Subtotal									52,000,000.00
SEÑALIZACION									
35	3.6.7.1.3	700			Línea de demarcación	ml	140	1800	252,000.00
36	3.6.7.3.31	710			Señal de tránsito	u	8	249725	1,997,800.00
Subtotal									2,249,800.00
SUBTOTAL COSTO BÁSICO = SUMATORIA DE (10) = (A)									5,089,726,298
AIU=B									30%
UTILIDAD =C									5%
IVA = ((A) * 16% * (C)) / ((1+(B))) = (D)									31,321,393
VALOR SUBTOTAL = (A) + (D)									5,121,047,691
17	2.8.11.17		1P		Estudios y diseño del puente	global	1	120,000,000	120,000,000.00
SUBTOTAL COSTO BÁSICO = SUMATORIA DE (10) = (A)									120,000,000.00
IVA = 16%									19,200,000.00
VALOR SUBTOTAL= (A) + (D)									139,200,000.00
TOTAL OBRA + ESTUDIOS									5,260,247,691.00
NOTAS									
- Cuando la fracción decimal del peso sea igual o superior a 5 se aproximara por exceso al número entero siguiente el peso y cuando la fracción decimal del peso sea inferior a 5 se aproximara por defecto al número entero del peso. -El A.I.U y su día					DESCRIPCION			PORCENTAJE	
					ADMINISTRACION	A=		20%	
					IMPREVISTO	I=		5%	
					UTILIDAD	U=		5%	
					TOTAL A.I.U	A.I.U.=		30%	

Tabla 1 suministrada por el consorcio Construcciones Cauca

1.2.3.2 ORGANIGRAMA DEL CONSORCIO CONSTRUCTOR EN EL PROYECTO



1.2.3.3 PROGRAMA DE LA OBRA CIVIL

En la tabla 2 se presenta el programa de obra de la empresa constructora, debidamente aprobado por la firma interventora.

ACTIVIDAD	DURACION (Dias)	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
PUENTE NOLASCO	180	[Barra azul que cubre todos los meses]					
* 1. OBRAS PRELIMINARES	75	[Barra azul]					
1.1 Diseños	15	[Barra verde]					
1.2 Planos	15	[Barra verde]					
1.3 Estudios y Obra civil	75	[Barra verde]					
2. FABRICACION	75	[Barra azul]					
2.1 Arco	75	[Barra naranja]					
2.2 Viga de Rigidez	45	[Barra naranja]					
2.3 Vigas Long. y Transv.	45	[Barra naranja]					
2.4 Riostras	15		[Barra naranja]				
3. TRANSPORTE	48			[Barra azul]			
3.1 Transporte	48			[Barra naranja]			
4. MONTAJE	135		[Barra azul]				
4.1 Teleferico y Apoyos	60		[Barra naranja]				
4.2 Tablero	45			[Barra naranja]			
4.3 Arco	60				[Barra naranja]		
*5. LOSA DE PISO	15						[Barra azul]
5.1 Losa de piso	15						[Barra verde]

TABLA 2 Programa de Trabajo

2. OBJETIVOS

Objetivo General:

- Participar con el equipo de Ingenieros constituido para la construcción del puente y las obras complementarias mediante el seguimiento de la obra Puente Nolasco.

Objetivos específicos:

- Realizar el control de calidad y cantidad de los materiales, como agregados, concreto en el Puente de Nolasco de acuerdo a los planos de diseño y garantizar su correcta implementación de los controles de acuerdo a las normativas exigidas por el INVIAS
- Participar en el control de los procesos constructivos de la obra del Puente y vigilar la ejecución de la obra para chequear que se desarrolle de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas efectuando los respectivos controles de calidad.

3. ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PASANTÍA

Dado el tipo de contrato de urgencia manifiesta, durante el tiempo que duro la pasantía prácticamente se realizo la construcción del puente y de las obras complementarias, por lo tanto se presentara un registro de la totalidad de la construcción, pero teniendo en cuenta que las funciones como pasante estaban relacionadas con los procesos de control del concreto hidráulico.

3.1 CONTROL DEL CONCRETO HIDRÁULICO



Foto 2. Mixer en la planta procesadora.

3.1.1 DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO

Los diseños de las mezclas de concreto realizados con los materiales previamente evaluados y aceptados por la firma interventora, determinaron las proporciones así como la franja de tolerancia dentro de la cual es válida la fórmula propuesta. Las proporciones de cemento, agregados grueso y fino y aditivos en polvo, en peso por metro cúbico de concreto, en que las que se debían combinar los diferentes materiales de modo de obtener un concreto que cumpliera con la resistencia, manejabilidad, durabilidad y restantes exigencias requeridas por las especificaciones particulares del proyecto y las especificaciones de construcción de carreteras del Instituto Nacional de Vías. La consistencia del concreto, la cual se debía encontrar dentro de los límites indicados en la Tabla 630.6 del artículo 630 de las especificaciones de construcción de carreteras del Instituto Nacional de Vías, al medirla según norma de ensayo INV E-404. La resistencia a compresión de la mezcla a siete (7) y veintiocho (28) días de curado, según la norma INV E-410 (tabla 6). Se considero que el concreto fuese dosificado y elaborado para asegurar una resistencia a compresión promedio lo suficientemente elevada, que minimice los resultados de pruebas por debajo del valor de resistencia a compresión especificada en los planos del proyecto. Los planos indican claramente la resistencia a la compresión para la cual se ha diseñado cada parte de la estructura.

Los materiales como arena y triturado eran traídos de las diversas fuentes de explotación realizada por terceros, en volquetas de 5 y 7 m³. Su destino final era el patio de mezclas de concretos y los frentes de obra de ambos lados del puente que estaban en construcción.

El material pétreo que se utiliza como arena y triturado, se deposita cerca de los frentes de obra en los patios de la planta de mezcla de concretos hidráulicos, se conformaba acopios por tipo de material, este no se cubrió con plásticos, ya que su uso era continuado y no se guardaba por largos lapsos. Sin embargo la norma de manejo ambiental para depósito temporal de materiales de construcción en obras determina que el material mientras esta parada la obra debe de cubrirse con plásticos especiales, también para evitar su desplazamiento por efectos de aguas lluvias o de fuerzas eólicas.

Cuando se contabilizo el cemento por bolsas, la dosificación se hizo en función de un número entero de bolsas y se efectuaron las correspondientes transformaciones para expresar la dosificación en proporciones en volumen, tomando como referencia el número de sacos de cemento seleccionados. Al efectuar las cochadas de tanteo en el laboratorio para el diseño de la mezcla, las muestras para los ensayos de resistencia se prepararon y curaron de acuerdo con la norma INV E-402 y ensayadas según la norma de ensayo INV E-410.

Para las mezclas de 3000 PSI se utilizaron las proporciones en peso:

1.0	DIAMANTE CEMENTO 364 kg/m ³
2.2	ARENA RIO MAGDALENA VIA CRUCERO-EL HOBO
2.5	TRITURADO DE PLANTA CENTRAL DE AGREGADOS NEIVA

TABLA 3

DIMENSIONES DE CAJONES PARA MEZCLADORAS DE UN SACO DE CEMENTO

CEMENTO 50 KG 39370.08CM³
ARENA 3 CAJONES DE 33CM-33CM-26.8CM
GRAVA 3 CAJONES DE 33CM-33CM-30CM
AGUA QUE PRODUZCA UN ASENTAMIENTO DE 6 CM

Para las mezclas de 4000 PSI se utilizaron las proporciones en peso:

1.0	DIAMANTE CEMENTO 421 kg/m ³
1.9	ARENA RIO MAGDALENA VIA CRUCERO-EL HOBO
2.1	TRITURADO DE PLANTA CENTRAL DE AGREGADOS NEIVA

TABLA 4

DIMENSIONES DE CAJONES PARA MEZCLADORAS DE UN SACO DE CEMENTO

CEMENTO 50 KG 39370.08CM³
ARENA 3 CAJONES DE 33CM-33CM-23.1CM
GRAVA 3 CAJONES DE 33CM-33CM-24.7CM
AGUA QUE PRODUZCA UN ASENTAMIENTO DE 6 CM

Para las losas el concreto fue de 4000 PSI acelerado a 14 días con fibra y colocado mediante bombeo.

MATERIAL	PROCEDENCIA	ESPECIFICACION	DOSIFICACIÓN POR M ³ Kg
CEMENTO	ARGOS	TIPO 1	400
GRAVA TRITURADA	OMEGRA NEIVA	Tamaño ¾ a 1" max	953
ARENA	Rio plata	Modulo de finura 3.1	835
ADITIVOS	Sika Sika Sika Tecdimec	Plastiment TM-20 Viscocrete 2100 Plastocrete 169HE Fibra hidrofílica	1 lt 0.29lt 4Lt 300gr
AGUA	La plata	A/C=0.47 mas ajuste de humedad	188LT

TABLA 5

3.1. 2 CONTROL DEL CONCRETO Y FORMALETAS

En la tabla 6 se muestra en forma cronológica las fundiciones realizadas junto con las resistencias obtenidas. El control del concreto se realizo tomando y curando parejas de cilindro para el control de resistencia a cada edad, en cada fundición.



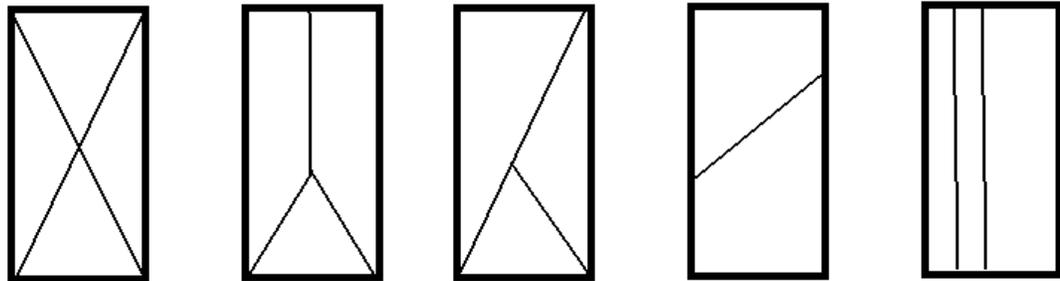
FOTO 3 Cilindros para control de la resistencia del concreto

CONTROL DE CALIDAD
 PUENTE NOLASCO
 JUAN MANUEL REVELO

No	Procedencia	Area cm2	Carga maxima Kg	Resistencia Kg/cm2	Tipo de Falla	fecha	Edad	Densidad kg/m3
1	Recalse	179	26134	146kg/cm2	cono	Abr-20	1- a los 7 dias	2294
2	zapata	178	30794	173kg/cm2	cono y hendedura	May-02	1- a los 7 dias	2156
3	col1 LDsecc1	174	28014	161kg/cm2	cono	May-07	1- a los 7 dias	2340
4	col2 LD secc1	177	30975	175kg/cm2	cono	May-07	1- a los 7 dias	2569
5	col1 LDsecc2	174	28710	165kg/cm2	cono y hendedura	May-12	1- a los 7 dias	2963
6	col2 LD secc2	173	28891	167kg/cm2	columnar	May-12	1- a los 7 dias	2546
7	Recalse	174	38454	221kg/cm2	columnar	May-18	1- a los 28 dias	2676
8	zapata	177	51861	293kg/cm2	cono y corte	May-30	1- a los 28 dias	2786
9	col1 LDsecc1	174	50112	288kg/cm2	cono	Jul-04	1- a los 28 dias	2220
10	col2 LD secc1	179	52089	291kg/cm2	cono	Jul-04	1- a los 28 dias	2340
11	col1 LDsecc2	178	50908	286kg/cm2	cono y hendedura	Jul-09	1- a los 28 dias	2289
12	col2 LD secc2	174	50286	289kg/cm2	cono	Jul-09	1- a los 28 dias	2336
13	columna2 secc 3 LD	179	30967	173.6kg/cm2	cono y corte	May-15	1- a los 7 dias	2549
14	caisson A3 LI	173	27645	159.8kg/cm2	cono	May-15	1- a los 7 dias	2678
15	columna1 secc3 LD	179	29714	166.01kg/cm2	cono y corte	May-16	1- a los 7 dias	2432
16	caisson A2 LI	174	33060	189.9kg/cm2	cono y corte	May-16	1- a los 7 dias	2543
17	columna 1 secc4 LD	174	27780	159.66kg/cm2	cono y hendedura	May-19	1- a los 7 dias	2342
18	columna 2 secc 4 LD	177	24493	138.38kg/cm2	cono	May-19	1- a los 7 dias	2432
19	columna 1 secc 5 LD	174	30206	173.6kg/cm2	cono	May-22	1- a los 7 dias	2756
20	columna 2 secc5 LD	173	27680	160.6kg/cm2	cono y corte	May-22	1- a los 7 dias	2543
21	caisson B1 LI	179	32570	182.9kg/cm2	cono y corte	May-23	1- a los 7 dias	2323
22	caisson-C1 LI	178	30438	171kg/cm2	cono y corte	May-27	1- a los 7 dias	2434
23	columna 2 secc LD	174	37820	217.36kg/cm2	cono	May-28	1- a los 7 dias	2654
24	columna 1 secc 6 LD	173	43685	252.52kg/cm2	cono	May-28	1- a los 7 dias	2434
25	columna 1-secc7 LD	179	48813	272.76kg/cm2	cono y corte	May-30	1- a los 7 dias	2454
26	caisson C2 LI	178	25810	145kh/cm2	columnar	Jun-01	1- a los 7 dias	2345
27	caisson B2 LI	173	15689	90.69kg/cm2	cono	Jun-01	1- a los 7 dias	2543
28	caisson B3LI	179	29356	164.1kg/cm2	cono y corte	Jun-02	1- a los 7 dias	2467
29	columna 1 secc3 LD	173	48318	279.3kg/cm2	cono y hendedura	May-16	1- a los 28 dias	2134
30	caisson A2 LI	173	37714	218kg/cm2	cono y corte	May-16	1- a los 28 dias	2232
31	caisson A3 LI	173	37195	215kg/cm2	cono y corte	May-15	1- a los 28 dias	2323
32	columna 2 secc 3 LD	177	49206	278kg/cm2	columnar	May-15	1- a los 28 dias	2178
33	columna 1 LD secc4	174	49590	285kg/cm2	cono y corte	May-19	1- a los 28 dias	2185
34	columna 2 LD secc 4	173	48613	281kg/cm2	cono y hendedura	May-19	1- a los 28 dias	2367
35	columna 1 LD secc 5	179	51194	286kg/cm2	cono y corte	May-22	1- a los 28 dias	2234
36	columna 2 LD secc5	173	50170	290kg/cm2	cono	May-22	1- a los 28 dias	2321
37	caisson B1 LI	173	39098	226kg/cm2	cono	May-23	1- a los 28 dias	2532
38	caisson C1 LI	177	41949	237kg/cm2	cono y corte	May-27	1- a los 28 dias	2323
39	columna 2 S6 LD	174	49764	286kg/cm2	columnar	May-28	1- a los 28 dias	2212
40	columna 1 S6 LD	178	50018	281kg/cm2	columnar	May-28	1- a los 28 dias	2232
41	Viga LD	173	31140	180kg/cm2	cono y corte	Jun-09	1- a los 7 dias	2423
42	Zapata LI	179	31146	174kg/cm2	cono y corte	Jun-12	1- a los 7 dias	2456
43	columna 1 LI secc1	178	32396	182kg/cm2	cono y corte	Jun-16	1- a los 7 dias	2345
44	columna 2 LI secc1	174	32190	185kg/cm2	cono y corte	Jun-17	1- a los 7 dias	2589
45	columna 1 LI secc2	174	30624	176kg/cm2	columnar	Jun-18	1- a los 7 dias	2435
46	columna 2 LI secc2	173	31486	182kg/cm2	cono y corte	Jun-18	1- a los 7 dias	2543
47	columna 1 LI secc3	179	32041	179kg/cm2	cono y hendedura	Jun-19	1- a los 7 dias	2534
48	columna 2 LI secc3	178	29548	166kg/cm2	cono y hendedura	Jun-19	1- a los 7 dias	2531
49	columna 1 LI secc4	174	30450	175kg/cm2	cono y corte	Jun-20	1- a los 7 dias	2322
50	columna 2 LI secc 4	173	32178	186kg/cm2	cono	Jun-20	1- a los 7 dias	2456
51	columna 1 LI secc 5	179	32399	181kg/cm2	cono	Jun-22	1- a los 7 dias	2543
52	columna 2 LI secc 5	173	29237	169kg/cm2	cono y corte	Jun-22	1- a los 7 dias	2587
53	viga LI	177	33276	188kg/cm2	cono y corte	Jun-27	1- a los 7 dias	2456
54	caisson P2 LI	179	25955	145kg/cm2	cono y corte	Jul-06	1- a los 7 dias	2432
55	caisson P1 LI	178	27412	154kg/cm2	columnar	Jul-07	1- a los 7 dias	2564
56	caisson P3 LI	174	26970	155kg/cm2	cono y corte	Jul-07	1- a los 7 dias	2975
57	caisson P4 LI	173	28372	164kg/cm2	cono y corte	Jul-08	1- a los 7 dias	2567
58	estribo izquierdo	179	27745	155kg/cm2	cono y corte	Jul-14	1- a los 7 dias	2645
59	caisson P1 LD	178	26522	149kg/cm2	cono	Jul-23	1- a los 7 dias	2866
60	caisson P2 LD	177	29559	167kg/cm2	cono	Jul-25	1- a los 7 dias	2567
61	columna1 LD secc7	174	49764	286kg/cm2	cono y corte	May-30	1- a los 28 dias	2134
62	columna 2 LD secc7	173	48786	282kg/cm2	cono y corte	May-30	1- a los 28 dias	2178
63	caisson C2	179	41886	234kg/cm2	cono	Jun-01	1- a los 28 dias	2245
64	caisson B2	178	41830	235kg/cm2	cono	Jun-01	1- a los 28 dias	1923
65	caisson B3	174	37584	216kg/cm2	cono y corte	Jun-02	1- a los 28 dias	2123
66	viga LD	173	49305	285kg/cm2	columnar	Jun-09	1- a los 28 dias	2234
67	zapata LI	177	52215	295kg/cm2	cono y corte	Jun-13	1- a los 28 dias	2323
68	columna 1 LI secc1	174	49590	285kg/cm2	columnar	Jun-16	1- a los 28 dias	2123
69	columna 2 LI secc1	173	50343	291kg/cm2	cono y corte	Jun-17	1- a los 28 dias	2423
70	columna 1 LI secc2	179	50120	280kg/cm2	cono	Jun-18	1- a los 28 dias	2123
71	columna 2 LI secc2	178	51086	287kg/cm2	cono y corte	Jun-18	1- a los 28 dias	2231
72	columna 1 LI secc3	179	50478	282kg/cm2	cono y corte	Jun-19	1- a los 28 dias	1954
73	columna 2 LI secc3	177	50445	285kg/cm2	columnar	Jun-19	1- a los 28 dias	2323
74	columna 1 LI secc4	174	49242	283kg/cm2	columnar	Jun-20	1- a los 28 dias	2387
75	columna 2 LI secc 4	173	49132	284kg/cm2	cono y corte	Jun-20	1- a los 28 dias	2389
76	columna 1 LI secc 5	179	50120	280kg/cm2	cono y corte	Jun-22	1- a los 28 dias	2323
77	columna 2 LI secc 5	178	50908	286kg/cm2	cono	Jun-22	1- a los 28 dias	2134
78	viga LI	177	49560	280kg/cm2	cono y corte	Jun-27	1- a los 28 dias	2231
79	caisson P2 LI	174	38454	221kg/cm2	cono y corte	Jul-06	1- a los 28 dias	2313

80	caisson P1 LI	178	39098	226kg/cm2	columnar	Jul-07	1-a los 28 días	2367
81	caisson P3 LI	174	41830	235kg/cm2	cono	Jul-07	1-a los 28 días	2975
82	caisson P4 LI	173	37195	215kg/cm2	cono y corte	Jul-08	1-a los 28 días	2687
83	estribo izquierdo	179	50908	286kg/cm2	cono y corte	Jul-14	1-a los 28 días	2569
84	caisson P1 LD	178	15689	90.69kg/cm2	cono	Jul-23	1-a los 7 días	2487
85	caisson P2 LD	177	25955	145kg/cm2	cono y corte	Jul-25	1-a los 7 días	2587
80	caisson P4 LD	178	25810	145kh/cm2	columnar	Agt-04	1-a los 7 días	2651
81	caisson P3 LD	174	25810	145kh/cm2	cono	Agt-06	1-a los 7 días	2351
82	Estribo derecho	173	37820	217.36kg/cm2	cono y corte	Agt-14	1-a los 7 días	2654
83	Losa	174	23385	134.4kg/cm2	cono y corte	Sep-01	1-a los 3 días	2869
84	Alcantarilla #3 entrada	179	18258	102kg/cm2	cono	Agt-08	1-a los 7 días	2754
85	Alcantarilla #3 salida	174	17226	99kg/cm2	cono	Agt-08	1-a los 7 días	2632
86	Alcantarilla #1 entrada	178	18512	104kg/cm2	cono	Agt-08	1-a los 7 días	2589
87	Alcantarilla #1 salida	174	17574	101kg/cm2	cono	Agt-08	1-a los 7 días	2451
88	caisson P1 LD	178	37714	218kg/cm2	cono	Jul-23	1-a los 28 días	2432
89	caisson P2 LD	177	38454	221kg/cm2	cono y corte	Jul-25	1-a los 28 días	2452
90	caisson P4 LD	178	41949	237kg/cm2	columnar	Agt-04	1-a los 28 días	2525
91	caisson P3 LD	174	37195	215kg/cm2	cono	Agt-06	1-a los 28 días	2858
92	Estribo derecho	173	48786	282kg/cm2	cono y corte	Agt-14	1-a los 28 días	2754
93	Losa	177	44108	249.2kg/cm2	cono y corte	Sep-01	1-a los 7 días	2854
94	Losa	174	50112	288kg/cm2	cono	Sep-01	1-a los 14 días	2854
95	Aproche derecho	174	37820	217.36kg/cm2	cono y corte	Sep-03	1-a los 3 días	2587
96	Aproche derecho	177	49206	278kg/cm2	cono y corte	Sep-03	1-a los 7 días	2651
97	Aproche derecho	174	49764	286kg/cm2	cono y corte	Sep-03	1-a los 14 días	2351
98	Aproche izquierdo	174	38454	221kg/cm2	cono y corte	Sep-07	1-a los 3 días	2869
99	Aproche izquierdo	173	48613	281kg/cm2	columnar	Sep-07	1-a los 7 días	2367
100	Aproche izquierdo	174	49590	285kg/cm2	cono	Sep-07	1-a los 14 días	2975
101	Anden losa	173	37714	218kg/cm2	cono y corte	Sep-03	1-a los 3 días	2687
102	Anden losa	179	48813	272.76kg/cm2	cono y corte	Sep-03	1-a los 7 días	2569
103	Anden losa	173	50170	290kg/cm2	cono	Sep-03	1-a los 14 días	2487
104	Anden aproche derecho	173	37195	215kg/cm2	cono y corte	Sep-12	1-a los 3 días	2587
105	Anden aproche derecho	179	48813	272.76kg/cm2	columnar	Sep-12	1-a los 7 días	2367
106	Anden aproche derecho	179	50478	282kg/cm2	cono	Sep-12	1-a los 14 días	2432
107	Anden aproche izquierdo	174	38454	221kg/cm2	cono y corte	Sep-17	1-a los 3 días	2654
108	Anden aproche izquierdo	173	43685	252.52kg/cm2	cono y corte	Sep-17	1-a los 7 días	2869
109	Anden aproche izquierdo	174	49590	285kg/cm2	cono	Sep-17	1-a los 14 días	2754
110	Muro estribo derecho	178	30794	173kg/cm2	cono	Sep-15	1-a los 3 días	2632
111	Muro estribo derecho	174	33060	189.9kg/cm2	columnar	Sep-15	1-a los 7 días	2589
112	Muro estribo derecho	173	37195	215kg/cm2	cono	Sep-15	1-a los 14 días	2451
113	Muro estribo izquierdo	173	28372	164kg/cm2	cono	Sep-17	1-a los 3 días	2858
114	Muro estribo izquierdo	173	37714	218kg/cm2	cono y corte	Sep-17	1-a los 7 días	2452
115	Muro estribo izquierdo	174	38454	221kg/cm2	columnar	Sep-17	1-a los 14 días	2367

TABLA 6. Resistencias obtenidas con sus respectivas fechas de fundición.



Cono

Cono y hendedura

Cono y corte

Corte

Columnar

GRAFICA 8 Tipo de fallas de los cilindros

Todas las formaletas en las cuales fue necesario confinar y soportar la mezcla de concreto mientras se endurecía y desarrollaba la resistencia, las diseñó el Constructor y fueron aprobadas por el Interventor. Las formaletas se diseñaron de tal manera, que permitieron la colocación y consolidación adecuada de la mezcla en su posición final y su fácil inspección; así mismo, fueron suficientemente herméticas para impedir pérdidas del mortero de la mezcla.



FOTO 4. Detalle Formaleta

Las formaletas, tanto de madera como metálicas, se ensamblaron firmemente y tenían la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto sin distorsiones. Antes de iniciar la colocación del concreto, se limpiaron de impurezas, incrustaciones de mortero y cualquier otro material extraño. Su superficie interna se cubrió con las abrazaderas que se utilizaron para sostener las formaletas y que queden embebidas en el concreto, fueron pernos de acero y acoples adecuados, que permitían retirar los extremos exteriores sin producir daños en las superficies del concreto. Todos los huecos resultantes del retiro de las abrazaderas, se llenaron con un mortero de consistencia seca. No se intentó colocar concreto dentro de las formaletas, si estas no habían sido inspeccionadas y aprobadas por el Interventor, pero desafortunadamente este pocas veces estuvo presente en la obra.

Las formaletas se removían tan pronto como la mezcla hubiera adquirido la resistencia suficiente, comprobada mediante ensayos, para sostener su propio peso y el peso de cualquier otra carga. Toda obra falsa o cimbra para la construcción del puente, se diseñó por el Constructor, quien sometió el diseño a consideración del Interventor. En el diseño se tenían en cuenta las cargas muertas y vivas a las que estaba sometida la obra falsa durante y

después de la colocación del concreto. Las eventuales deflexiones de la obra falsa, debido a las cargas, se compensaron mediante contra flechas, de tal forma que la estructura terminada se ajustase a los niveles indicados en los planos. Las cimbras se colocaron sobre gatos aprobados para levantar y corregir cualquier asentamiento leve que pudiera ocurrir una vez iniciada la colocación del concreto.

Cada tipo de agregado se acopio por pilas separadas, las cuales se mantenían libres de tierra o de elementos extraños y dispuestos de tal forma que se evitase al máximo la segregación de los agregados. Los sitios de almacenamiento de los agregados se realizaron sobre patios pavimentados en la parte derecha.

En los acopios que se dispusieron sobre el terreno natural, no se utilizaron los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos. En no todos los casos, los acopios se cubrieron.

3.1. 3 FABRICACIÓN DEL CONCRETO



FOTO 4

En lo referente con el almacenamiento del cemento se aplicó lo prescrito en el numeral 500.4.5.2 del Artículo 500 de las especificaciones de construcción de carreteras del Instituto Nacional de Vías Almacenamiento de aditivos En relación con el almacenamiento de aditivos, rige lo indicado en el numeral 500.4.5.3 del Artículo 500 de las especificaciones de construcción de carreteras del Instituto Nacional de Vías.

La elaboración de la mezcla cuando la mezcla se produjo en una planta central, sobre camiones mezcladores o por una combinación de estos procedimientos, el trabajo se efectuó de acuerdo con los requisitos aplicables de la especificación ASTM C-94. Mezclado en plantas estacionarias en el lugar, la mezcladora se cargo primero con una parte no superior a la mitad (1/2) del agua requerida para la cochada; a continuación se añadió simultáneamente el agregado fino y el cemento y, posteriormente, el agregado grueso, completándose luego la dosificación de agua durante un lapso que no puede ser inferior a cinco segundos (5 s), ni superior a la tercera parte (1/3) del tiempo total de mezclado, contado a partir del instante de introducir el cemento y los agregados. La mezcla se hizo a la velocidad recomendada por el fabricante de la maquina y el tiempo de mezclado debió ser superior a uno y medio minutos (1.5 min), contados a partir del momento en que todos los materiales están. Antes de cargar nuevamente la mezcladora, se vaciaba totalmente su contenido. En ningún caso, se permitió el remezclado de concretos que hubieran fraguado parcialmente. Cuando la mezcladora estuvo detenida por más de treinta (30) minutos, se limpio perfectamente antes de verter materiales en ella.

Cuando la mezcla se elaboro en mezcladoras al pie de la obra, el Constructor, muchas veces sin la supervisión del Interventor, transformo las

cantidades correspondientes a la formula de trabajo en unidades volumétricas. El Interventor pocas veces verifico que existiesen los elementos de dosificación precisos para obtener una mezcla de la calidad deseada. Cuando se empleo un camión mezclador para mezclado completo, en tránsito o al llegar a la obra, cada bachada se mezclaba por no menos de setenta (70) ni más de cien (100) revoluciones de tambor o paletas a la velocidad de rotación fijada por el fabricante del equipo. El tiempo adicional de mezcla, cuando fue requerido, se debió completar a la velocidad de agitación especificada por el fabricante. Todos los materiales incluyendo el agua, debieron estar dentro del tambor mezclador antes de iniciar el mezclado propiamente dicho y accionar el contador de revoluciones. El mezclado iniciaba dentro de los treinta (30) minutos siguientes al instante en que el cemento era puesto en contacto con los agregados dentro del tambor. Los campamentos instalados, para la obra, estaban ubicados sobre la vía pavimentada que va hacia la zona del Río Páez, interrumpida por la destrucción del puente comunicante, debido a la avalancha sucedida en Noviembre de 2008; que comunicaba a Puerto Nolasco con la población de Nataga. Este campamento opero de manera temporal, mientras se ejecutaba la obra objeto de este informe.

El campamento que se utilizo, era el que se localizaba en la zona de la planta de concretos premezclados, el cual se utilizaba solo como bodega de almacenamiento de bultos de cemento y otros elementos, necesarios para operar la tolva montada en este mismo sitio para hacer concretos que posteriormente se mezclaban en los mixers alquilados a ConcreHuila.



Foto 5. Tolva para alimentación de mixers.



FOTO 6. Tolva para alimentación de los mixer

En la planta de triturados en la etapa de producción de concretos, los materiales se mezclaban en los carros mixers y su alimentación era mediante una tolva que conformaba la planta de concretos. En dicha tolva se agregaban cuatro componentes básicos que son arena, triturado, cemento y agua.

Estos carros mixes se alquilaron al principio del proyecto, pues gracias al teleférico fue posible transportar el material de la margen derecha a la izquierda de forma rápida y eficaz. El Teleférico se hizo indispensable para los manejos de los miembros de la Superestructura del Puente, al igual que para los traslados en obra de todos los elementos que constituían cargas manipulables en el sitio de trabajo.



FOTO 7 Uso del teleférico para transportar material



FOTO 8. Cargador elevándose



FOTO 9. Cargador llenándose

La mezcla manual solo se pudo efectuar para estructuras secundarias tales como los anillos de los caisson. El mezclado manual se hizo por bachadas no mayores de un cuarto de metro cubico (0.25 m³), sobre una superficie lisa e impermeable. Las cantidades de agregados se midieron en cajones de tamaños apropiados. El agregado fino y el cemento se mezclaron cuidadosamente por medio de palas, hasta que la mezcla tuviera un color uniforme, después de lo cual se forma un cráter en el cual se incorporo el agua en la cantidad necesaria para obtener un mortero de consistencia adecuada. El material de la parte exterior del anillo del cráter se paleo hacia el centro y se dio vueltas a toda la masa cortándola en secciones, hasta que se lograba una consistencia uniforme. Se humedecía completamente el agregado grueso y se añadía al mortero dando vueltas y revolviendo toda la masa cuando menos seis (6) veces, hasta que todas las partículas de este agregado quedara perfectamente cubiertas por el mortero y la mezcla tuviese color y apariencia uniformes.

3.1. 4 PREPARACIÓN PARA LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO



FOTO 10. Fundición de la losa

Por lo menos cuarenta y ocho (48) horas antes de colocar concreto en cualquier lugar de la obra, se notificaba al Interventor al respecto, para que este verifique y aprobara los sitios de colocación. La colocación no podía comenzar, mientras no se hubiese aprobado el encofrado, el refuerzo, las partes embebidas y la preparación de las superficies que hubieran de quedar contra el concreto. Dichas superficies se encontraban completamente libres de suciedad, lodo, desechos, grasa, aceite, partículas sueltas y cualquier otra sustancia perjudicial. La limpieza incluía el lavado por medio de chorros de agua. Se eliminaba toda agua estancada o libre de las superficies sobre las cuales se iba a colocar la mezcla y controlar la colocación de la mezcla y el fraguado. Las fundaciones en suelo contra las cuales se colocara el concreto, debieron ser humedecidas completamente, o recubrirse con una delgada capa de concreto.

3.1. 5 DESCARGA, TRANSPORTE Y ENTREGA DE LA MEZCLA



FOTO 11. Fundición de la columna derecha.

El concreto, al ser descargado de mezcladoras estacionarias, tenía la consistencia, trabajabilidad y uniformidad requeridas para la obra. Cuando se emplearon camiones mezcladores, la descarga de la mezcla, el transporte, la entrega y colocación del concreto se completaron en un tiempo máximo de una y media (1 1/2) horas, desde el momento en que el cemento se añade a los agregados. La velocidad de descarga del concreto premezclado se controlaba por la velocidad de rotación del tambor en la dirección de la descarga con la canaleta o compuerta de descarga completamente abierta. A veces fue necesario agregar agua adicional a la mezcla para alcanzar o mantener el asentamiento especificado, sin exceder la relación agua/cemento requerida, se mezclaba nuevamente el contenido del tambor, por un mínimo de veinte (20) revoluciones a la velocidad de mezclado, antes de proceder a la descarga del concreto.

El concreto fue transportado en camiones tipo volqueta con recipientes metálicos, lisos en su interior, con las esquinas redondeadas, equipados con compuertas para controlar la descarga y provistos de cobertores adecuados para proteger el concreto contra la intemperie. El concreto transportado en estos equipos se mezcló previamente y se entregó con la consistencia y uniformidad requeridas. La descarga en el punto de entrega fue completada en cuarenta y cinco minutos (45 min) desde que el cemento era puesto en contacto con los agregados, lapso que podía variar según las condiciones climáticas del lugar o el uso de aditivos. A su entrega en la obra, el Ingeniero residente rechazó todo concreto que hubiese desarrollado algún

endurecimiento inicial, así como aquel que no era entregado dentro del límite de tiempo aprobado o no tuviera el asentamiento dentro de los límites especificados.

3.1.6 COLOCACIÓN DEL CONCRETO

El concreto no se podía colocar en instantes de lluvia, solo cuando el Constructor suministraba Cubiertas que fueran adecuadas para proteger el concreto desde su colocación hasta su fraguado, afortunadamente las lluvias en la zona fueron poco comunes durante la construcción del Puente Nolasco.



FOTO 12. Fundición columna lado derecho.

No todo el concreto se vaciaba en horas de luz solar y su colocación en cualquier parte de la obra no siempre se inicio en dichas condiciones, y algunas veces no se disponía de un adecuado sistema de iluminación. Algunas veces se permitió la caída del concreto desde alturas superiores a uno y medio metros (1.50 m) pero con el uso del cono. Al verter el hormigón, se removió enérgica y eficazmente, para que las armaduras quedasen perfectamente envueltas; cuidando especialmente los sitios en que se reunía gran cantidad de ellas, y procurando que se mantuviesen los recubrimientos

y separaciones de la armadura. En todos los casos que fue difícil colocar el concreto junto a las formaletas debido a las obstrucciones producidas por el acero de refuerzo o por cualquier otra condición, se procuro el contacto apropiado entre el concreto y las caras interiores de las formaletas, vibrando estas últimas por medio de golpes en sus superficies exteriores con mazos de caucho y por medio de vibradores de formaleta. No se permitió la colocación de concreto al cual se hubiera agregado agua después de salir de la mezcladora. Tampoco se permitió la colocación de la mezcla fresca sobre concreto total o parcialmente endurecido, sin que las superficies de contacto hubieran sido preparadas como juntas, según se describe en el numeral 630.4.11 del artículo 630 de las especificaciones de construcción de carreteras del Instituto Nacional de Vías.



FOTO 13. Teleférico transportando material en horas de la noche

Se tuvo la precaución de no mover los extremos del refuerzo que sobresalga del concreto, por lo menos durante las primeras veinticuatro (24) horas luego de colocado el concreto pero no siempre fue posible debido a la rapidez de la obra. El concreto se colocó en capas continuas horizontales cuyo espesor no excediera de treinta centímetros (0.3 m). Las descargas sucedieron una tras otra, debiendo cada una de ellas colocarse y compactarse antes de que la precedente hubiera alcanzado el fraguado inicial, para que no quedase una separación entre las mismas. La superficie superior de cada capa de concreto se debió dejar algo áspera para lograr una liga eficiente con la capa subsiguiente. Cada capa superior se compactaba de forma que se evitase la formación de una junta de construcción entre ella y la capa inferior. Las capas que se completaban en un día de trabajo o que habían sido colocadas poco antes de interrumpir temporalmente las operaciones, se limpiaron de cualquier material objetable tan pronto como las superficies fuesen lo suficientemente firmes para retener su forma. En ningún caso se suspendió o interrumpió temporalmente el trabajo dentro de los cuarenta y cinco centímetros (45 cm) abajo de la parte superior de cualquier superficie. El método y la manera de colocar el

concreto se regulo de forma que todas las juntas de construcción se colocasen en las zonas de bajo esfuerzo cortante y, en lo posible, en sitios que no sean visibles.

3.1.7 VIBRACIÓN DEL CONCRETO



FOTO 14. Vibración de la viga derecha.

El concreto colocado se consolido mediante vibración interna, hasta obtener la mayor densidad posible, de manera que quedase libre de cavidades producidas por partículas de agregado grueso y burbujas de aire, y que cubriese totalmente las superficies de los encofrados y los materiales embebidos. Durante la consolidación, el vibrador se debió operar a intervalos regulares y frecuentes, en posición casi vertical y con su cabeza sumergida profundamente dentro de la mezcla. Para lograr la compactación de cada capa antes de que se deposite la siguiente sin demorar la descarga, se uso un número suficiente de vibradores para consolidar el concreto que se está recibiendo, dentro de los quince (15) minutos siguientes a su colocación dentro de las formaletas. Para evitar demoras en el caso de averías, se disponía de un (1) vibrador auxiliar en el sitio de la obra para fundiciones individuales hasta de cincuenta metros cúbicos (50 m³) y dos (2) vibradores auxiliares para fundiciones de mayor volumen.

Las vibraciones se aplicaban en el punto de descarga y donde hubiera concreto depositado poco antes. Los vibradores no se empujaban rápidamente, sino que se permitía que ellos mismos se abrieran camino dentro de la masa de concreto y se retiraban lentamente para evitar la formación de cavidades. La vibración era tal, que el concreto fluyera alrededor del refuerzo y otros elementos que quedaban embebidos en el concreto y llegase hasta las esquinas de las formaletas. La vibración no se aplico sobre el refuerzo, ni se forzó a secciones o capas de concreto que

hubiese endurecido a tal grado que el concreto no pudiera volverse plástico por su revibración. No se colocó una nueva capa de concreto, si la precedente no estaba debidamente consolidada. La vibración no se usó para transportar mezcla dentro de las formaletas, ni se aplicó directamente a estas o al acero de refuerzo, especialmente si ello afectaba masas de mezcla recientemente fraguadas. Con el fin de obtener un concreto debidamente compactado, carente de cavidades, hormigueros y similares, la vibración mecánica se completó con la compactación manual que fue necesaria a lo largo de las superficies de las formaletas y en las esquinas y puntos donde era difícil obtener una vibración adecuada.

3.2 RELACION DE LAS ACTIVIDADES DE ACUERDO CON EL AVANCE EN LA CONSTRUCCION DEL PUENTE NOLASCO



FOTO 15. Vista del puente Nolasco sin los aproches

Se construyó un nuevo puente, ubicado 200 metros aguas arriba del anterior, en inmediaciones de la intersección del río Páez con el río Negro. En este sitio se construyó un puente metálico en forma de arco de 96 metros de longitud y un tablero de 8.0 metros de ancho, ubicado a 9.0 metros por encima del nivel máximo alcanzado por la avalancha del 2008. Para el acceso al puente se construyó en cada uno de sus extremos un puente complementario de concreto reforzado 20 metros de luz. De esta forma, la nueva estructura cuenta con dos estribos en sus extremos con una carga por estribo del orden de 100 toneladas y dos pilas intermedias con una carga por pila de 1300 toneladas.



FOTO 16. Puente Nolasco sin aproches y arcos metálicos sin terminar

3. 2. 1 RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DEL PROYECTO CON BASE EN LOS INFORMES DE LOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

En el área donde se realizó la construcción del nuevo puente, se observan afloramientos de la roca característica de la zona. En la margen derecha, la roca aflora específicamente en el sitio destinado a la construcción de la pila y en la margen izquierda, aunque no aflora en el sitio de la pila, se observan afloramientos 40 metros aguas arriba y 60 metros aguas abajo.



FOTO 17 Margen izquierda



FOTO 18 Margen derecha

Considerando, por una parte que este proyecto se desarrolla sobre el criterio de una emergencia manifiesta, en el que el tiempo de ejecución de los trabajos es un factor de gran importancia, y por otra parte, que en la margen derecha aflora la roca en el sitio de la pila y en la margen izquierda, aflora la roca 40 metros aguas arriba y 60 metros aguas abajo, el estrato de cimentación fue la roca característica de esta zona, por lo tanto, se optó por una exploración con métodos indirectos como el de la refracción sísmica y el de sondeos eléctricos verticales, que para este caso en particular, se consideran tan confiables como una exploración directa con sondeos, la cual fue realizada por los Ingenieros Luciano Rivera y Hugo Cosme.

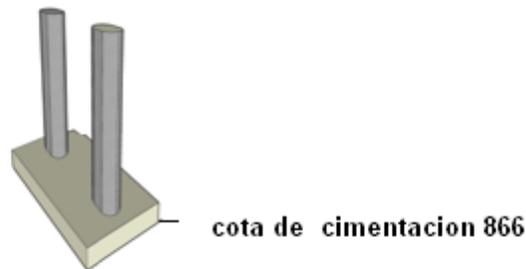
En el lugar observan gruesos paquetes de rocas de espesores variables, constituidos en la parte superior por areniscas algo fracturadas en el estribo derecho del puente de Nolasco y en la parte baja se tienen limolitas de color rojizo. En el sector abundan conglomerados cuya matriz esta algo cementada que son producto de avalanchas pasadas. En la confluencia del río Negro con el río Páez, muy próximo al estribo izquierdo, afloran las rocas Sedimentitas continentales constituidas por limolitas de color rojizo. En el estribo izquierdo del puente de Nolasco, la estratigrafía está representada por materiales provenientes de las partes altas, constituidos por arenas limosas de color rojizo amarillento de compacidad media, se presentan rocas volcánicas piroclásticas y el basamento está constituido por rocas Sedimentitas continentales.

En el momento de realizar la exploración geofísica, la excavación para la cimentación de la pila de la margen derecha, ya estaba a nivel de la roca relativamente sana. Del análisis de algunos fragmentos de la excavación, se juzgo que la roca tiene una resistencia a la compresión confinada mayor de 100 kg/cm².

3. 2. 2 CONSTRUCCIÓN DE LA PILA Y ESTRIBO DE LA MARGEN DERECHA

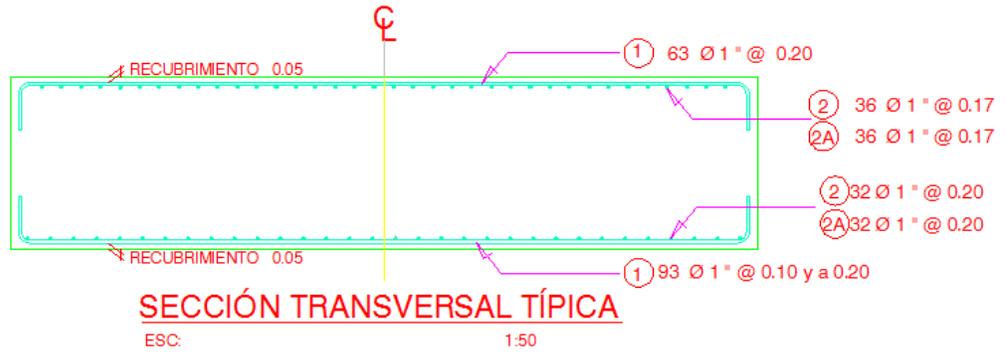
Las pilas del nuevo puente sobre el río Paez, en la vía Puerto Nolasco – Nataga se cimentaron, en la margen derecha sobre zapatas convencionales de concreto reforzado, apoyada directamente sobre la roca y en la margen izquierda sobre caissons preexcavados manualmente y fundidos in situ.

El 20 de Abril de 2009 se fundió la zapata derecha del puente Nolasco la cual se realizó por medio de mixers y sin bombeo con relativa facilidad pues el carro tenia acceso a esta zona del puente. Esta zapata se construyo primero que la zapata del lado izquierdo debido a que no necesitaba la construcción previa de caissons. Para esta fundición que necesito una cantidad de 83m^3 de concreto se aplicaron las especificaciones mencionadas en el capítulo de manejo de concreto teniendo en cuenta además de los aspectos funcionales y económicos especiales del concreto como material de construcción de puentes, ciertas propiedades mecánicas y físicas importantes con respecto a la aplicación y el comportamiento del concreto, siendo de gran importancia que entre el acero de refuerzo exista adherencia suficientemente resistente entre los dos materiales. Esta adherencia proviene de la rugosidad natural de las corrugaciones poco espaciadas en la superficie de las varillas.

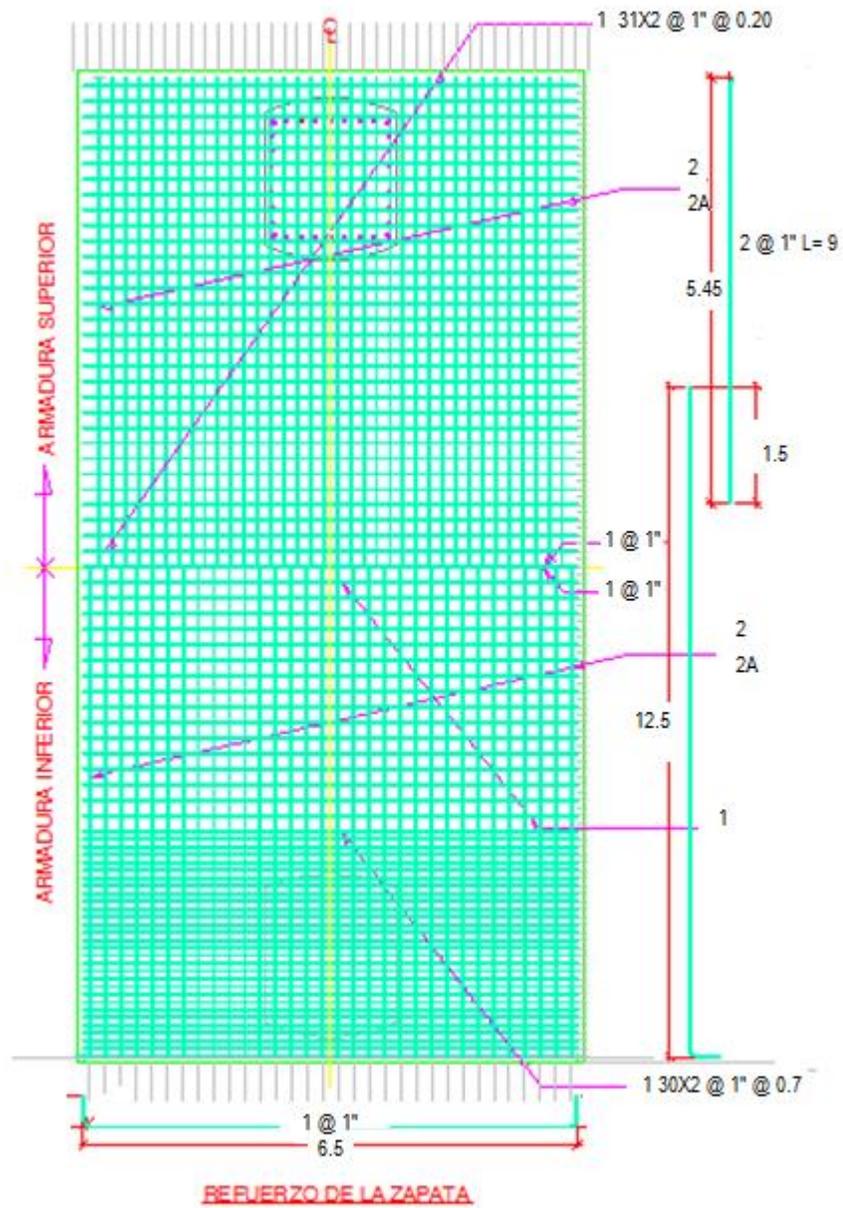


Cimentacion pila margen derecha

GRAFICA 9



GRAFICA 10. Sección transversal de la zapata



GRAFICA 11. Vista en planta de la zapata.



FOTO 19 .Solado para la zapata del lado derecho



FOTO 20. Detalle del refuerzo de la cimentación



FOTOS 21 Y 22. Construcción de la zapata del lado derecho

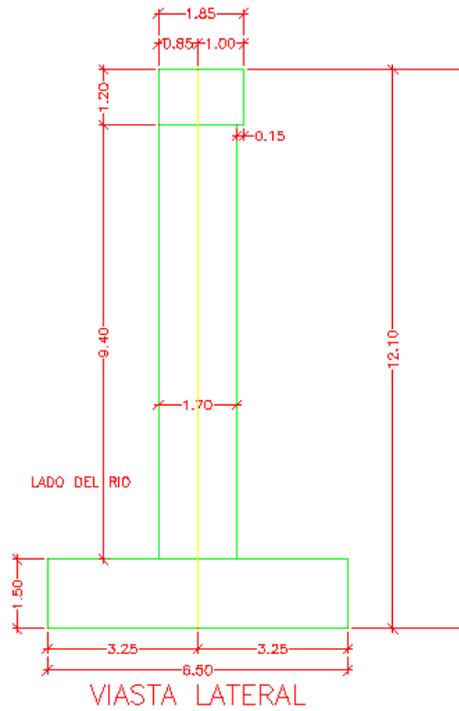
PILA DERECHA
LISTA DE MATERIALES

CONDICION Cant	POS	CANT	DESCRIPCION	PESO		
				kg/m	kg/cu	TOTAL kg
LOSA	1	156	VARILLA \varnothing 1" Long.=7.09	3.97	28.15	4390.98
	2	68	VARILLA \varnothing 1" Long.=9.00	3.97	35.73	2429.64
	2 A	68	VARILLA \varnothing 1" Long.=5.85	3.97	23.22	1579.27
COLUM	3	72	VARILLA \varnothing 1 1/4" Long.=9.00	6.41	57.69	4153.68
	3B	36	VARILLA \varnothing 1 1/4" Long.=5.79	6.41	37.11	1336.10
	3C	36	VARILLA \varnothing 1 1/4" Long.=5.31	6.41	34.04	1225.34
	4	18	VARILLA \varnothing 3/4" Long.=9.35	2.24	20.94	376.99
	5	10	VARILLA \varnothing 1/2" Long.=9.35	1.00	9.35	93.50
	6	570	VARILLA \varnothing 1/2" Long.=4.59	1.00	4.59	2616.30
	7	285	VARILLA \varnothing 1/2" Long.=4.22	1.00	4.22	1202.70
	8	64	VARILLA \varnothing 3/4" Long.=2.77	2.24	6.20	397.11
	9	64	VARILLA \varnothing 1/2" Long.=2.74	1.00	2.74	175.36
	10	1370	VARILLA \varnothing 1/2" Long.=1.76	1.00	1.76	2411.20
VIGA	11	44	VARILLA \varnothing 1/2" Long.=3.88	1.00	3.88	170.72
	12	22	VARILLA \varnothing 1/2" Long.=4.12	1.00	4.12	90.64
	13	10	VARILLA \varnothing 1/2" Long.=2.87	1.00	2.87	28.70
	14	15	VARILLA \varnothing 1" Long.=8.00	3.97	31.76	476.40
	15	16	VARILLA \varnothing 1" Long.=4.23	3.97	16.79	268.69
	16	30	VARILLA \varnothing 1" Long.=5.96	3.97	23.66	709.84
	17	5	VARILLA \varnothing 1" Long.=5.34	3.97	21.20	106.00
	18	8	VARILLA \varnothing 3/4" Long.=9.00	2.24	20.16	161.28
	18A	8	VARILLA \varnothing 3/4" Long.=4.73	2.24	10.60	84.76
PESO TOTAL PLANO					24485.20	

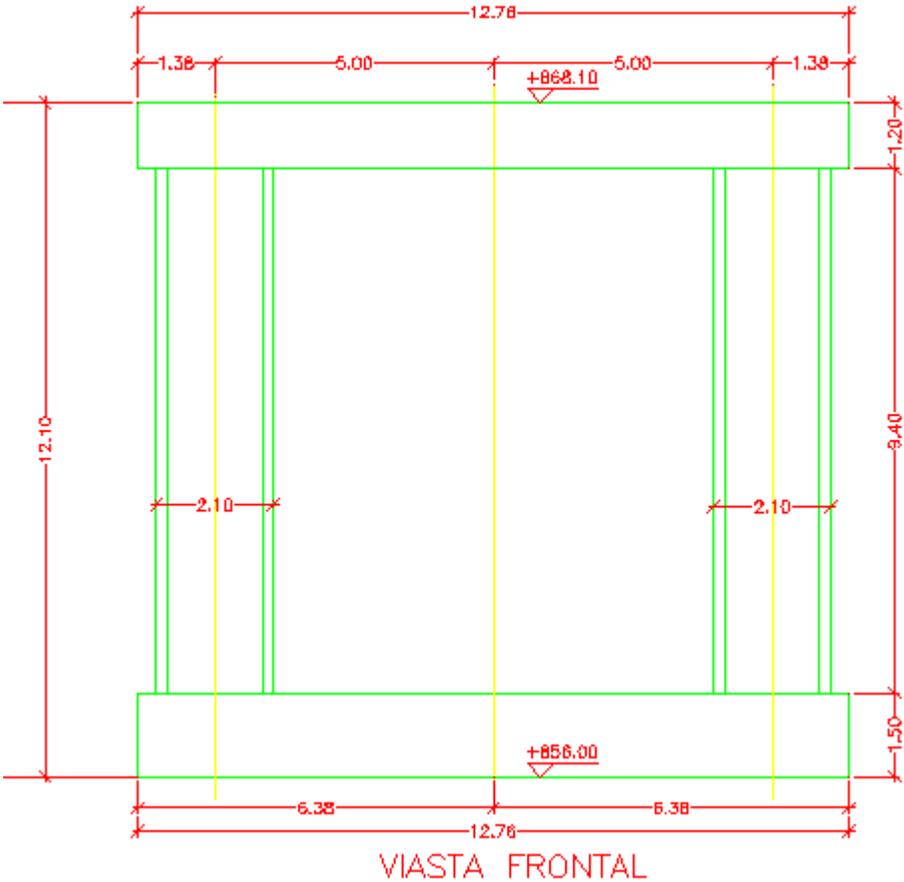
CUADRO DE CANTIDADES DE CONCRETOS

Volumenes de concretos $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (21 MPa) Para solados	8.0
Volumenes de concretos $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ (28 MPa) Para zapatas, columnas y viga	215.7

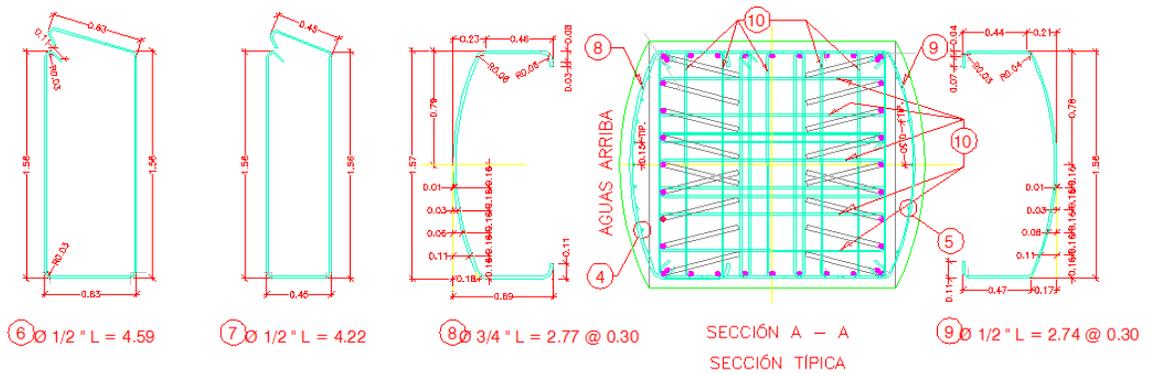
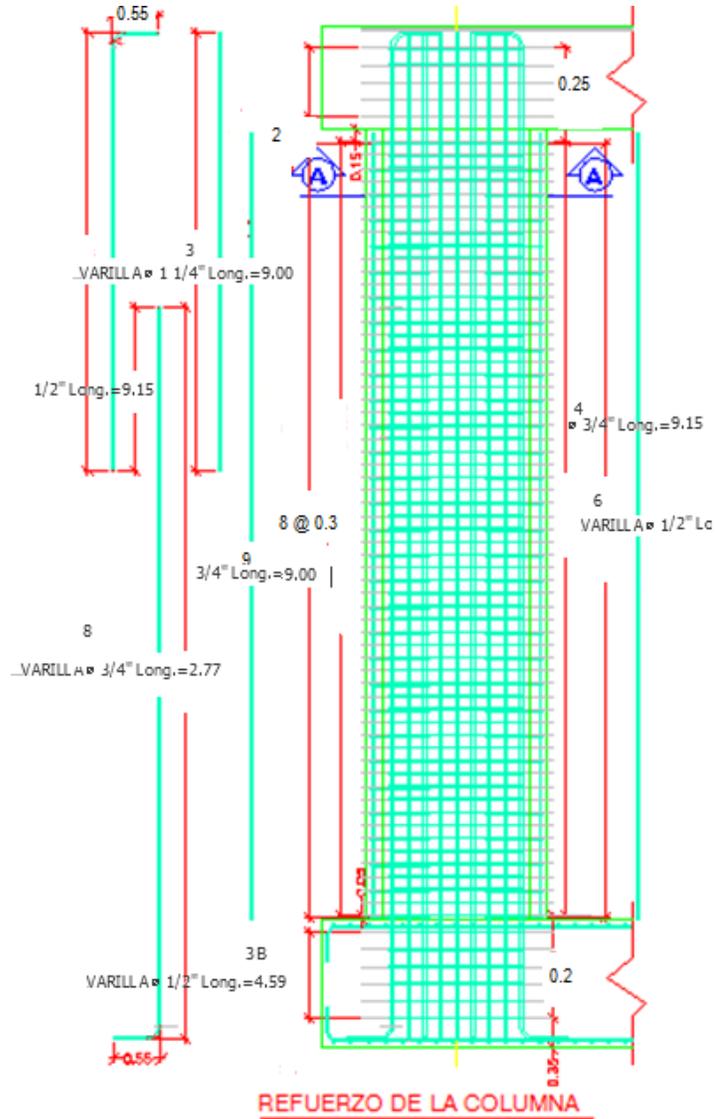
TABLAS 7Y 8



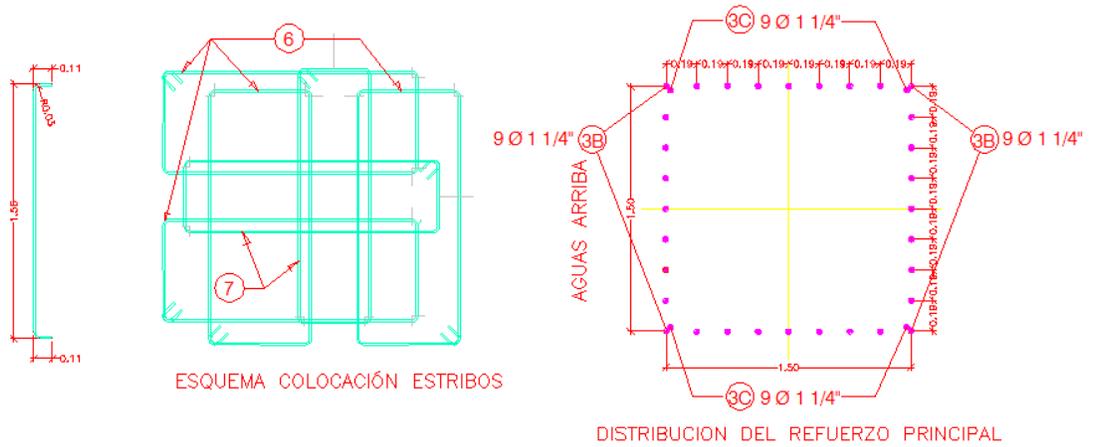
GRAFICA 12. Dimensiones de la pila derecha



GRAFICA 13. Vista frontal de la zapata derecha



GRAFICAS 16 y 17. Refuerzos de la columna



REFUERZO DE LA COLUMNA

GRAFICA 18. Refuerzos de la columna



FOTO 23. Detonación de dinamita para la construcción de un caisson del estribo derecho

Debido al afloramiento de la roca en esta margen, se Cimentaron la pila y el estribo sobre zapatas convencionales. Por razones prácticas, la capacidad

portante permisible se recomendó de 70 ton/m², este valor tiene un alto factor de seguridad, considerado que la resistencia a la compresión inconfiada de la roca es mayor de 100 kg/cm².

Para el diseño de las zapatas se uso un módulo de balasto igual a 12.000 ton/m³ que ha sido determinado de acuerdo con las recomendaciones de Terzagui y la adherencia roca – concreto se puede tomar con un alto factor de seguridad, igual a 15 ton/m².



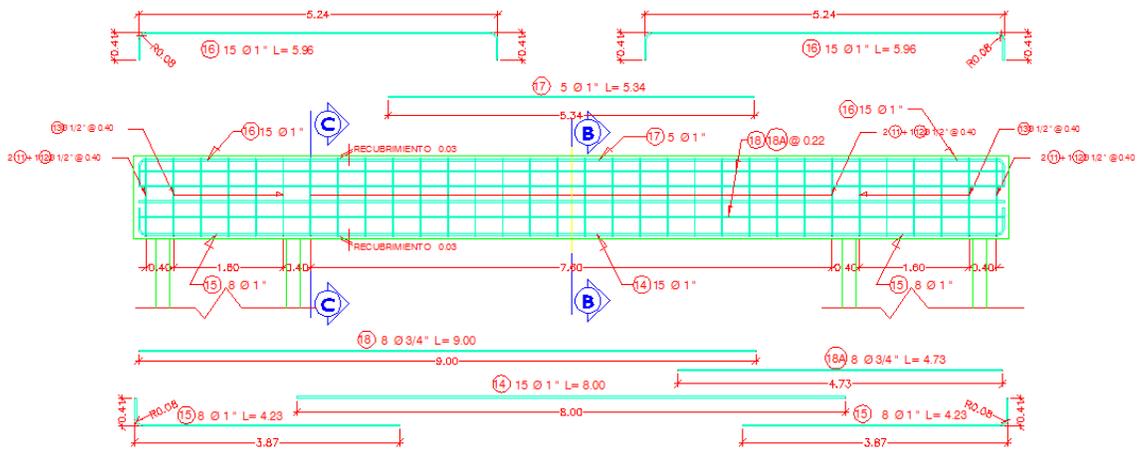
FOTO 24. Construcción de las columnas del lado derecho

3. 2. 3 CONSTRUCCIÓN DE LA VIGA DERECHA

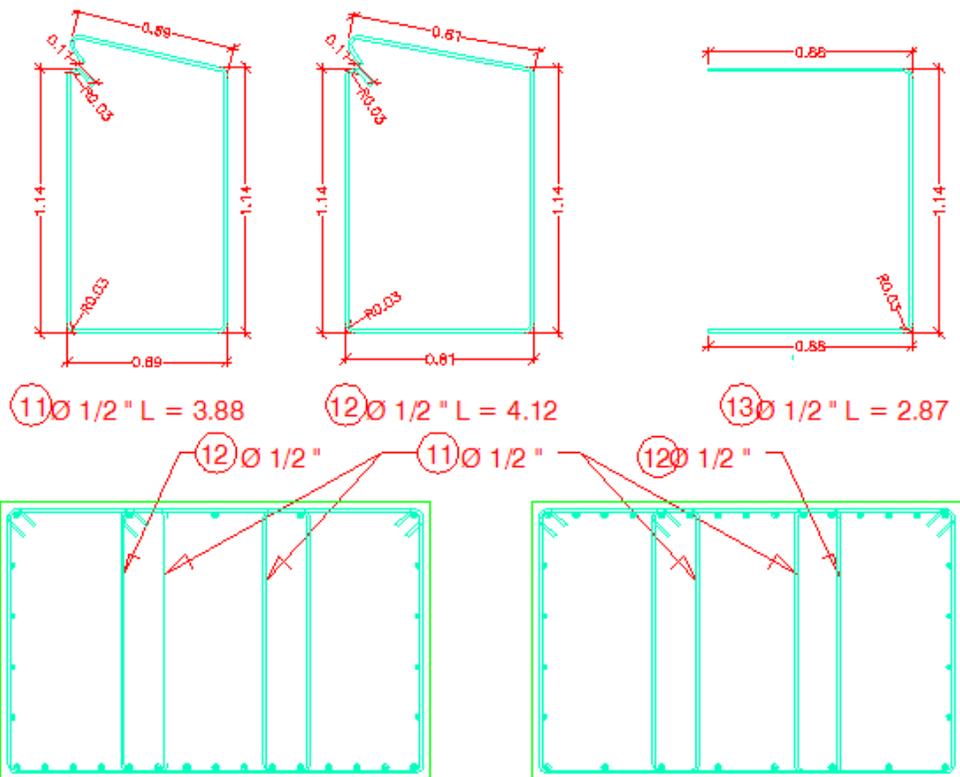


FOTO 25. Suministro del concreto durante una fundicion

Para la realización de esta viga fue necesario el uso de un andamio de carga que garantizara el soporte. Estos soportes se alquilaron y colocaron rápidamente gracias a su fácil armado, sus planos se pueden observar en la sección correspondiente a la viga izquierda. La fundición se realizo por medio de carros mezcladores sin bombeo pues por medio de carretillas se transporto desde la vía a la viga sobre andamios de guadua y tabla.



REFUERZO DE LA VIGA SUPERIOR



RECUBRIMIENTO 0.03
 SECCIÓN B - B SECCIÓN C - C

REFUERZO DE LA VIGA SUPERIOR

GRAFICAS 19 y 20. Refuerzos de la viga derecha



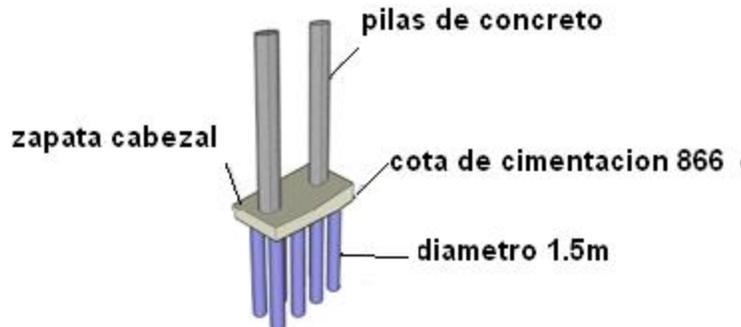
FOTOS 26 Y 27. Refuerzo y formaleta de la viga derecha



FOTO 28. Viga derecha

3.2.4 PILA Y ESTRIBO DE LA MARGEN IZQUIERDA

Considerando que la roca en el sitio de la pila se registra aproximadamente a 8.0 metros de profundidad, se recomendó cimentarla sobre pilares de cimentación fundidos en la roca. El estribo debió cimentarse también con caissons excavados hasta la roca. En cuanto a los asentamientos esperados, tanto en la pila de la margen derecha, como en la pila de la margen izquierda, son despreciables.



GRAFICA 21. Caissons

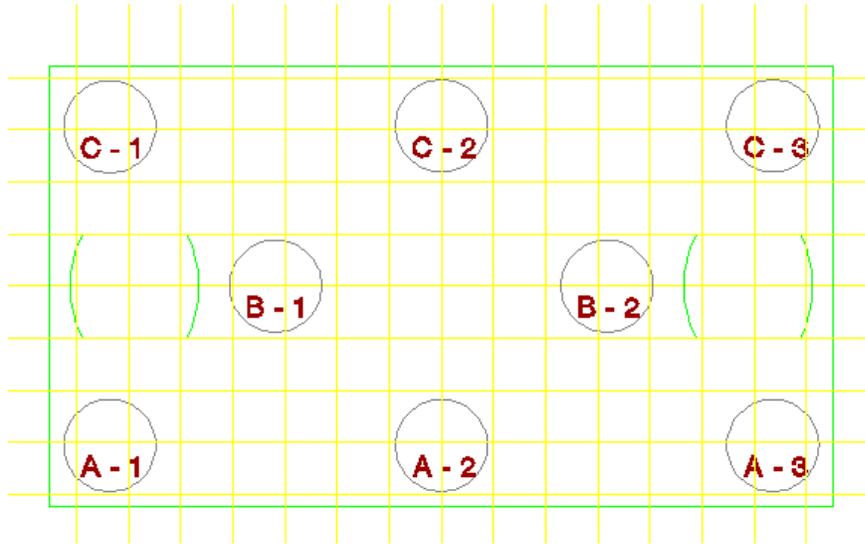
PILOTES PILA IZQUIEDA

LISTA DE MATERIALES						
CONJN Cant	POS	CANT	DESCRIPCION	PESO		
				kg/m	kg/c/u	TOTAL kg
PILOT	3	192	VARILLA \varnothing 1 1/4" Long.=9.00	6.41	57.69	11076.48
	3D	192	VARILLA \varnothing 1 1/4" Long.=5.69	6.41	36.47	7002.80
	20	280	ESPIRAL \varnothing 1/2" Long.=12.00	1.00	12.00	3360.00
PESO TOTAL PLANO					21439.28	

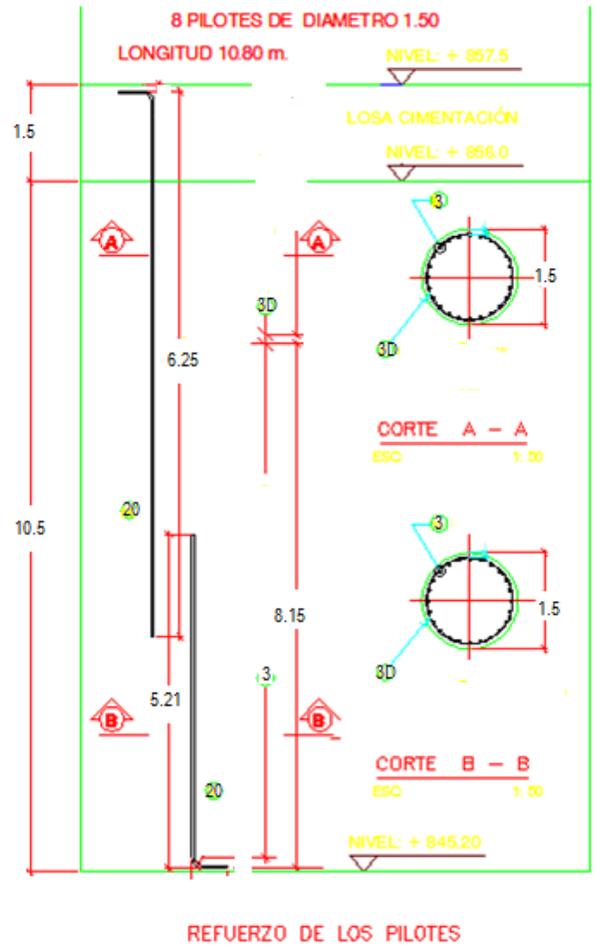
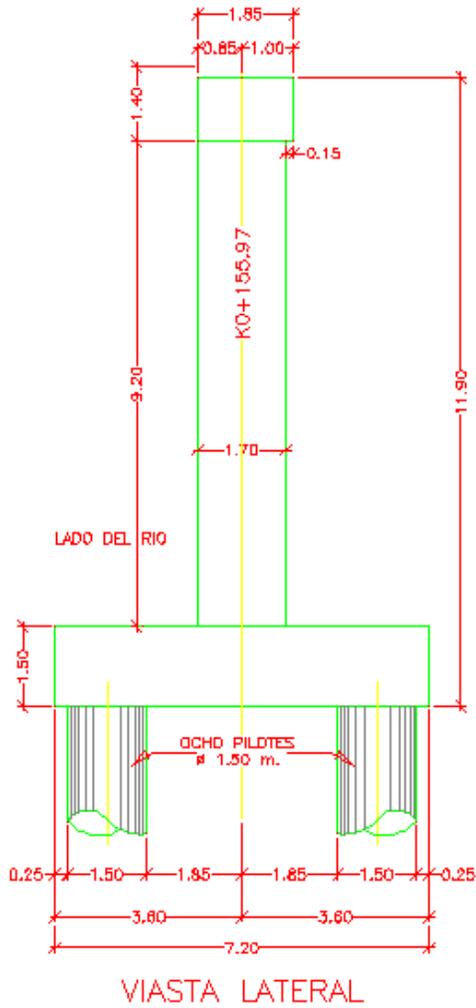
CUADRO DE CANTIDADES DE CONCRETOS

Volumenes de concretos $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (21 MPa)	152.7
---	-------

TABLA 9



GRAFICA 22. Ubicación de los caissons del lado izquierdo



GRAFICAS 23 Y 24. Vista lateral y refuerzo de los caissons

PILA IZQUIERDA

LISTA DE MATERIALES						
CONIN Cant	POS	CANT	DESCRIPCION	PESO		
				kg/m	kg/c/u	TOTAL kg
LOSA						
COLUM	3	72	_VARILLA \varnothing 1 1/4" Long.=9,00	6,41	57,69	4153,68
	3B	36	_VARILLA \varnothing 1 1/4" Long.=5,59	6,41	35,83	1289,95
	3C	36	_VARILLA \varnothing 1 1/4" Long.=5,11	6,41	32,76	1179,18
	4	18	_VARILLA \varnothing 3/4" Long.=9,15	2,24	20,50	368,93
	5	10	_VARILLA \varnothing 1/2" Long.=9,15	1,00	9,15	91,50
	6	570	_VARILLA \varnothing 1/2" Long.=4,59	1,00	4,59	2616,30
	7	285	_VARILLA \varnothing 1/2" Long.=4,22	1,00	4,22	1202,70
	8	64	_VARILLA \varnothing 3/4" Long.=2,77	2,24	6,20	397,11
	9	64	_VARILLA \varnothing 1/2" Long.=2,74	1,00	2,74	175,36
	10	1370	_VARILLA \varnothing 1/2" Long.=1,76	1,00	1,76	2411,20
VIGA	11	44	_VARILLA \varnothing 1/2" Long.=3,88	1,00	3,88	170,72
	12	22	_VARILLA \varnothing 1/2" Long.=4,12	1,00	4,12	90,64
	13	10	_VARILLA \varnothing 1/2" Long.=2,87	1,00	2,87	28,70
	14	15	_VARILLA \varnothing 1" Long.=8,00	3,97	31,76	476,40
	15	16	_VARILLA \varnothing 1" Long.=4,23	3,97	16,79	268,69
	16	30	_VARILLA \varnothing 1" Long.=5,96	3,97	23,66	709,84
	17	5	_VARILLA \varnothing 1" Long.=5,34	3,97	21,20	106,00
	18	8	_VARILLA \varnothing 3/4" Long.=9,00	2,24	20,16	161,28
	18A	8	_VARILLA \varnothing 3/4" Long.=4,73	2,24	10,60	84,76
PESO TOTAL PLANO						

CUADRO DE CANTIDADES DE CONCRETOS

Volumenes de concretos $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (21 MPa) Para solados	6.0
Volumenes de concretos $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ (28 MPa) Para zapatas, columnas y viga	223.9

TABLA 10

Considerando que la roca en el sitio de la pila se registra aproximadamente a 8.0 metros de profundidad, se recomendó cimentarla sobre pilares de cimentación fundados en la roca. El estribo debió cimentarse también con pilares excavados hasta la roca. En cuanto a los asentamientos esperados, tanto en la pila de la margen derecha, como en la pila de la margen izquierda, son despreciables.



FOTO 29. Caisson desde adentro

El estrato de cimentación de los caisson es la roca arenisca o limolita, registrada a partir de la cota 856 m en la pila de la margen derecha y a partir de la cota 848m en la pila de la margen izquierda.

En el estribo derecho para llegar al nivel de inicio de construcción de los caisson del estribo derecho se encontró piedra de gran tamaño las cuales se hizo necesario la utilización de explosivos para removerlas.



FOTO 30. Caisson por dentro



FOTO 31 Excavación con cincel y porra caisson A2

Para la pila izquierda se acordó una longitud de los caissons de 10.8mts de profundidad.

Durante las excavaciones de los caissons de las estructuras de cimentación del lado derecho del puente y de la zapata, se generaron residuos de excavación que inevitablemente fueron a parar a las orillas del Río Páez, ocasionando colmatación del cauce del Río en dichas zonas. Esta labor no es permitida y se debió hacer las correcciones respectivas para evitar más sedimentación del lecho del Río.

Estos pilares de cimentación pre-excavados como ya se dijo se pudieron construir manualmente siguiendo el método Indio de anillos protectores. El fondo de la excavación de los pilares quedo en roca sana.

Para su fundición fue de gran importancia el uso del teleférico, pues gracias a este aparato fue posible transportar el concreto desde los mixers que se encontraban en la margen derecha hasta la margen izquierda de forma eficiente.

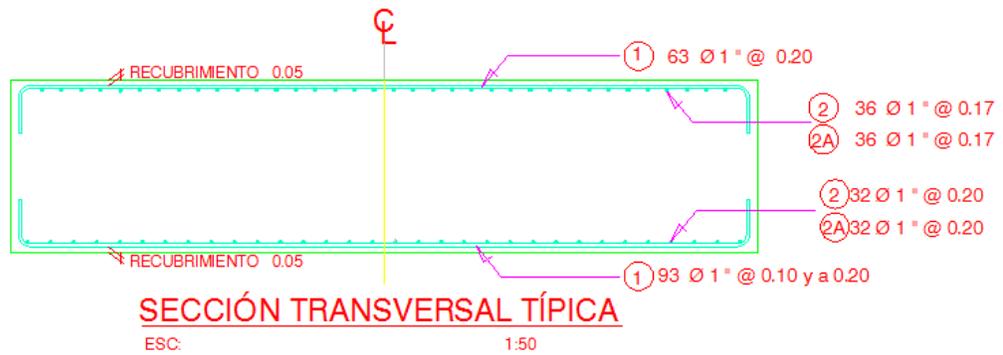
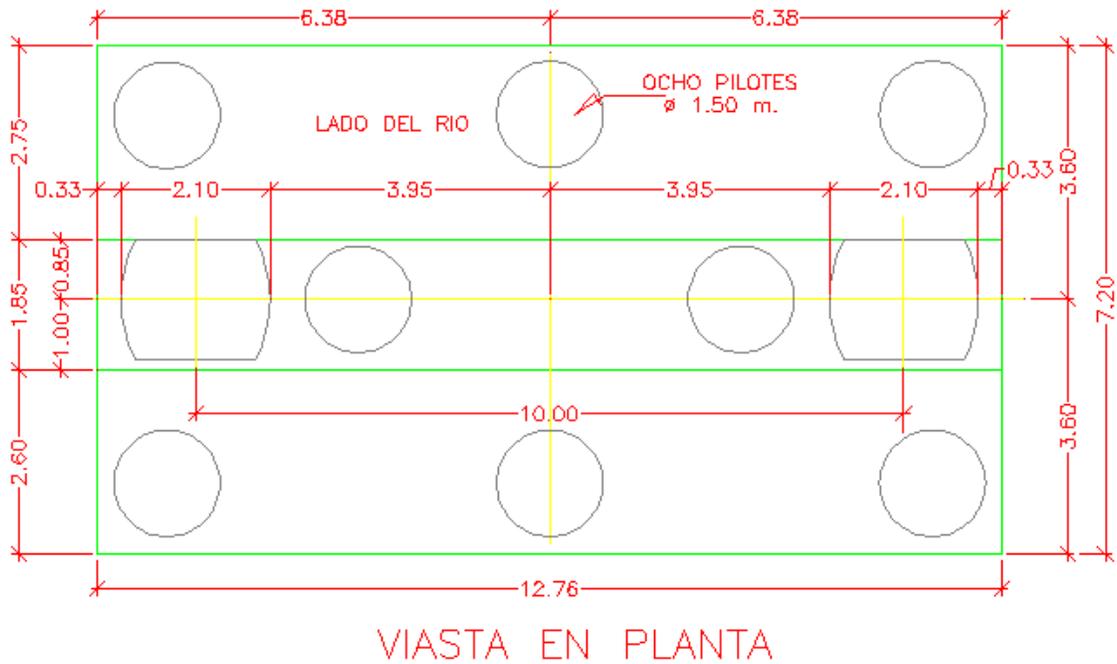


FOTOS 32 Y 33. Construcción de los caissons



FOTOS 34, 35 Y 36. Proceso constructivo de los caissons

Para la fundición de la zapata izquierda al igual que para los caissons el uso teleférico fue de gran importancia, pues gracias a este método de transporte de material se pudo realizar la fundición de forma rápida y económica.



GRAFICAS 25 Y 26. Vista en planta de la zapata izquierda y sección transversal del refuerzo de la zapata

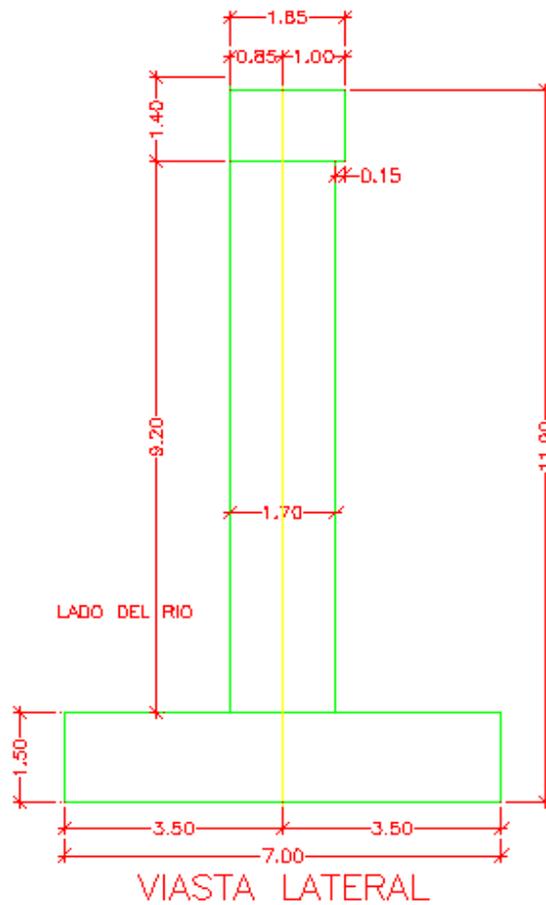
La fundición de las seis secciones de las dos columnas se realizó con mezcladora pues el ingeniero residente consideró más económico este método que el uso de los mixers a pesar de requerir más tiempo, además el teleférico durante este tiempo estuvo ocupado con el montaje del arco metálico sobre la pila derecha.



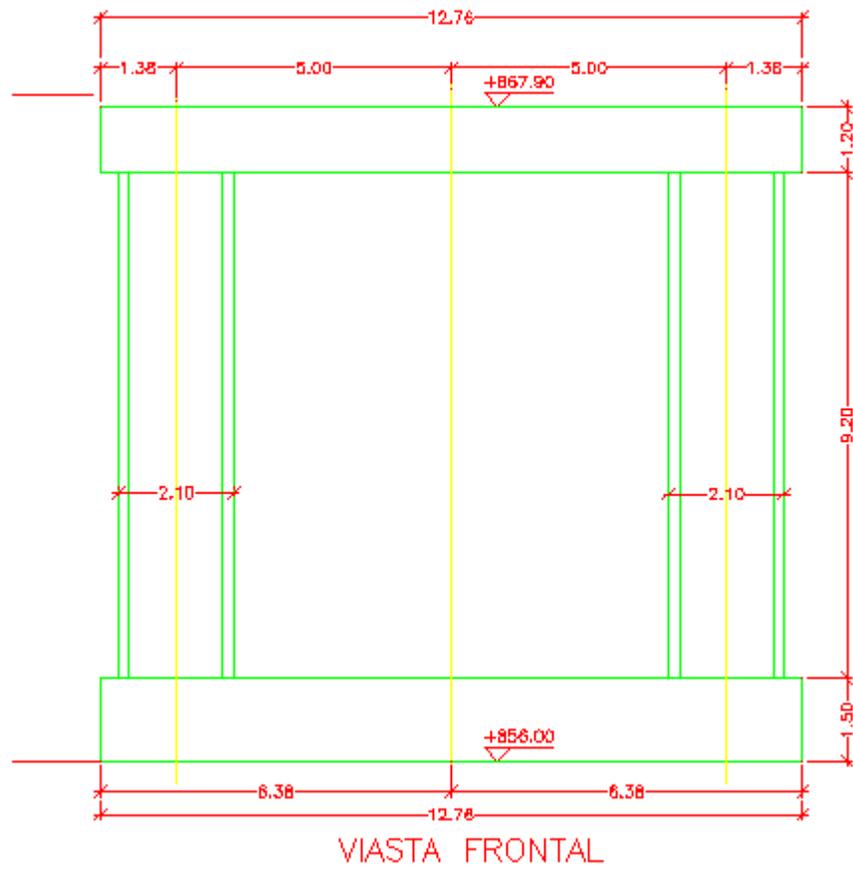
FOTOS 37 Y 38. Refuerzo de la zapata izquierda y su fundición



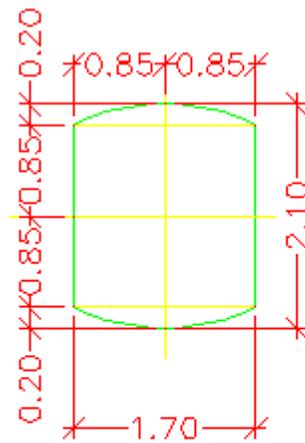
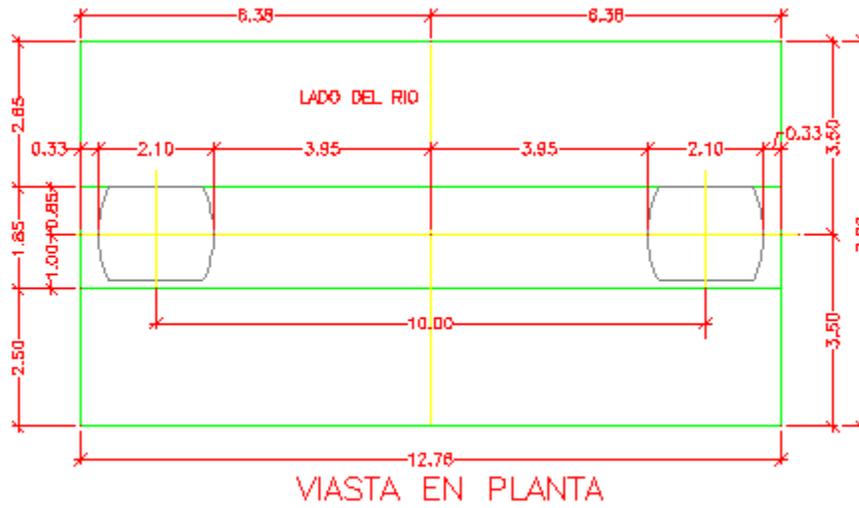
FOTO 37. Construcción de la sección tres de la columna del lado izquierdo



GRAFICA 27 Dimensiones pila izquierda

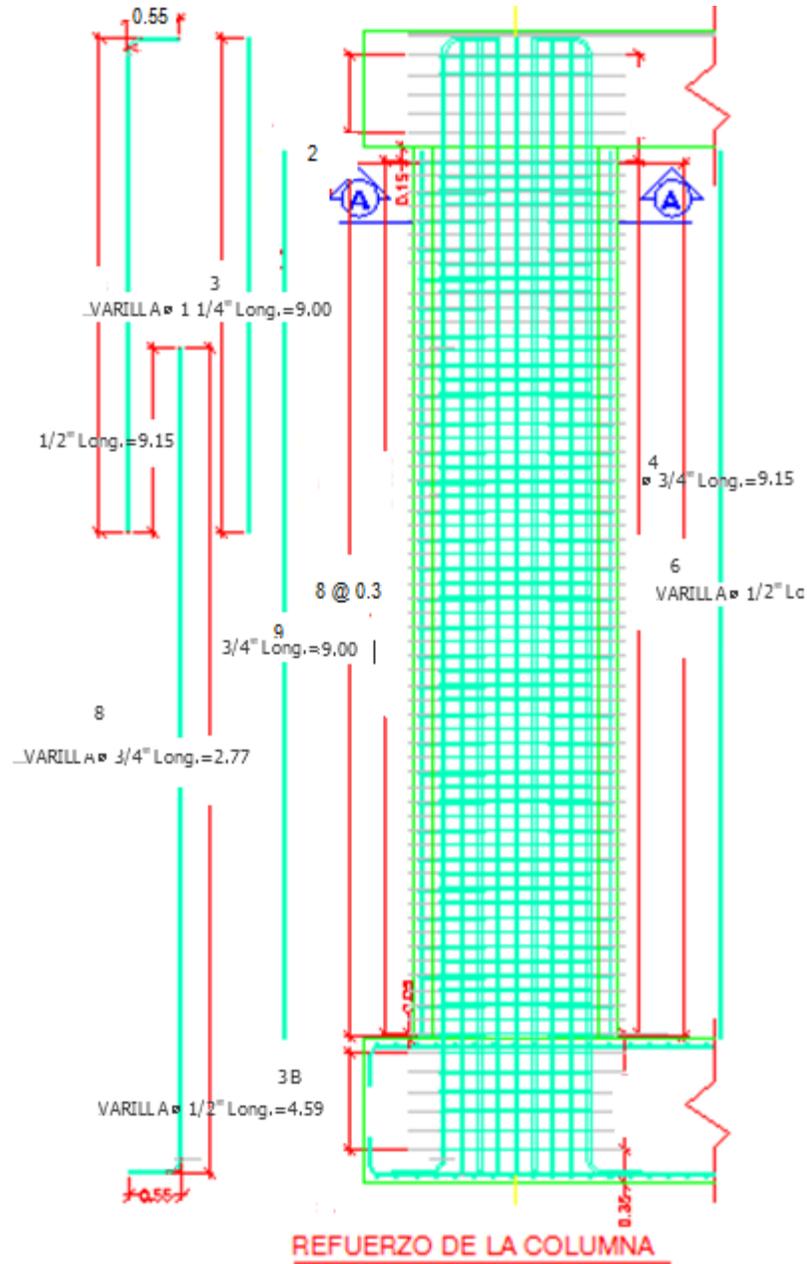


GRAFICA 28. Vista frontal de la columna izquierda



SECCION DE LA COLUMNA

GRAFICAS 29 y 30. Vista en planta de la zapata izquierda y sección transversal de la columna



GRAFICA 31. Refuerzo de la columna izquierda

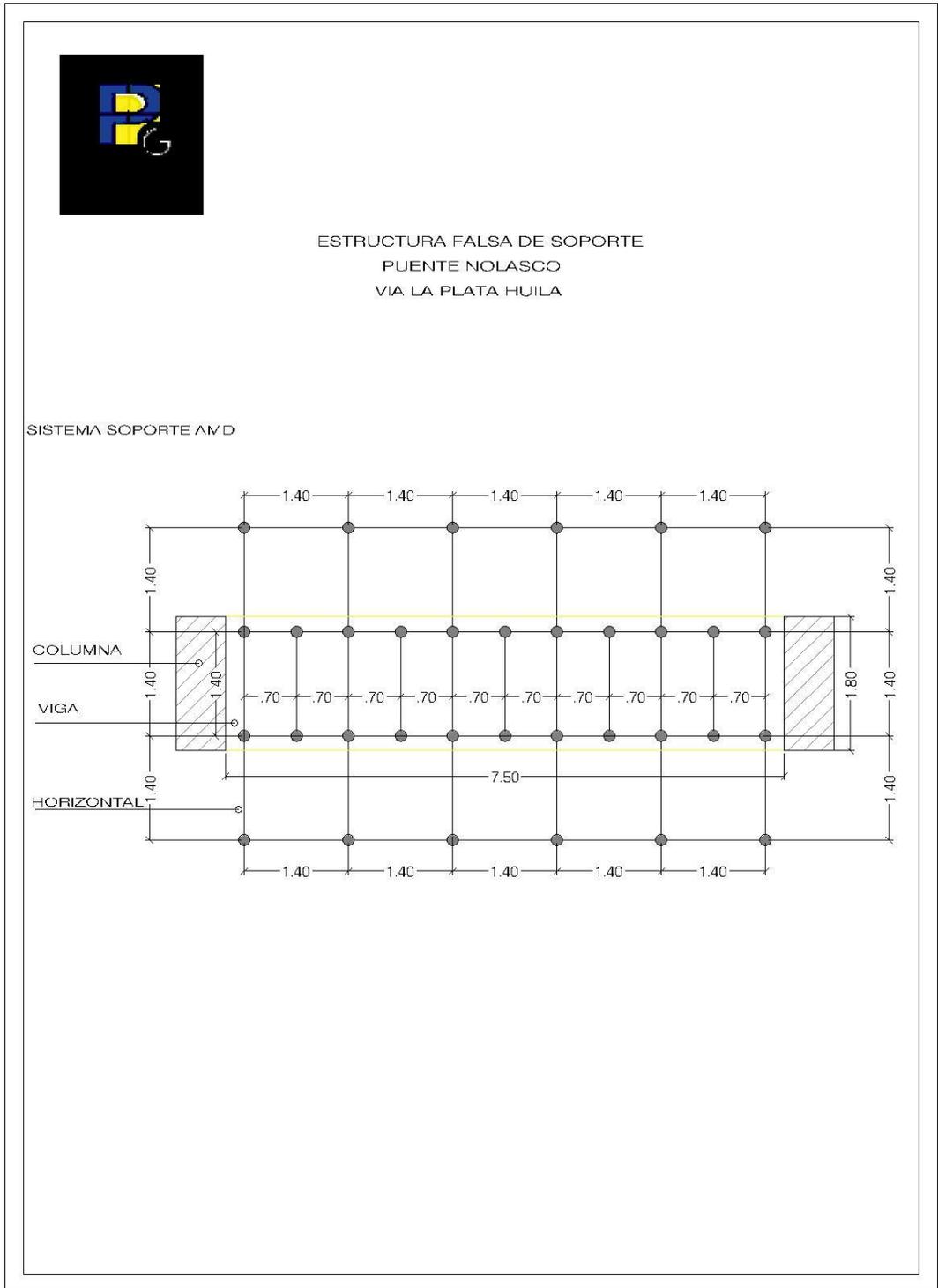
3. 2. 5 CONSTRUCCIÓN VIGA IZQUIERDA

Para la fundición de la viga se utilizo mixer y el teleférico para transportar el material de la margen derecha a la izquierda. Este método de acarreo de material nos muestra como las condiciones particulares de la obras son las que en última instancia nos obligan a utilizar los conocimientos adquiridos en la Universidad tan solo como una herramienta para afrontar con eficiencia la realidad del trabajo en campo.

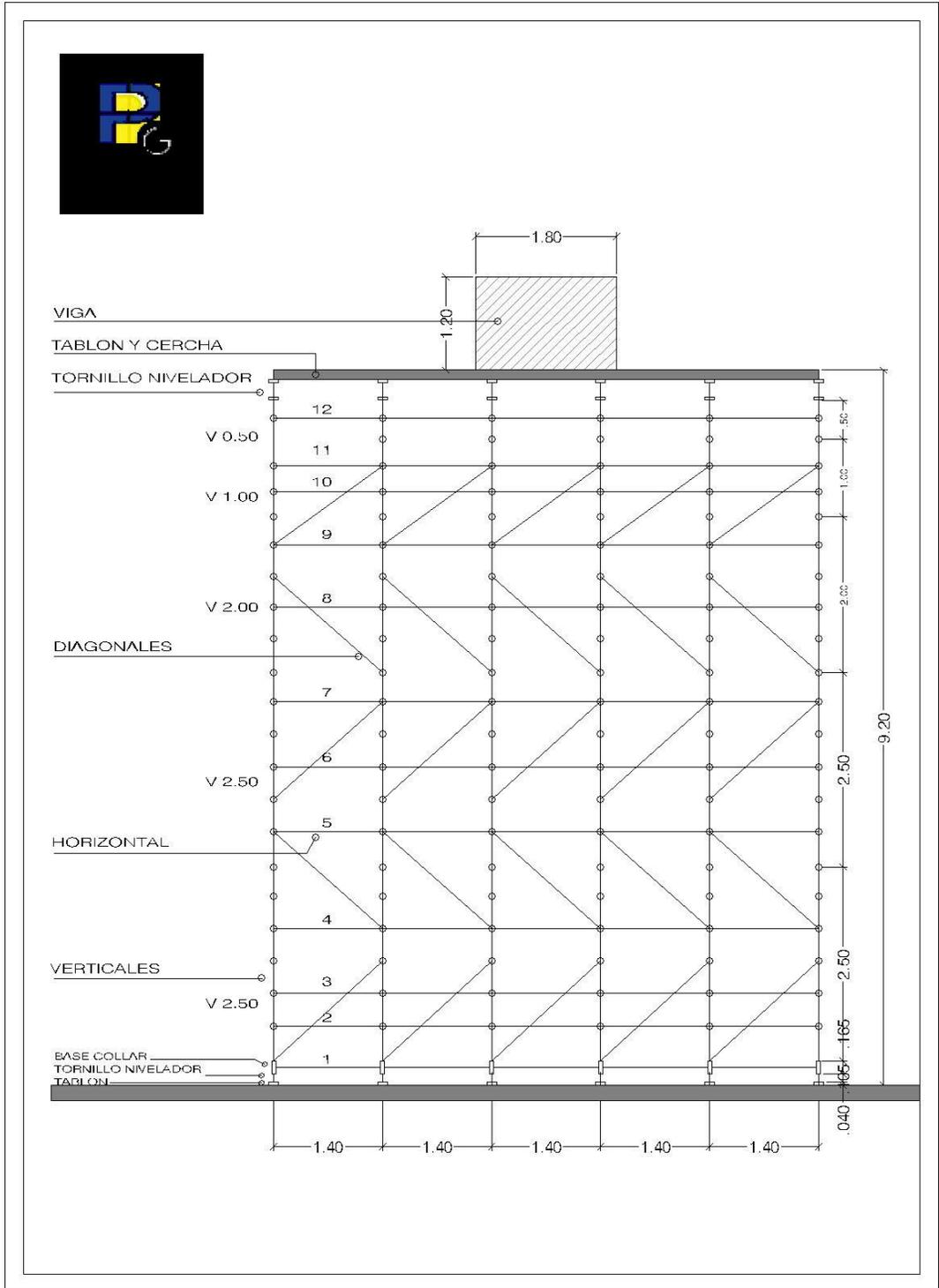


FOTOS 38 Y 39. Viga izquierda

A continuación se muestran los planos de los andamios de cargas utilizados para la construcción de las vigas.



GRAFICA 32. Vista en planta del andamio de carga

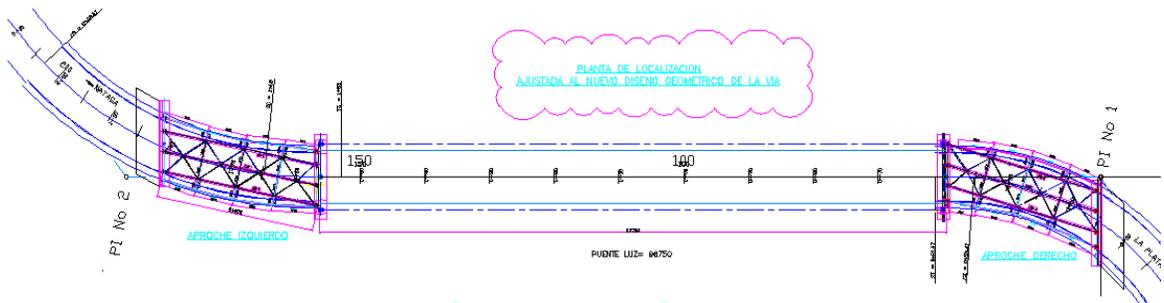


GRAFICA 33. Vista frontal del andamio de carga

3. 2. 6 CONSTRUCCIÓN DE LAS LOSAS

Las losas son elementos estructurales bidimensionales, en los que la tercera dimensión es pequeña comparada con las otras dos dimensiones básicas. Las cargas que actúan sobre las losas son esencialmente perpendiculares al plano principal de las mismas, por lo que su comportamiento está dominado por la flexión.

A la losa central se le realizo formaleta en madera y guadua lo cual genero un sobrecosto de casi 5 millones de pesos comparado con el steel deck el cual fue usado en los apoyos evidenciando la eficiencia y economía de este método constructivo el cual evita la desencofrado que en el caso de la losa central requiere de un personal calificado y de un tiempo considerable, siendo esta la causa del sobrecosto generado.



GRAFICA 34. Vista en planta de la losa

LOSA PUENTE EN ARCO 96 m.

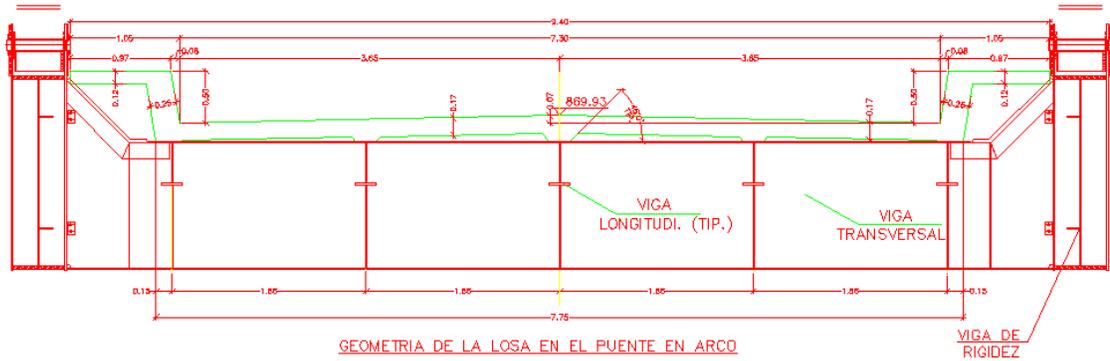
LISTA DE MATERIALES

CONJUNTO	POS	CANT	DESCRIPCION	PESO			
				kg/m	kg/u/lr	TOTAL kg	
LOSA ARCO	15	484	∅ 1/2" Long.=1.80	1.00	1.80	871.20	
	16	871	∅ 5/8" Long.=8.40	1.55	13.02	11340.42	
	17	386	∅ 1/2" Long.=7.74	1.00	7.74	2987.64	
	18	484	∅ 1/2" Long.=1.10	1.00	1.10	532.40	
	19	484	∅ 1/2" Long.=1.15	1.00	1.15	558.60	
	20	484	∅ 1/2" Long.=0.56	1.00	0.56	271.04	
	21	407	∅ 1/2" Long.=9.00	1.00	9.00	3663.00	
	21A	37	∅ 1/2" Long.=4.60	1.00	4.60	170.20	
	22	220	∅ 5/8" Long.=9.00	1.55	13.95	3069.00	
	22A	20	∅ 5/8" Long.=6.20	1.55	9.61	192.20	
	PESO TOTAL LOSA ARCO					23653.70	

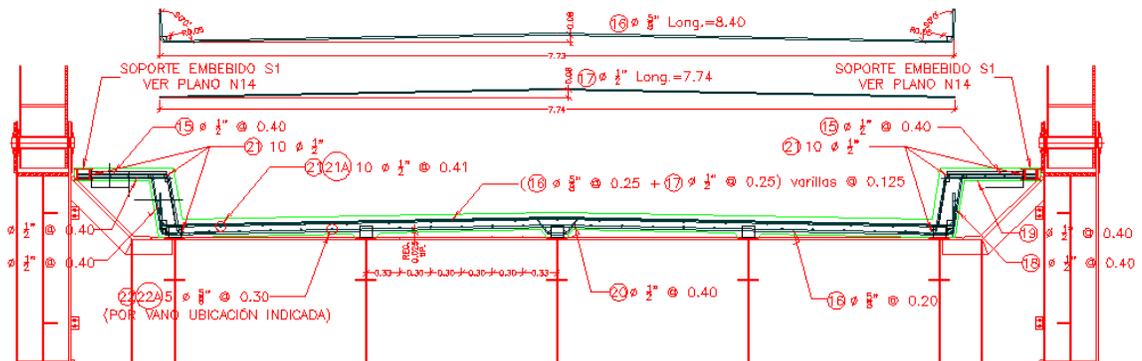
CUADRO DE CANTIDADES DE CONCRETOS

Volumenes de concretos $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ (28 MPa) Para losa del arco 96 m.	174.0
--	-------

TABLA 10



GRAFICA 35. Corte frontal de la losa central



GRAFICA 36. Refuerzo de la losa central

LOSAS APROCHES

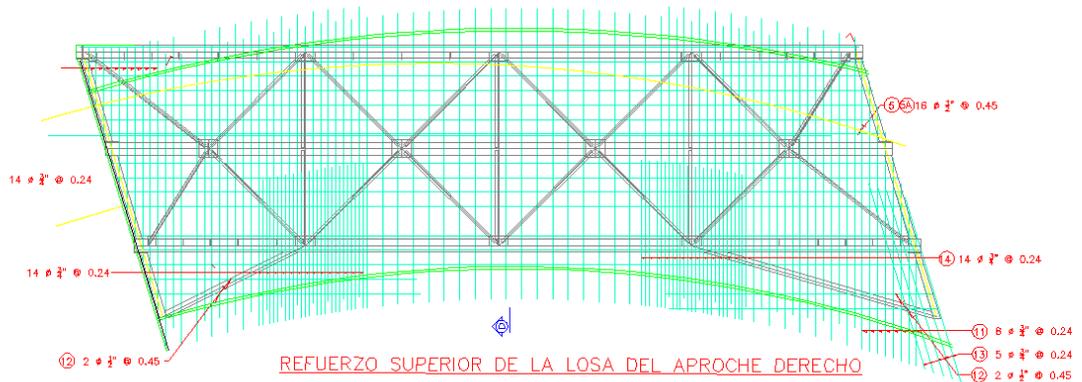
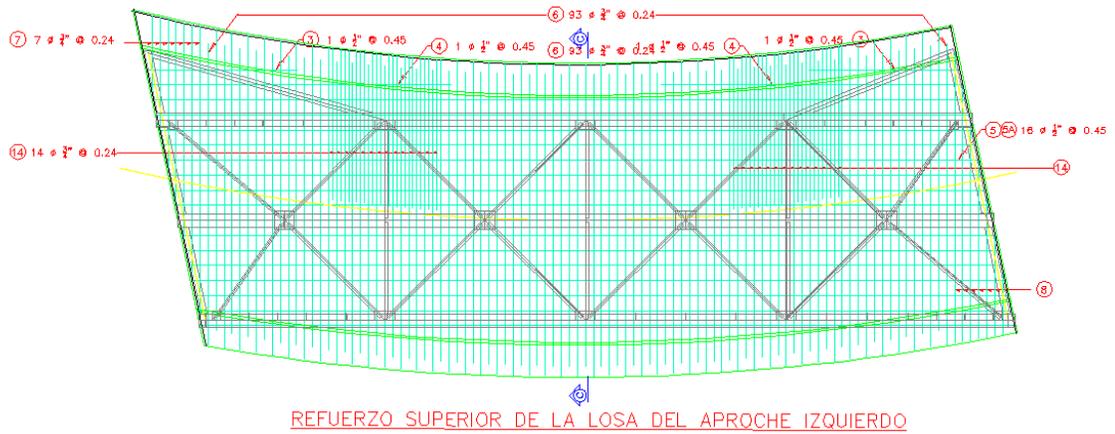
LISTA DE MATERIALES

CONJUN Cant	POS	CANT	DESCRIPCION	PESO		
				kg/m	kg/c/u	TOTAL kg
LOSA	1	247	∅ 1/2" Long.=3.23	1.00	3.23	797.81
	2	84	∅ 1/2" Long.=9.00	1.00	9.00	578.00
	2A	8	∅ 1/2" Long.=8.00	1.00	8.00	64.00
	2B	16	∅ 1/2" Long.=7.70	1.00	7.70	123.20
	2C	8	∅ 1/2" Long.=8.80	1.00	8.80	70.40
	3	4	∅ 1/2" Long.=4.50	1.00	4.50	18.00
	4	4	∅ 1/2" Long.=9.00	1.00	9.00	36.00
	5	68	∅ 1/2" Long.=9.00	1.00	9.00	612.00
	5A	34	∅ 1/2" Long.=7.60	1.00	7.60	258.40
	6	366	∅ 3/4" Long.=9.00	2.24	20.16	7378.56
	7	2	∅ 3/4" Long.var.=38.67 (ver tabla)	2.24	86.62	173.24
	8	2	∅ 3/4" Long.var.=37.45 (ver tabla)	2.24	83.89	167.78
	9	72	∅ 5/8" Long.=9.00	1.55	13.95	1004.40
	9A	36	∅ 5/8" Long.=7.90	1.55	12.25	441.00
	10	2	∅ 3/4" Long.var.=49.15 (ver tabla)	2.24	110.10	220.19
	11	2	∅ 3/4" Long.var.=52.52 (ver tabla)	2.24	117.64	235.29
	12	8	∅ 1/2" Long.=8.38	1.00	8.38	66.88
	13	10	∅ 3/4" Long.=6.00	2.24	13.44	134.40
	14	56	∅ 3/4" Long.=4.50	2.24	10.08	564.48
PESO TOTAL PLANO						12942.03

CUADRO DE CANTIDADES DE CONCRETOS

Volumenes de concretos f _c = 280 kg/cm ² (28 MPa) Para losa de los aproches	120.0
---	-------

TABLA 11



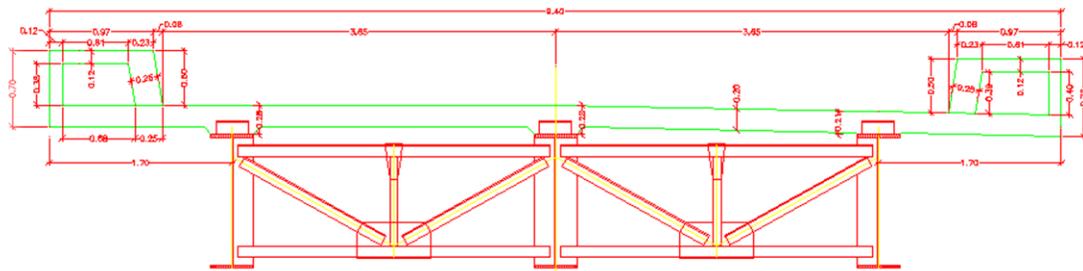
GRAFICAS 37 y 38. Vista en planta del refuerzo de los aproches

CUADRO DE CANTIDADES DE CONCRETOS

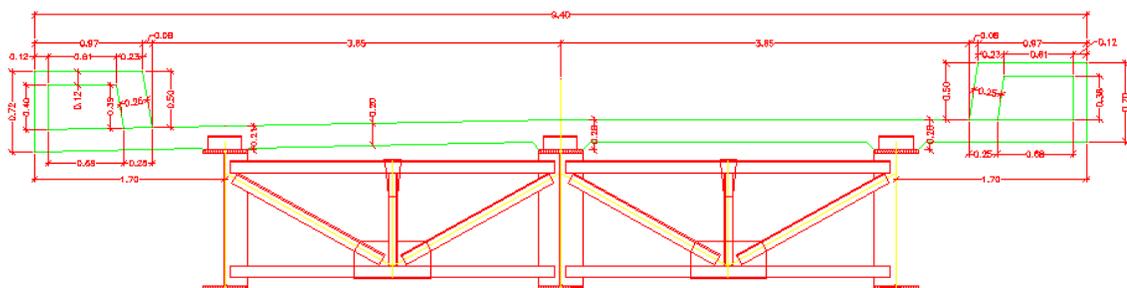
Volumenes de concretos $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ (28 MPa) Para losa de los apoyos 120.0

VARILLAS DE LONGITUDES VARIABLES											
POS	CANT	LONG	POS	CANT	LONG	POS	CANT	LONG	POS	CANT	LONG
7a	2	2.32	8a	2	1.85	10a	2	1.27	11a	2	4.07
7b	2	3.39	8b	2	3.02	10b	2	2.08	11b	2	4.78
7c	2	4.48	8c	2	4.15	10c	2	2.89	11c	2	5.50
7d	2	5.52	8d	2	5.35	10d	2	3.70	11d	2	6.21
7e	2	6.59	8e	2	6.52	10e	2	4.51	11e	2	6.92
7f	2	7.68	8f	2	7.68	10f	2	5.32	11f	2	7.63
7g	2	8.73	8g	2	8.85	10g	2	6.13	11g	2	8.35
						10h	2	6.94	11h	2	9.06
						10i	2	7.75			
						10j	2	8.56			
sumas		38.67			37.45			49.15			52.52

TABLA 12

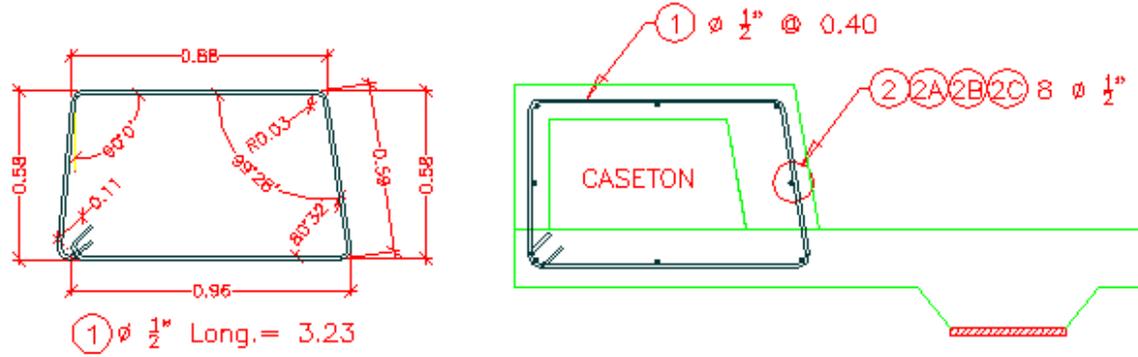


GEOMETRIA DE LA LOSA EN EL APROCHE IZQUIERDO



GEOMETRIA DE LA LOSA EN EL APROCHE DERECHO

GRAFICAS 39 y 40. Geometría de la losa en los apoyos



REFUERZO DEL ANDEN

GRAFICA 41. Refuerzo del andén



FOTO 40. Aproche derecho

3. 2. 7 REMOCIÓN DE LAS FORMALETAS Y DE LA OBRA FALSA



FOTO 41. Formaleta en la columna derecha

El tiempo de remoción de formaletas y obra falsa estaba condicionado por el tipo y localización de la estructura, el curado, y otros factores que afectasen el endurecimiento del concreto. Como las operaciones de campo fueron controladas por ensayos de resistencia de cilindros de concreto, la remoción de formaletas y demás soportes se pudo efectuar al lograrse las resistencias fijadas en el diseño. Los cilindros de ensayo se curaron bajo condiciones iguales a las más desfavorables de la estructura que representan. La remoción de formaletas y soportes se hizo cuidadosamente y en forma tal, que permitiese al concreto tomar gradual y uniformemente los esfuerzos debidos a su peso propio.

3. 2. 8 ACABADO

Todas las superficies de concreto recibieron un acabado inmediatamente después del retiro de las formaletas.



FOTO 42. Acabado en las columnas

3. 2. 9 ACABADO ORDINARIO

Inmediatamente después de remover las formaletas, toda la rebaba y salientes irregulares de la superficie del concreto se cincelaban a ras de la superficie. Todos los alambres y varillas que sobresalieran se cortaron, cuando menos cinco milímetros (5 mm) bajo la superficie. Todas las cavidades pequeñas se limpiaron cuidadosamente, saturaron con agua y rellenaron con un mortero compuesto por una (1) parte de cemento Portland y dos (2) de arena, el cual era completamente apisonado en su lugar. En caso de cavidades mayores, se aplicó una capa delgada de pasta de cemento puro antes de colocar el mortero de relleno. Todos los remiendos debieron mantenerse húmedos por un periodo no menor de cinco (5) días. Para el relleno de cavidades grandes o profundas se incluyó agregado grueso en el mortero de relleno. Todas las juntas de construcción y de dilatación en la obra terminada se dejaron cuidadosamente trabajadas y

quedaron sin restos de mortero y concreto. El relleno de las juntas quedó con los bordes limpios en toda su longitud.

3. 2. 10 ACABADO DEL PISO DEL PUENTE



FOTO 43. Puente Nolasco sin estribos

Se aseguro que la superficie de concreto fuese correctamente nivelada para que presentase las pendientes transversales indicadas en los planos del proyecto. Como el piso del puente se iba a usar como capa de rodadura, se sometió a las operaciones de acabado descritas en el Artículo 500 de de las especificaciones de construcción de carreteras del Instituto Nacional de Vías, para los pavimentos de concreto hidráulico.



FOTO 45. Piso del puente

3. 2. 11 ACABADO DE ANDENES DE CONCRETO



FOTO 46. Construcción de los andenes

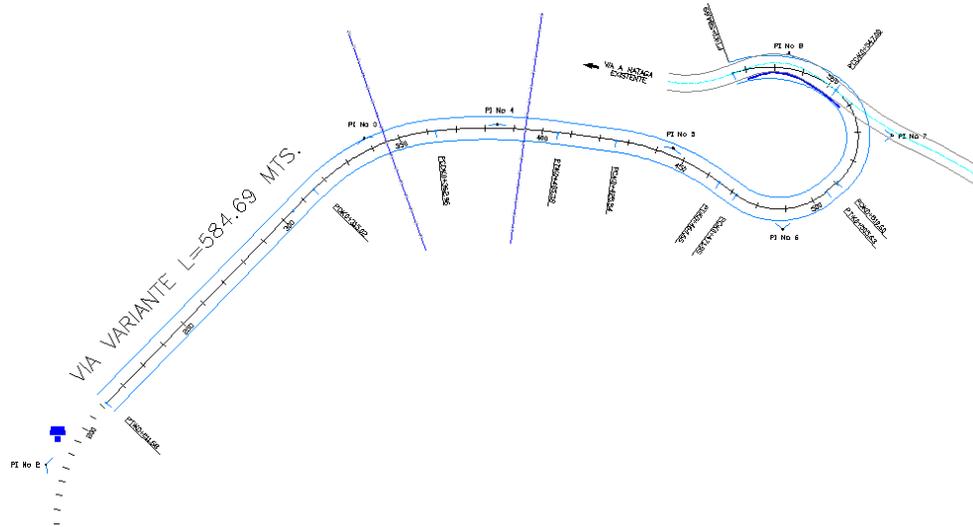
El concreto colocado y compactado se aliso con equipo similar al empleado en los pavimentos de concreto hidráulico. Los bordes y las juntas de dilatación se acabaron con una herramienta apropiada para ello. Se garantizó que la textura no fuese resbaladiza cuando la superficie este mojada. Curado Inmediatamente después del retiro de las formaletas y del acabado de las superficies, el concreto se sometió a un proceso de curado, según el tipo de cemento utilizado y las condiciones climáticas del lugar. En general, los tratamientos de curado se mantuvieron por un periodo no menor de catorce (14) días después de terminada la colocación de la mezcla de concreto. Se tomaron todas las precauciones necesarias para proteger el concreto fresco contra las altas temperaturas y los vientos que puedan causar un secado prematuro y la formación de agrietamientos superficiales. se colocaron cortinas protectoras contra el viento hasta que el concreto hubiese endurecido lo suficiente para recibir el tratamiento de curado. Al terminar la obra, y antes de la aceptación final del trabajo, se retiraron del lugar toda obra falsa, materiales excavados o no utilizados, desechos, basuras y construcciones temporales, restaurando en forma aceptable para el Interventor, toda propiedad que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo y dejar el lugar de la estructura limpio y presentable.

Todas las labores de ejecución de obras de concreto estructural se realizaron teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.



FOTO 47. Puente de Nolasco

3. 3 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO TIPO FLEXIBLE PARA ACCESO A PUENTE SOBRE RIO PAEZ, PUERTO NOLASCO LADO NORTE



GRAFICA 42. Vista en planta de la vía variante

Para la puesta en servicio del puente, se hizo necesario construir una vía tipo variante que servirá de acceso al ponteadero, y se unirá a la vía existente que conduce a la población de Nataga. Como se dijo anteriormente, el terreno es montañoso a escarpado en ambos flancos del río. Su costado norte se caracteriza por la presencia de un estrato tipo conglomerado compuesto básicamente por material grueso en matriz fina limo arenosa y un apreciable contenido de bloques y fragmentos de roca.

La construcción de pavimentos flexibles es muy exigente; por esta razón se debe aplicar un control de calidad al diseño, fabricación y construcción de los mismos. Los daños en los pavimentos flexibles se deben a múltiples causas, entre las cuales se encuentran las debidas a la mala calidad de las mezclas asfálticas, ocasionadas por fallas en los procesos industriales de su fabricación o a los materiales usados en la producción de las mismas, ya sean los agregados o los ligantes. Una de las causas más incidentes en la calidad de los pavimentos está asociada a diferenciales de temperatura en las mezclas, encontrando que la falta de homogeneidad de la temperatura en ellas, genera las principales fallas.



GRAFICA 43

Puente Puerto Nolasco. Y sector vial de aproximación demarcado en línea oscura

El corredor de esta vía es de aspecto estable, con algunos focos de agua aislados, vegetación montana y algunos cultivos de pan coger. Su temperatura promedio los 26 a 29 °C.

Para la vía en cuestión se propuso construirle un pavimento tipo flexible de ancho 6.50 metros con cunetas revestidas y su proyección de obras de drenaje como complemento al buen uso y diseño de la estructura del pavimento.

Para el dimensionamiento de la estructura se debio tener en cuenta la calidad y el costo de las capas en tal forma que la estructura no solo se comporte bien estructural y mecánicamente sino que también sea económica. De ahí la importancia de saber las condiciones a las que va a estar expuesta la estructura, tales como condiciones de cargas, de agentes externos climáticos e hidrológicos, y condiciones de capacidad portante de la sub rasante, todo esto debe ser un conjunto integral que involucre un buen diseño, usar los materiales que realmente se necesiten y se adapten al proyecto, de hacer los controles y prevenciones respectivos en las etapas de recibo y manejo de materiales, diseñar y construir adecuadamente bajo las respectivas normas las estructuras extras que servirán para darle protección y durabilidad a todo el proyecto global, de manejar el equipo y mano de obra más adecuado, pero lo más importante es que todo concluya con los métodos más apropiados de construcción, en los que se deben hacer

controles de puesta de material, gradaciones adecuadas de estos, mantener los espesores de diseño, dar la compactación bajo las exigencia de la norma, con sus humedades optimas para colocación y compactación, llevar el manejo adecuado del material involucrado de la mezcla asfáltica, la cual debe ser mezclada y compactada a las temperaturas optimas, y con el equipo adecuado, y que se finalice con buenas actividades de mantenimiento a lo largo de la vida útil.



FOTO 47. Explanaciones en las vías de acceso

Explanación de la vía con una retroexcavadora y dos volquetas las cuales transportan material para el terraplén de la misma vía.

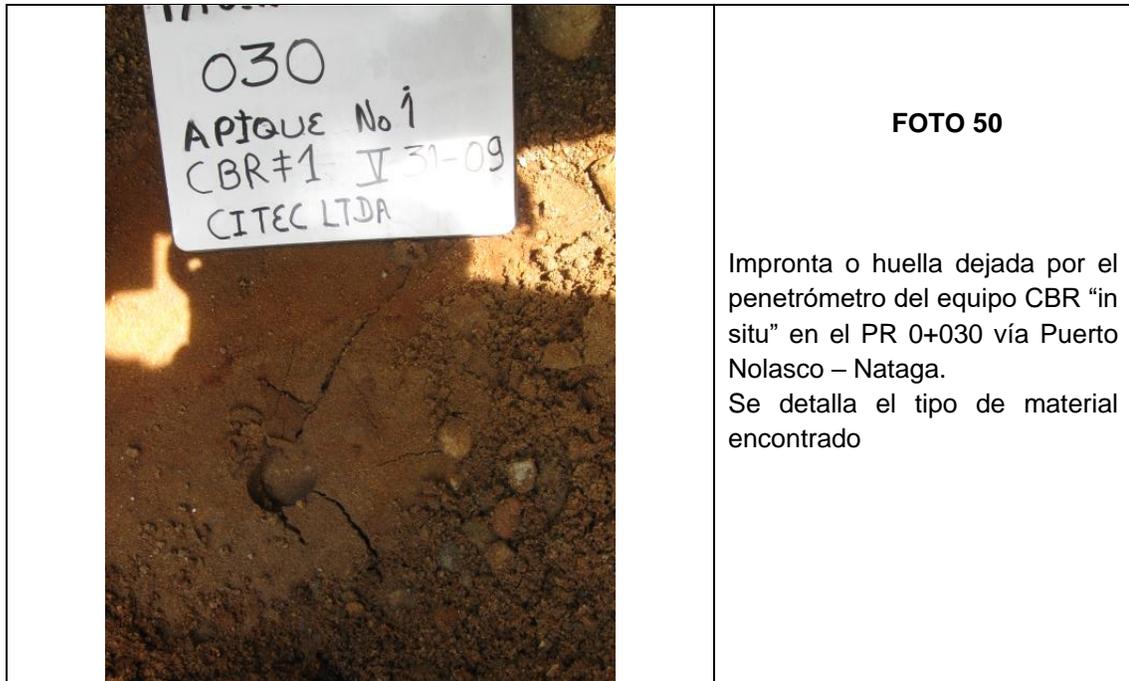
3. 3. 1 TRABAJOS DE CAMPO Y DE LABORATORIO PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO

El día 31 de mayo de 2009, se llevo a cabo la exploración y muestreo con equipo de perforación manual, en la que se destaca el equipo para la toma de CBR “in situ”.

	
Toma CBR inalterado en el PR 0+030	CBR "in situ" en el PR 0+447 vía Puerto Nolasco – Nataga.

FOTOS 48 Y 49

Se realizaron tres tomas de CBR INSITU, localizados a lo largo de los casi cuatrocientos cincuenta metros de vía que servirá como zona de transición entre el puente y la vía la cual se planea tener lista para finales de noviembre de 2009.



Por medio de los trabajos de exploración y muestreo realizados en esta zona, se puede describir la estratigrafía como sigue:

Roca sedimentaria con bajo porcentaje de consolidación, conformada por material aluvial, arenas y suelos finos limosos como parte del material de liga, dando una estructura de tipo conglomerática. Su naturaleza hace dificultosa la exploración geotécnica para llegar a la profundidad de exploración del subsuelo. De igual manera la referencia del CBR de esta vía se debe obtener con ensayos de CBR "in situ" mediante equipo de CBR de campo, debido a que no se puede hincar los moldes modificados para la toma inalterada del suelo y posterior ensayo de CBR en laboratorio. La interpretación del subsuelo se hace por métodos visuales de perfiles que aportan los cortes en la vía y las riveras del Rio Páez.

Las capas superficiales de la subrasante están conformadas por materiales gravo arenosos y granulares compactos en matrices limosas de colores que oscilan entre ocres, cafés y vinotintos. Se evidencia trazas de roca en estado de meteorización, conformados por bloques y fragmentos de roca.

Se realizaron pruebas de CBR INSITU, de donde se obtuvo resultados de capacidad de soporte del suelo con valores que toman 5.0% hasta 14% con estos valores se determinó el CBR de diseño, para la estructura definiéndose la capacidad de soporte mediante CBR del 6.8% (ver anexos gráfico de selección de CBR de diseño). No se detectó la presencia de agua en ninguno de los sondeos exploratorios.

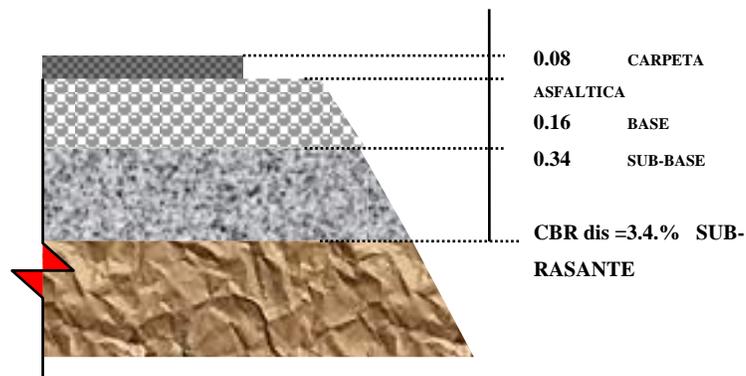
3.3. 2 DISEÑO DEL PAVIMENTO

Se definió una única unidad homogénea de diseño a lo largo de los casi 450m de longitud que sumaría la vía de acceso al puente por el costado norte, siendo su valor de diseño 6.8% de CBR, según evaluación de cada una de las muestras evaluadas con el CBR de campo en la etapa de exploración.

Desde el punto de vista del diseño del pavimento sólo tienen interés los vehículos pesados considerando como tales aquellos cuyo peso excede de 5 toneladas. Este tipo de vehículos coincide sensiblemente con los de 6 o más ruedas. Como no se contaba con un conteo de vehículos, se estimó que el tránsito de uso que utilizarían esta vía para comunicarse la población de Nataga y las poblaciones de La Plata, Neiva y el resto del País, el número de vehículos diarios es bajo donde para este diseño se estimó un número de ejes equivalentes de 800.000 de 8.2tn, proyectados a un periodo de diseño de veinte años. Se considera también que este número de vehículos transitan en ambas direcciones, es decir no se hace ningún tipo de consideración por distribución en carril.

La estructura se diseño utilizando el método AASHTO 93

GRAFICA 34 Detalle del refuerzo según alternativa para el pavimento vía lado norte Puente sobre Rio Páez Puerto Nolasco. Método AASHTO



4. CONCLUSIONES

- La sincronización y control para el correcto funcionamiento de los diferentes componentes de una obra son un requisito indispensable para lograr la función del ingeniero civil de la Universidad del Cauca, la cual es transformar el medio ambiente en beneficio de la sociedad.
- El suministro total de recursos oportunamente, el cumplimiento de plazos, la verificación de rendimientos y el uso de programas de ruta crítica es de vital importancia para el manejo correcto del factor tiempo.
- Para tener el control del cumplimiento del proyecto, es indispensable un detallado análisis y vigilancia de la aplicación de los procedimientos de construcción, verificando rendimientos y costo en general de la obra por medio de la aplicación de los precios unitarios pactados.
- El cumplimiento de todas las especificaciones del proyecto en cuanto a sus características y pruebas establecidas son un requisito y una garantía de calidad.
- Los parámetros costo y tiempo, en ocasiones, por necesidades de la obra, pueden ser susceptibles de modificarse o variar, sin embargo debemos pugnar porque esto no ocurra, y si llega a ocurrir por ningún motivo debe afectar la calidad. El concepto de calidad total o calidad integral se requiere para que las obras cumplan óptimamente el fin para las que fueron diseñadas dentro de los parámetros de servicio y funcionalidad. La calidad total o calidad integral debe servir para la prevención y no la corrección.
- Con el fin de cumplir con el proyecto, y que este tenga una calidad total, se utilizan, por lo general, tres tipos de especificaciones para un proyecto: de proyecto, de materiales y de diseño. Las especificaciones de proyecto, junto con los planos, suministra a los contratistas información completa referente a los requisitos precisos establecidos por el ingeniero para la estructura terminada.
- Debemos trabajar con una calidad integral, para un buen funcionamiento y mínima conservación, ya que con ello se pueden alcanzar los grandes objetivos fijados en los planes de desarrollo y que se traducen, en última instancia, en elevar la calidad de vida de los habitantes. La calidad

implica el estricto cumplimiento de las acciones bajo los parámetros clásicos de control de obras: tiempo-costo-calidad, enmarcados dentro del rubro de seguridad.

- Una estructura de pavimento debe ser durable, económica, segura, y cómoda. Este diseño de pavimento flexible busca cumplir con las consideraciones anteriormente expuestas; pero esto se logra siempre y cuando se tenga un cuidado con la buena selección y manejo de todos los materiales que integran tanto las capas granulares, como también los de la mezcla asfáltica, exigiendo un cumplimiento del 100% de las especificaciones contempladas en las normas de calidad de los materiales para carreteras del Instituto Nacional de Vías INVIAS, además el de llevar un control en la etapa de construcción a lo largo y ancho de todas las vías de acceso al puente sobre el Río Páez en Puerto Nolasco Huila.
- Para manejar la trabajabilidad sin aumento de agua el uso de aditivos es de gran ayuda, sin embargo es muy importante tener mucho cuidado con el fraguado, pues este tipo de aditivos pueden retardarlo y además modificar el asentamiento.
- El drenaje vial es fundamental en la vida del pavimento. Se localizará y diseñará las obras adecuadas tendientes a controlar el agua que pueda modificar las propiedades de cada una de las capas estructurales. De esta manera, es necesario inspeccionar y verificar el diseño de alcantarillas y sumideros, con el fin de evacuar en forma rápida y eficiente toda el agua que podría interferir en el buen funcionamiento mecánico de la estructura del pavimento.

5. BIBLIOGRAFIA

- “Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INSTITUTO NACIONAL DE VIAS” de 1996.
- “Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS” de 1996, actualizadas con la resolución No 002662 del 27 de junio de 2002.
- Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes año vigente, y de soldaduras AWS D 1.1 y WELDING CODE ANSI/AASHTO/AWS D.5-2002 DE LA AMERICAN WELDING SOCIETY.
- GUIAS DE DISEÑO PUENTE PEATONAL AASHTO.

6. ANEXOS

VARIABLES DE DISEÑO

- TRANSITO (N): 800000 ejes equivalentes.
- SERVICIABILIDAD (PSI).

Definida como la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro a los usuarios. Se expresa en términos de índice de serviciabilidad presente.

La serviciabilidad inicial que se estimo para este pavimento inmediatamente después de la construcción del mismo es de $PSI_0=4.2$, y se espera que al final del periodo de diseño y por las condiciones de uso se tenga una calificación del nivel de serviciabilidad de $PSI_f=2.0$.

Por lo tanto, se tiene que el cambio en la serviciabilidad es: $\Delta PSI=4.2-2.0=2.2$

- NIVEL DE CONFIABILIDAD (R).

El factor de confiabilidad del diseño tiene en cuenta las variaciones al azar, tanto en la predicción del tránsito como en la predicción del comportamiento y por lo tanto proporcionan un nivel de confianza (R) para que los tramos de pavimento sobrevivan al periodo por el cual fueron diseñados. Con el nivel de confiabilidad que se le dé al diseño, se obtienen valores de variación en la predicción del comportamiento del pavimento S_o y los valores de desviación estándar Z_r .

- RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE (MR).

El valor de CBR de la unidad homogénea, que conforma la vía a pavimentar que servirá como acceso al puente por el costado norte, tiene un valor de 6,8%.

Para el dimensionamiento de las capas que conformaran la estructura de pavimento, se necesita el valor de modulo resiliente de la subrasante (MR), que para este caso se estimara por correlaciones ayudados por el ensayo de CBR.

La subrasante es de tipo granular con algunos finos, encontrándose suelos de aspecto limo arenosos y suelos más gruesos de aspecto arenas

finas, y según algunas correlaciones se puede afirmar que $MR = 1200 \cdot CBR$ para $3\% < CBR < 10\%$ y que la relación de Poisson (μ) es de 0,50.

Luego se tiene :

$$MR = 1200 \cdot 6.8 = 8160 \text{ PSI}$$

$$MR = 8160 \text{ PSI}$$

$$\mu \text{ sub rasante} = 0.50$$

- PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.

Las propiedades de los materiales de las diferentes capas que conformaran la estructura del pavimento, se representan por coeficientes de aporte estructural (a_i):

- ✓ CONCRETO ASFALTICO (a_1)

En función del modulo dinámico a 20°C y una frecuencia de 10Hz a la velocidad de operación. Para el diseño de la estructura, el modulo del concreto asfaltico que se elaboran en las diferentes plantas del sur del país, están por el orden de $2,2 \times 10^9 \text{ N/m}^2$, o aproximadamente igual a 319000PSI.

- ✓ BASE GRANULAR (a_2)

Es función del modulo resiliente (MR) o del CBR. Además deben cumplir con las normas de construcción INVIAS.

Los agregados para la construcción de la base granular deberán satisfacer los requisitos indicados en el aparte 300.2 del Artículo 300 para dichos materiales. Además, debieron ajustarse a una de las franjas granulométricas que estipula. (Tabla N°12).

TABLA 12
 ESPECIFICACION DEL INV PARA BASE

TAMIZ		PORCENTAJE PASA	
NORMAL	ALTERNO	BG - 1	BG - 2
37.5 mm	1 1/2"	100	-
25 mm	1"	70 - 100	100
19 mm	3/4"	60 - 90	70 - 100
9.5 mm	3/8"	45 - 75	50 - 80
4.75 mm	N°4	30 - 60	35 - 65
2 mm	N°10	20 - 45	20-45
425 μm	N°40	10 - 30	10-30
75 μm	N°200	5 - 15	5-15

SUBBASE GRANULAR (a_3)

Se da también en función del modulo resiliente (MR) o el CBR además debe cumplir con las normas de construcción INVIAS.

Los agregados para la construcción de la sub base granular deberán satisfacer los requisitos indicados en el aparte 300.2 del Artículo 300 para dichos materiales. Además, deberán ajustarse a la franja granulométrica (Tabla N°13).

TABLA 13
 ESPECIFICACION DEL INV PARA SUB-BASE

TAMIZ		PORCENTAJE PASA
NORMAL	ALTERN O	SBG - 1
50 mm	2"	100
37.5 mm	1 1/2"	70 - 100
25 mm	1"	60 - 100
12.5 mm	1/2"	50 - 90
mm	3/8"	40 - 80
4.75 mm	N°4	30 - 70
2.0 mm	N°10	20 - 55
425 μm	N°40	10 - 40
75 μm	N°200	4 - 20

- **CARACTERISTICAS DEL DRENAJE m_i .**

Tienen incidencia en los materiales granulares sin estabilizar, bases y subbases. Están dados en función de la calidad del drenaje y el porcentaje de exposición a la humedad.

ETAPA DE DISEÑO.

Para diseño se usan las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1:

$$\log N = Zr * So + 9,36 \log(SN + 1) - 0,20$$

$$+ \left[\frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} \right] + 2,32 \log MR - 8,07$$

donde:

$N = \text{transito en ejes equivalentes a } 8,2 \text{Ton} = 800000$

$$R = \text{nivel de confianza} = 90\%$$

$$Z_r = \text{desviación estándar normal} = -1,282$$

$$S_o = \text{error normal} = 0,49$$

$$\Delta PSI = \text{dif entre el índice de serviciabilidad inicial y final} \\ = 2,2$$

$$MR = \text{módulo resiliente de la sub – rasante en } \frac{Lb}{\text{pulg}^2} \\ = 10200$$

SN

= **numero estructural indicativo del espesor total del pavimento**

Ecuación 2:

$$SN = \sum_{i=1}^n H_i * a_i * m_i$$

donde:

$$n = \text{numero de capas} = 3$$

$$H_i = \text{espesor capa } i$$

$$a_i = \text{coeficiente de aporte estructural capa } i$$

$$m_i = \text{coeficiente de drenaje capa } i$$

Para el proceso de diseño, de la ecuación 1 se obtiene el numero estructural SN_1 que es el indicativo del espesor total del pavimento requerido para las condiciones de aporte de la sub-rasante, niveles de tránsito en ejes equivalentes y los niveles de serviciabilidad tanto inicial como final. En la ecuación 2 se presumen espesores de capas que van a conformar la estructura del pavimento, para obtener un numero estructural SN_2 . Luego de varias iteraciones en la ecuación dos, se llega a un resultado igual o sensiblemente mayor al valor calculado con la ecuación 1, las iteraciones que se hacen, son teniendo en cuenta espesores recomendados para cada capa ya sea por proceso o espesores mínimos de construcción además de el de economía.

El anterior análisis se hace para dar protección independiente a cada capa, los resultados después de varias iteraciones, para obtener espesores de cada capa constituyente del pavimento, se consignan en la tabla 3:

Resultados de diseño método de la AASHTO (tabla 14).

PROYECTO:	PAVIMENTO VÍA LADO NORTE PUENTE SOBRE RIO PAEZ
ABSCISAS	PUERTO NOLASCO PR +091 A PR +447

DISEÑO DE PAVIMENTO MÉTODO AASHTO

R	90%
Z _R	-1,282
So	0,49
Po	4,2
Pf	2
SN	3,18
Módulo de la subrasante (psi)	8160
N requerido	8,00E+05
N admisible	8,07E+05

COEFICIENTES DE CAPA (ai)	
CONCRETO ASFÁLTICO	0,37
BASE GRANULAR	0,12
SUBBASE GRANULAR	0,1
AFIRMADO EXISTENTE	0

COEFICIENTES DE DRENAJE (mi)	
CONCRETO ASFÁLTICO	1,00
BASE GRANULAR	1,00
SUBBASE GRANULAR	1,00
AFIRMADO EXISTENTE	1,00

CAPA	ESPESOR (cm)		ESPESOR TOTAL (cm)
CONCRETO ASFÁLTICO	8,0		58
BASE GRANULAR	16,0		
SUBBASE GRANULAR	34,0		
AFIRMADO EXISTENTE	0,0		
SN	3,26		

LIMITES DE CONSISTENCIA

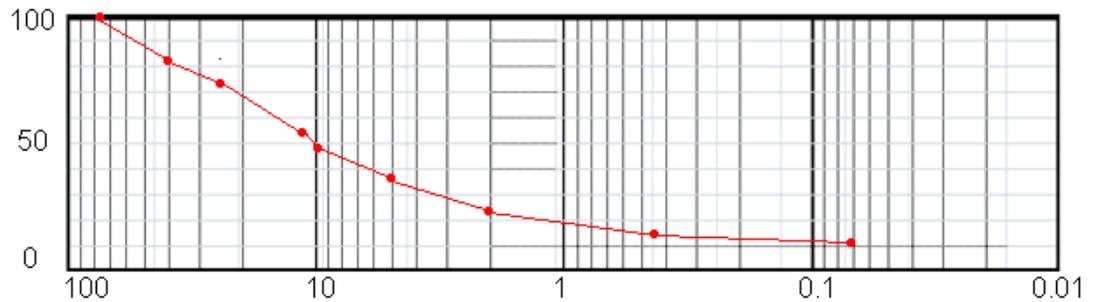
PROYECTO: VIA VARIANTE PUENTE NOLASCO

ABS 250

Sub base granular

Arena gravosa de color café

W INICIAL		W FINAL	
493.2		489.2	
TAMIZ	PESO RET	%RET ACUM	%PASA
2"		0	100
1 1/2"	82.8	16.8	83.2
1"	54.7	27.9	72.1
1/2"	92.7	46.7	53.3
3/8"	30	52.8	47.2
4	59.67	64.9	35.1
10	59.2	76.9	23.1
40	34.5	83.9	16.1
200	29	89.8	10.2
P200	46.63	368.3	



Arena: 24.9 % Grava: 64.9

N GOLPES	34	24	15
P1 (HUM)	16.32	15.32	13.52
P2(SECO)	14.55	13.68	11.95
P3 (CAP)	4.53	4.32	3.89
% DE HUMEDAD	17.66	17.52	19.47
Limite liquido= 18.2%			

P1 (Húmedo)	15.31	16.2
P2(Seco)	14.02	14.7
P3(Cap)	5.1	4.9
%de Humedad	14.46	15.3
Limite plástico=14.88%		

Índice de plasticidad= 3.32%

LIMITES DE CONSISTENCIA

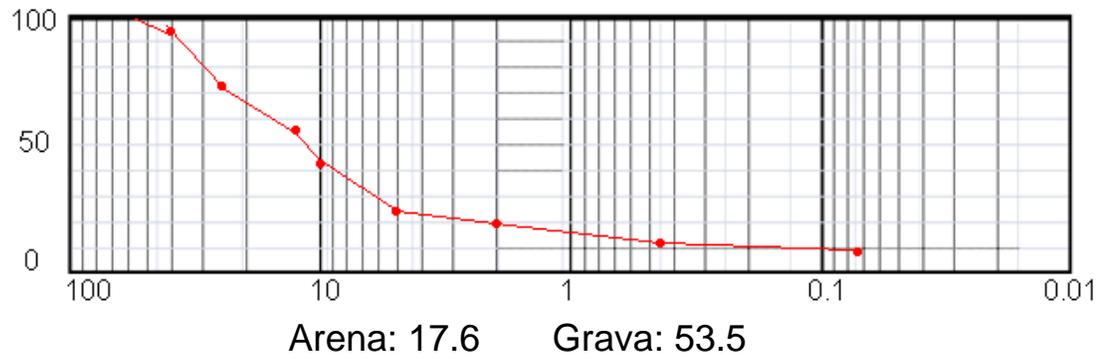
PROYECTO: VIA VARIANTE PUENTE NOLASCO

ABS 350

Sub base granular

Arena gravosa de color café

W INICIAL		W FINAL	
474.5		473.5	
TAMIZ	PESO RET	%RET ACUM	%PASA
2"			100
1^{1/2}"	37.48	7.9	92.1
1"	93.95	27.7	70.3
1/2"	119.5	25.2	55.1
3/8"	61.68	38.2	42.1
4	72.5	53.5	26.8
10	30.8	60	20.3
40	38.9	68.2	12.1
200	13.76	71.1	9.2
P200	5.1	291	



N	33	23	13
GOLPES			
P1 (HUM)	16.48	16.32	15.52
P2 (SECO)	14.55	14.98	13.63
P3 (CAP)	4.23	4.95	4.85
% DE HUMEDAD	18.7	13.35	21.52
Limite liquido=17.85			

P1 (Húmedo)	15.33	15.92
P2 (Seco)	14.03	14.32
P3 (Cap)	5.3	4.8
%de Humedad	14.89	11.55
Limite plástico=13.22		

Índice de plasticidad= 4.63%

LIMITES DE CONSISTENCIA

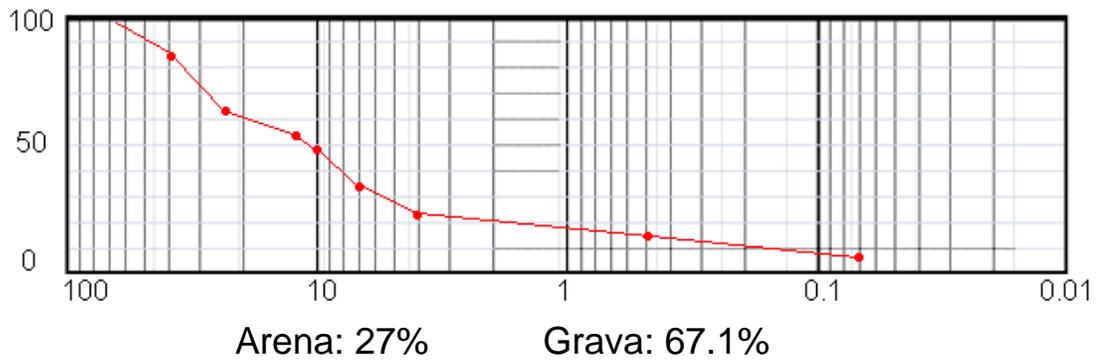
PROYECTO: VIA VARIANTE PUENTE NOLASCO

ABS 450

Sub base granular

Arena gravosa de color café

W INICIAL		W FINAL	
483.4		481.9	
TAMIZ	PESO RET	%RET	%PASA
2"			100
1 1/2"	84.6	17.5	82.5
1"	98.13	37.8	62.2
1/2"	43	46.7	53.3
3/8 "	26.1	52.1	47.9
4	72.5	67.1	32.9
10	51.2	77.7	22.3
40	34.3	84.8	15.2
200	44.95	94.1	5.9
P200	27.12		



N	30	25	15
GOLPES			
P1 (HUM)	16.39	16.56	16.12
P2(SEC O)	14.55	15.11	14.27
P3 (CAP)	4.23	4.95	4.92
% DE HUMEDAD	17.82	14.27	19.78
Limite liquido=17.29%			

P1 (Húmedo)	15.29	16.37
P2 (Seco)	13.98	14.79
P3 (Cap)	5	4.89
%de Humedad	14.52	15.59
Limite plástico=15.05%		

Índice de plasticidad= 2.24%