CONSORCIO INTER MAP–LAR

DIAGNOSTICO MENSUAL N°6

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander
NIT: 901978204-1

PUENTE IBACAPI

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander
NIT: 901978204-1

COMPONENTE DE GEOTECNIA Y GEOLOGIA

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander
NIT: 901978204-1

NOTA TECNICA

NT-001_GEOTEC_PTE-IBAC_PAUN_V1

DISEÑO GEOTECNICO MURO – ALETA MARGEN IZQUIERDA AGUAS ARRIBA PUENTE SOBRE EL RIO IBACAPI

Proyecto:	Diagnóstico y ejecución de obras de emergencia para mitigar el riesgo de daño y/o colapso de puentes ubicados en el departamento por la afectación causada por efecto de la ola invernal, declarada en virtud del decreto de calamidad pública no. 0522 de 24 de mayo de 2025. Contrato de obra no. 2833 de 2025

1 GENERALIDADES DEL PUENTE

Vía / Tramo	[municipio de Pauna hacia Vda Ibacapi
Municipio / Departamento	[Pauna / Boyacá]
Coordenadas (WGS84)	Lat [5° 43.883'N] Long [74° 0.826'O]
Cota aproximada (msnm)	[429]
Cauce/Quebrada/Río	[Rio Ibacapi]
Altura de gálibo (m)	[12.0 m]
Ancho de calzada (m)	[3.0 m]
Longitud total del puente (m)	[44 m]
Número de luces	[1]
Número de apoyos	[2]
Material dominante	[Concreto___ Acero_X__ Mixto____ Madera _____]
Tipo estructural	[Simplemente apoyado__X_ Continuo _____Otro _____]

2 ENTORNO GEOLÓGICO LOCAL

La descripción realizada del entorno geológico se realiza con base a la información establecida en el atlas geológico (2023), dispuesto por el SGC, y corroborado con las observaciones de campo, a continuación, se describe el entorno geológico local donde se encuentra ubicado el puente la Ibacapi.

2.1 Litología dominante:

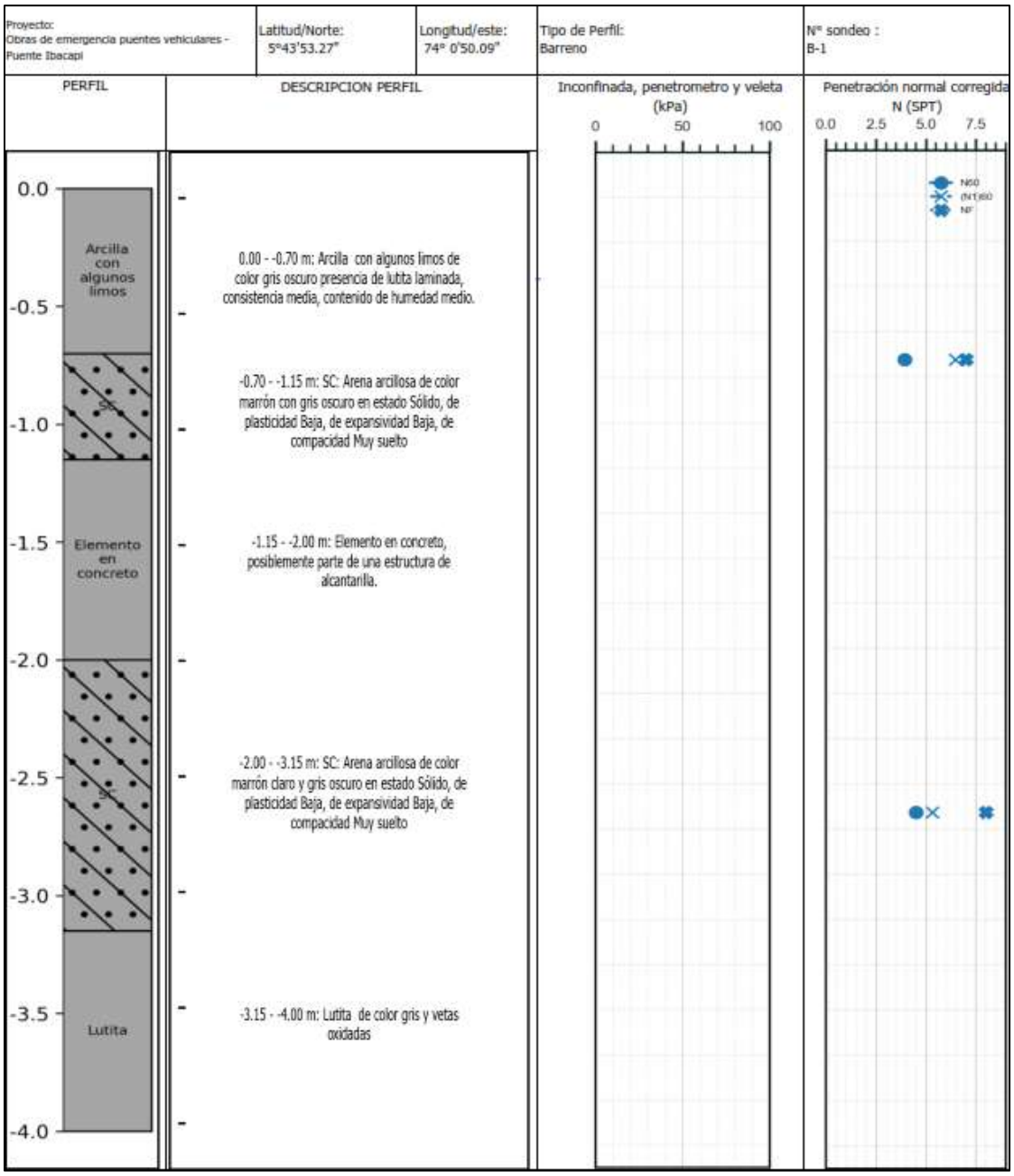
En el entorno inmediato del puente predominan lutitas y limolitas negras, localmente intercaladas con niveles calcáreos y yesíferos. Estos materiales presentan un grado de meteorización medio a alto, originando suelos residuales arcillosos de alta plasticidad y baja permeabilidad. En superficie, dichos suelos muestran elevada susceptibilidad a la erosión, especialmente en presencia de descargas de escorrentía sin control y acumulación de sobrecargas antrópicas en coronas de talud

3 INFORMACION GEOTECNICA

3.1 Columna litológica

Para el punto de estudio se realizó exploración geotécnica a profundidad de 4.0 m, la perforación estaba proyectada a 15.0 m, pero por condiciones climáticas dificulto los trabajos de campo, aun así se reforzo la exploración con línea de refracción sísmica, para identificar la estructuración de los materiales en el suelo de fundación. La columna litológica y la interpretación del modelo geotécnico se presenta a continuación:

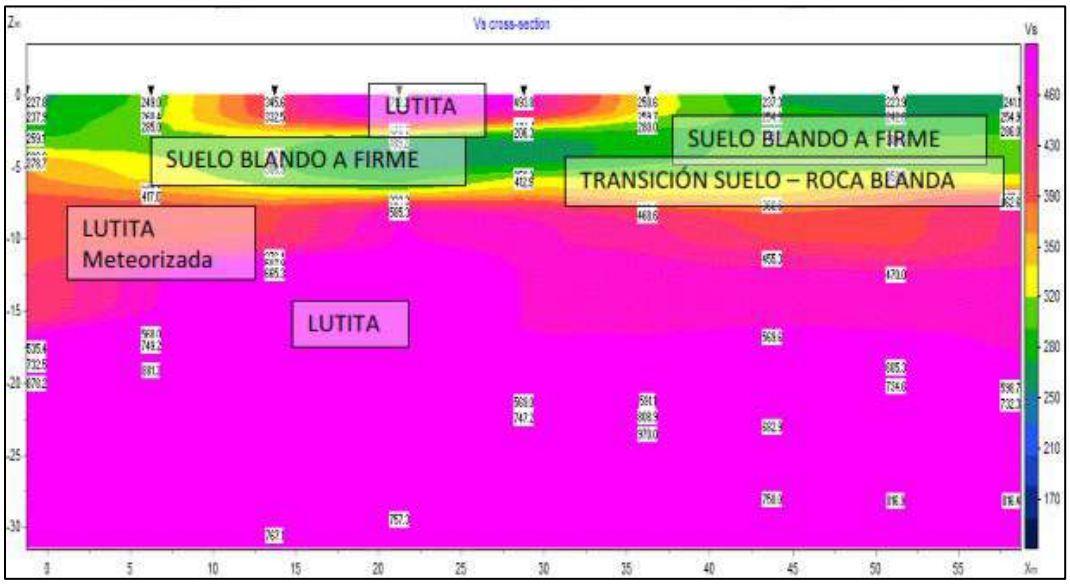
Imagen No 1 columna litológica (prof 0.00 a 4.0 m)



En el estribo del lado Ibacapi, se realizó una línea de refracción sísmica, estando su inicio en contacto con es estribo del puente, donde se refleja la complementación del perfil geotécnico para la implantación de las obras en ella se describe los siguiente:

- La zona superficial está compuesta por arcillas y limos blandos, con pobre desempeño mecánico.
- Entre 2 y 4 m predominan arenas y gravas sueltas, con variación lateral importante.
- A partir de 3.5 a 5 m se encuentra una lutita consistente, identificada como el estrato estructuralmente adecuado para cimentación (pilas, estribos o cimentación profunda).
- El Vs30 ubica al terreno como Suelo Tipo C, condición favorable para diseño sísmico.

Imagen No 2 Perfil línea de refracción sísmica Puente Ibacapi



3.2 Caracterización geotécnica

Con base a lo reportado por los ensayos de laboratorio se realiza una descripción de las propiedades básicas de los materiales y la secuencia estratigráfica que se registra en cada exploración, además se tiene en cuenta el origen geológico dominado por la unidad superficial, para identificar el tipo de suelo se llevó a cabo ensayos de granulometría, humedad natural, límites de consistencia.

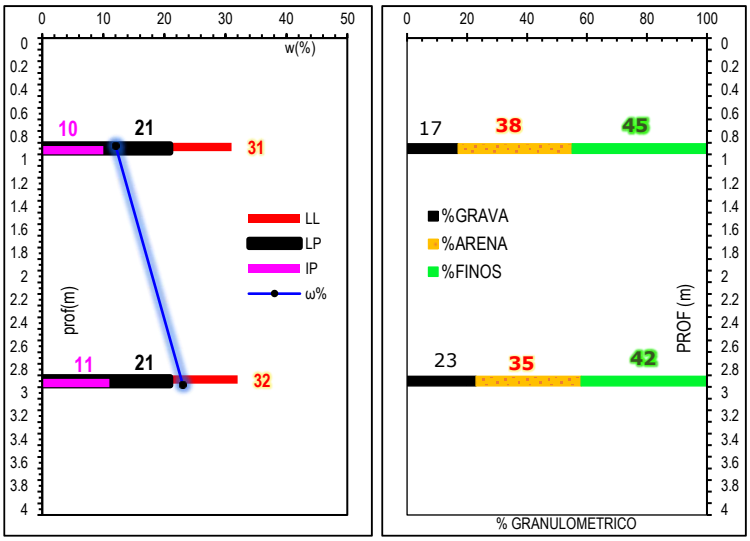
Los parámetros de resistencia y constantes de deformación son estimados a partir de correlaciones de ensayos de campo. La clasificación es realizada bajo indicaciones del numeral H.2.5 del reglamento colombiano de construcción sismorresistente NSR-10.

3.2.1 Propiedades físicas

A lo largo de la profundidad explorada se recobraron materiales pertenecientes al nivel residual del perfil de meteorización propio de un basamento conformado por lutitas laminadas

correlacionadas con la formación Paja (kip), a partir de 3.20 m aproximadamente las condiciones del basamento mejoran siendo este nivel la proyección para la cimentación de la estructura.

Imagen No 3 Perfiles de propiedades geotécnicas en la matriz del deposito aluvial



3.2.2 Parametros geomecánicos

De acuerdo con la información obtenida en la exploración, se identifican dos unidades geotécnicas diferenciadas. La primera corresponde a suelos residuales, presentes hasta profundidades entre 3.0 m y 4.0 m. A partir de este intervalo se reconoce el basamento meteorizado y fracturado, compuesto principalmente por lutitas. Debido a las características físicas y la heterogeneidad de estos materiales, la recuperación de muestras inalteradas resultó limitada; en consecuencia, aunque la exploración entregó algunos parámetros, estos no se consideran representativos por ser elevados frente al tipo de suelo observado. Por tal motivo, para la caracterización del estrato superficial se adoptan parámetros geomecánicos conservadores obtenidos de referencias bibliográficas especializadas.

Para el basamento, a pesar de haberse realizado un ensayo de carga puntual que permite aproximar la resistencia de la macrofábrica, los parámetros definitivos se establecerán mediante la metodología de Hoek y Brown, adecuada para macizos rocosos meteorizados y fracturados.

- A continuación, se presentan los datos estimados para el nivel de suelo.

tabla No 1 Parametros de resistencia estimados según el tipo de material reportado por el sondeo (fuente: Fuente: Deslizamientos Vol II Técnicas de remediación Jaime Suarez)

Suelo	Peso Unitario (kN/m³)	Peso Unitario Seco (kN/m³)	Ángulo de Fricción ϕ'	Cohesión c' (kPa)	Permeabilidad K(m/s)
Granito descompuesto	16 - 21	14 - 19	35^0 - 44^0	5 - 15	10^{-5} - 10^{-7}
Materiales volcánicos descompuestos	16 - 21	14 - 19	32^0 - 38^0	5 - 10	10^{-5} - 10^{-7}
Coluviones (matriz)	15 - 21	13 - 19	26^0 - 40^0	0 - 10	10^{-4} - 10^{-7}
Suelos areno-arcillosos	16 - 21	14 - 19	30^0 - 40^0	5 - 15	10^{-4} - 10^{-7}
Suelos arcillosos	15 - 18	13 - 16	20^0 - 28^0	5 - 10	10^{-6} - 10^{-9}

tabla No 2 Propiedades elásticas típicas para suelos (Fuente: Casagrande, A. (1948) "Classification and Identification of Soils", Transactions ASCE, 113, pp. 901,992.)

Material	Módulo de Young - E (MPa)	Razón de Poisson (ν)
Arcilla suave	2 – 4	
Arcilla firme a dura	4 – 8	0.40 - 0.50
Arcilla muy dura	8 – 20	
Limo	2 – 20	0.30 - 0.35
Arena fina suelta	8 – 12	
Arena fina medio densa	12 – 20	0.25
Arena fina densa	20 – 30	
Arena suelta	10 – 30	0.20 - 0.35
Arena medio densa	30 – 50	
Arena densa	50 – 80	0.30 - 0.40
Grava suelta	30 – 80	
Grava medio densa	80 – 100	
Grava densa	100 – 200	

tabla No 3 Parametros efectivos estimados según el tipo de material y datos bibliográficos

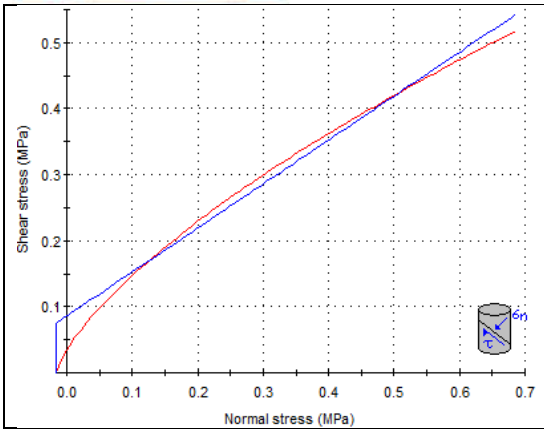
Nivel	Material	Prof (m)	γ kN/m³	C (kPa)	φ (º)	E (kPa)
Nivel residual [Sr-Kip]	SC	0.0 – 3.50	19.5	8	28	6000

A continuación, se presentan los parametros para el basamento meteorizado y fracturado.

tabla No 4 Parametros asumidos para parametrización geomecánica basamento meteorizado [clasificación Hoek-Brown]

Nivel	Material	Prof (m)	γ kN/m³	RCS MPa	GSI	mi	D
Basamento [Kip-IV]	Lutita fracturada	3.50 – 17.0	23.7	30	25	4	0.3

Imagen No 4 parametrización geomecánica basamento meteorizado y fracturado [fuente: RocData, Rocscience]



Hoek-Brown Classification
intact uniaxial comp. strength (sigci) = 30 MPa
GSI = 25 mi = 4 Disturbance factor = 0.3
intact modulus (Ei) = 7500 MPa
modulus ratio (MR) = 250

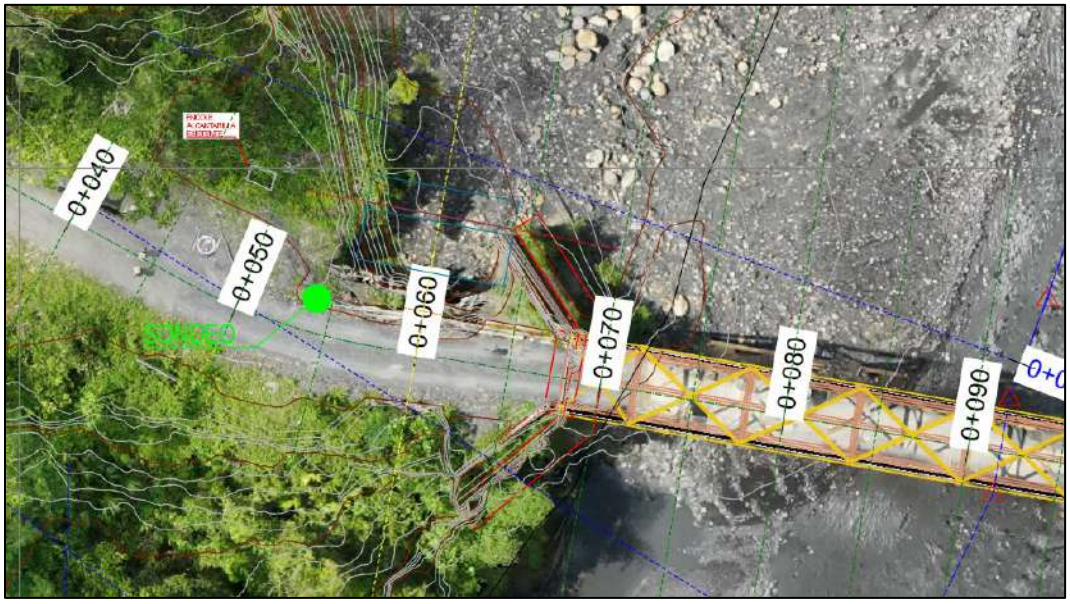
Hoek-Brown Criterion
mb = 0.171 s = 0.0001 a = 0.531

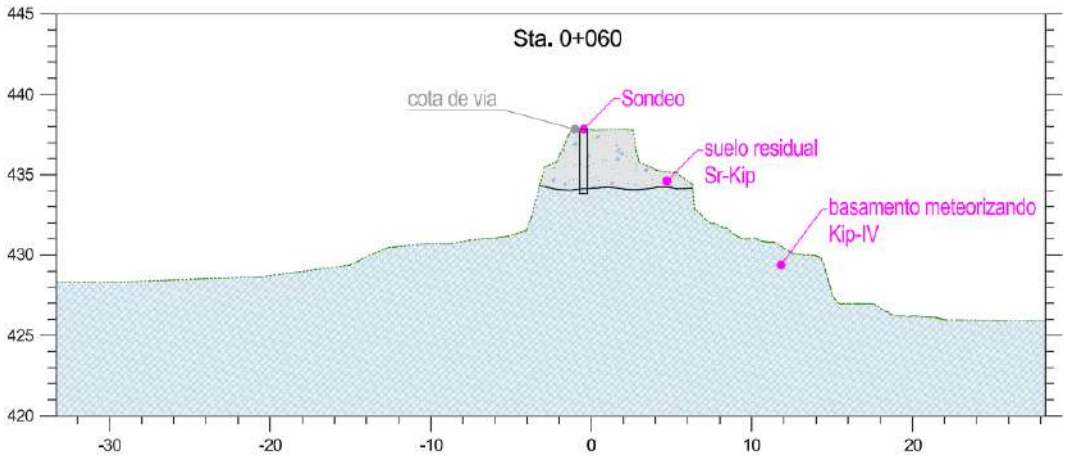
Mohr-Coulomb Fit
cohesion = 0.086 MPa friction angle = 33.68 deg

Rock Mass Parameters
tensile strength = -0.017 MPa
uniaxial compressive strength = 0.219 MPa
global strength = 1.372 MPa
modulus of deformation = 321.06 MPa

Con base a lo anterior se proyecta el modelo geomecánico de análisis.

Imagen No 5 Planta y ST Modelo geotécnico asumido para diseño de muro-aleta ST0+060





Se presenta el modelo geotécnico para el estribo de la margen izquierda en dirección del flujo, en este sector en donde se presentan los desconfinamientos y perdida de calzada, las cuales deben recuperarse para mantener la funcionabilidad de la vía.

tabla No 5 Parametros geomecánicos iniciales asumidos para modelo de análisis

Nivel	Prof (m)	Material	γ kN/m³	C (kPa)	φ (º)	E kPa
Sr-Kip	0.0 – 4.00	Arenas arcillosas con grava SC	19.5	8	28	6000
Kip-IV	> 4.0 m	Lutita meteorizada*	23.7	50	31	15000

***nota**: los parametros de resistencia asumidos para el nivel de lutita meteorizada, se toman con un valor más bajo según lo estimado, esto como una medida conservadora.*

4 CONSIDERACIONES DE ANALISIS

4.1 Dimensionamiento de muro de confinamiento

Para el diseño del muro estructural proyectado como proyección a la aleta actual, se realiza la evaluación de estabilidad desde el área geotécnica con base en los criterios establecidos en el CCP-14, particularmente los lineamientos contenidos en su Sección 10, correspondiente al diseño geotécnico de estructuras de contención. El análisis considera las condiciones geométricas del sitio y las características del basamento meteorizado, estableciendo la geometría adecuada para un empotramiento mínimo de **1.5 m** dentro del estrato competente de acuerdo con lo anterior se evalúa el predimensionamiento para un muro con altura total de **6.50 m**. La validación geotécnica comprende la verificación de la estabilidad global del sistema y la revisión de los mecanismos potenciales de falla (volteo, deslizamiento y capacidad portante), garantizando el desempeño estructural y la estabilidad del muro frente a las solicitaciones esperadas en la zona del descole, para análisis de estabilidad, se tiene en cuenta lo indicado en la NSR-10.

tabla No 6 factores de carga permanente (γp) CCP-14

Tipo de carga	F. de carga estático		Seudoestático
	Máximo	Mínimo	
EH: presión horizontal del suelo (activa)	1.50	0.90	1.0
EV: Presión vertical del suelo (muros de contención)	1.35	1.00	1.0
DC: componentes y accesorios	1.25	0.90	1.0
EP: Presión en reposo	1.35	0.90	1.0
ES: sobrecarga del suelo	1.50	0.75	1.0

tabla No 7 Factores de resistencia (φp)

Análisis	Estático	Seudoestático
Capacidad portante muros de gravedad y semigravedad	0.55	0.80
Deslizamiento (concreto fundido in situ sobre arena) ϕτ	0.80	1.00
Excentricidad	e < B/6	e < B/5

tabla No 8 Factores de seguridad indirectos mínimos para análisis de estabilidad global (NSR-10)

Condición	Estático	Seudoestático
Estabilidad general del sistema - Permanente	1.50	1.05
Estabilidad de cortes temporales (proceso constructivo)	1.25	1.00*

**Analizado con el 50% de los parámetros sísmicos de diseño*

4.1.1 Sobrecarga vehicular

Para tener en cuenta la sobrecarga generada por el tráfico a nivel de vía, se considera según la norma AASHTO 2002, una altura de relleno equivalente a carga viva de 61 cm o 2 ft, de igual manera lo especifica la sección 3 del CCP-14.

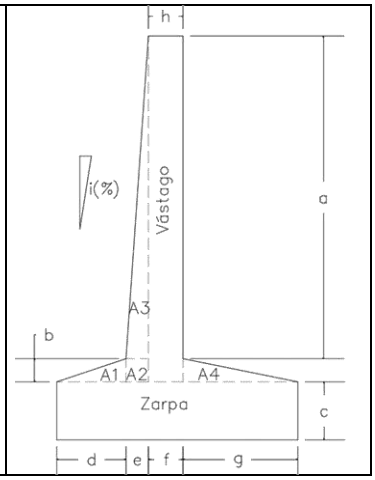
tabla No 9 Alturas equivalente de relleno para asumir como carga vehicular

Altura muro de contención (mm)	heq desde el respaldo al borde del trafico	
	0.0 mm	300 mm o mas
1500	1500	600
3000	1000	600
≥6000	600	600

Se toma una sobrecarga vehicular asumida para una altura de material de relleno de 0.60 m, lo que equivale a una sobrecarga aproximada de 12 kPa.

tabla No 10 Cargas generadas por muro de confinamiento H=6.5 m, B=0.65H

elemento		A	γ	cargas sobre Talon			FUERZAS HORIZONTALES GENERADAS (t/m)					
				F_{VER}	F_{VER}*γp		F_{HOR}		F_{HOR}*γp (actu)		Fx*γp (resis)	
		m²	t/m³	(t/m)	min	máx.	actu	resist	min	máx.	min	máx.
sobrecarga (ES)				3.13	2.35	5.48	3.83		2.87	6.71	0.00	0.00
MURO (DC)	zapata	3.44	2.40	8.26	7.43	10.32			0.00	0.00	0.00	0.00
	Vastago	2.99	2.40	7.18	6.46	8.98			0.00	0.00	0.00	0.00
	A1	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00
	A2	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00
	A3	0.97	2.40	2.34	2.11	2.92			0.00	0.00	0.00	0.00
	A4	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00
	dentellon	0.40	2.40	0.96	0.86	1.20			0.00	0.00	0.00	0.00
Relleno		14.87	1.90	28.24	28.24	38.13			0.00	0.00	0.00	0.00
Relleno inclinado		1.31	1.90	2.48	2.48	3.35			0.00	0.00	0.00	0.00
Eha Relleno				7.79	7.01	11.68	21.39		19.25	32.09	0.00	0.00
Ea (sismo)					0.00	0.00					0.00	0.00
Ea (sismo)SC					0.00	0.00					0.00	0.00
anclaje 1				0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
anclaje 2				0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
total=				60.38	56.94	82.06	25.22	0.00	22.13	38.79	0.00	0.00



Definidas las cargas generadas por la estructura, se procede con la verificación interna del muro de confinamiento proyectado, cumpliendo condiciones para capacidad portante, deslizamiento y volcamiento.

tabla No 11 Verificación la capacidad portante muro

Df (m)	0.50
Fy mayorada (kPa)	820.6
P contacto estática σC (kPa)	223
P contacto seudoestática σC-S (kPa)	159

Capacidad portante - qu (kPa)	1225
Capacidad portante mayorada estática - qr (kPa)	673.7
Capacidad portante mayorada seudoestática – qr_S (kPa)	980
σC < qr	Cumple
σC-S < qr_S	Cumple

tabla No 12 Verificación al deslizamiento muro

Df (m)	Fh nominal (kPa)		Fh estática mayorada (kPa)			Fh seudoestática mayorada (kPa)		
	actuante	resistente	actuante	Resistente	Cumple	Actuante	Resistente	Cumple
0.50	252.2	478	387.9	391	OK	273.3	478	OK

La verificación ante el volteo se realiza mediante la estimación de la excentricidad que se genera en la base debido a las fuerzas resultantes, este punto de fuerza se debe ubicar dentro del tercio medio de la base bajo una condición estática y dentro de una distancia de B/4 medido desde el centro de la base para condición seudoestática.

tabla No 13 Verificación de la excentricidad muro

Estático	e=	0.430	B/6	0.717	e<B/6	CUMPLE
seudoestático	e=	0.349	B/5	0.860	e<B/5	CUMPLE

En cuanto al módulo de reacción vertical del suelo es pertinente aclarar que no es un parámetro propio del suelo, pero depende de las dimensiones de la cimentación y propiedades mecánicas del terreno, para el caso del muro se propone un ancho de cimentación **de B= 4.30 m** (0.65H) y **longitud de 8.0 m**. Para cimentaciones donde la relación L/B>1 se tiene.

$$K = 1.5\frac{E}{B} * \left(\frac{L + 0.5B}{1.5L}\right) \; coeficiente\ de\ raccion\ vertical\ C.rectangular$$

tabla No 14 Parametros para verificación estructural

capacidad portante neta kPa	1225
capacidad portante estática ELR [kPa]	673.7
capacidad portante EE [kPa]	980
presión de contacto evaluada [kPa]	223
ángulo fricción relleno ϕ [°]	30
KA relleno (Rankine)	0.43
KAE relleno (M-O)	0.68
Carga vehicular [kPa]	12.0
Modulo elástico suelo de fundación [kN/m²]	15000
módulo de reacción vertical Kv [kN/m³]	4425.9

4.2 DIMENSIONAMIENTO GAVION DE CONFINAMIENTO

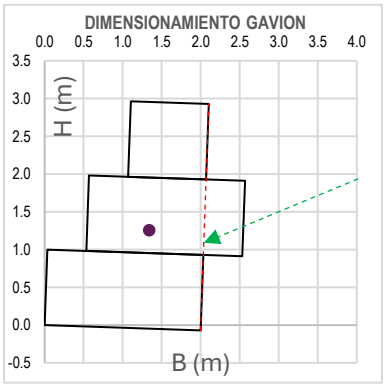
Del lado opuesto de la vía donde se proyecta el muro de prolongación de la aleta y donde también se evidencia perdida parcial de banca, la topografía permite proyectar un muro de confinamiento tipo gavión, dando la estabilidad a la vía en el acceso al puente, para ello se evalúa la geometría del gavión que cumpla con los requerimientos técnicos.

tabla No 15 Verificación estabilidad interna gavión de confinamiento lateral

2.) GENERALIDADES ELEMENTOS DE GAVION			
γ malla Pu entre 8.6-12 (kN/m3)			100
tipo roca	aluvion	γr	23
porcentaje de vacios gavion			0.25
peso unitario gavion γg (kN/m³)			17.25
numero de modulos			3
inclinacion Base	si	α (°)	2
cara vertical			izquierda
geotextil contra terreno			si
inclinacion talud en corona			10

3.) GEOMETRIA MODULOS	hi (m)	bi (m)	D. a borde
mod 1	1	1	0.5
mod 2	1	2	0.5
mod 3	1	2	0.0

SOBRECARGAS	
vehicular (kN/m²)	12
alt. sobrecarga (hs) m	0.706



Análisis condición estática

Deslizamiento (cumple NSR-10)			
6) estabilidad contra deslizamiento			
fuerza estabilizante (Fe) kN/m			75.41
fuerza actuante (Fa) kN/m			36.28
F.S. deslizamiento	✓ 2.08	>	1.6

volteo (cumple NSR-10)			
7) estabilidad contra volteo			
momento de volteo Mv (kN*m/m			39.6
Momento resistente Mr (kN*m/m			147.7
F.S volteo	✓ 3.73	>	3

Capacidad de carga (cumple NSR-10)			
8) estabilidad capacidad de carga			
F. normal a la base (N) (kN/m)			103.02
excentricidad (e) (m)			-0.05
B/6	0.333	e > B/6 ►►►	NO
e' si e>B/6			--
σ1 (kN/m²)	43.81	σ2 (kN/m²)	59.20
F.S cap. Portante	✓ 9.26	>	3

Análisis condición seudoestática

6) estabilidad contra deslizamiento			
fuerza estabilizante (Fe) kN/m			83.51
fuerza actuante (Fa) kN/m			60.32
F.S. deslizamiento	! 1.38	>	1.05

7) estabilidad contra volteo			
momento de volteo Mv (kN*m/m			65.8
Momento resistente Mr (kN*m/m			168.7
F.S volteo	! 2.57	>	2

8) estabilidad capacidad de carga			
F. normal a la base (N) (kN/m)			114.16
excentricidad (e) (m)			0.10
B/6	0.333	e > B/6 ►►►	NO
e' si e>B/6			--
σ1 (kN/m²)	73.87	σ2 (kN/m²)	40.29
F.S cap. Portante	✓ 7.42	>	1.5

Verificado tanto interna como externamente la geometría definida para el muro de confinamiento y el gavión cumplen con los requerimientos mínimos de estabilidad. A continuación, se presenta el análisis de estabilidad general del sistema proyectado.

4.3 análisis de estabilidad general

El dimensionamiento de las estructuras cumple con los requerimientos mínimos de estabilidad interna, ahora se verifica el aporte que la estructura realiza a la estabilidad general de la ladera, de acuerdo con los escenarios de diseño mencionados anteriormente.

Para el análisis en condiciones seudoestática se tiene en cuenta la zonificación sísmica presentada por la NSR-10, a continuación, se establecen los parametros de análisis seudoestático.

tabla No 16 Parametros de análisis seudoestático para estabilidad general (NSR-10)

Municipio	Tipo de suelo	Aa	Av	Fa	Amax	K_{ST_H}	K_{ST_V}
Pauna	C	0.15	0.15	1.2	0.18	0.144	0.072

Se presenta inicialmente el análisis de estabilidad correspondiente a la geometría del muro propuesto. En condición estática, la configuración con inclinación del relleno en la corona adoptada para evitar incrementar la altura del vástago muestra superficies críticas que interceptan la sección del vástago, obteniéndose un factor de seguridad mínimo de 1.76, valor que demuestra el cumplimiento de la estabilidad global.

Del mismo modo, se evaluó el comportamiento en condición seudoestática. En este escenario las superficies potenciales de falla se desplazan hacia el talud del terraplén, obteniéndose un factor de seguridad mínimo de 1.38, adecuado para los criterios sísmicos aplicables y coherente con el mecanismo esperado bajo solicitación dinámica.

Imagen No 6 análisis general en condición estática muro aleta

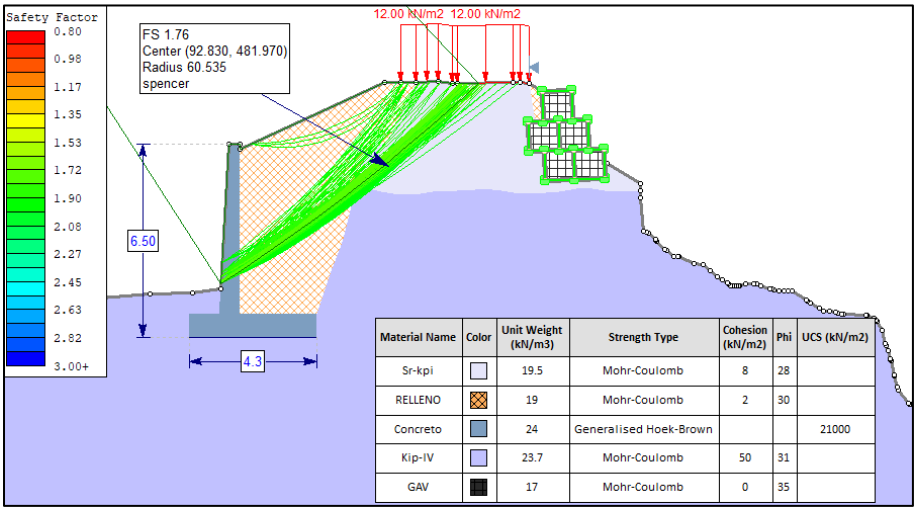
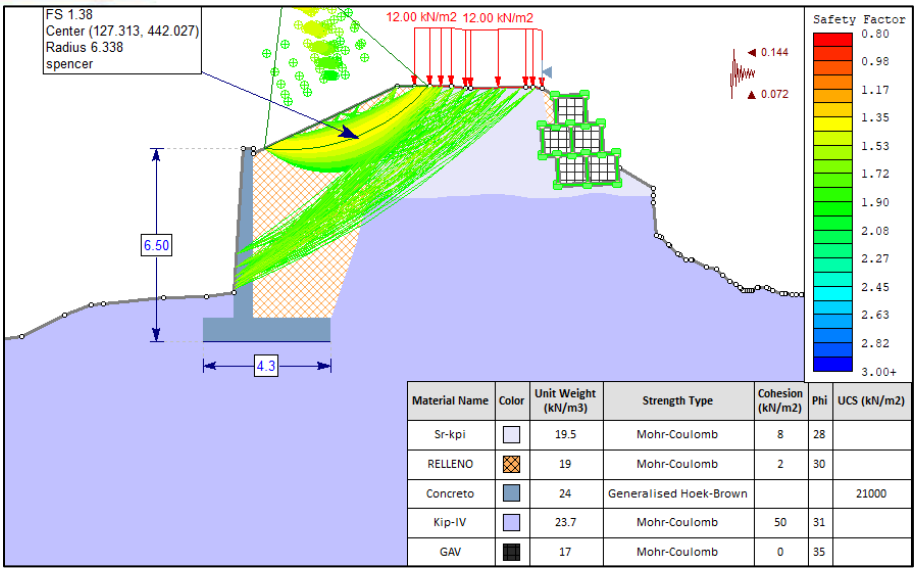


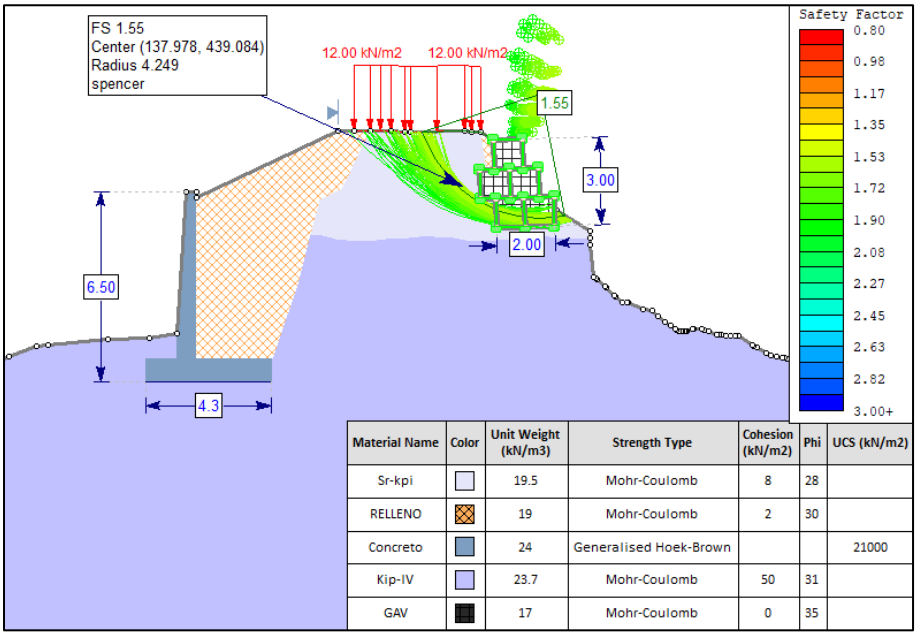
Imagen No 7 análisis general de estabilidad condición seudoestática muro aleta



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)
Sr-kpi		19.5	Mohr-Coulomb	8	28	
RELLENO		19	Mohr-Coulomb	2	30	
Concreto		24	Generalised Hoek-Brown			21000
Kip-IV		23.7	Mohr-Coulomb	50	31	
GAV		17	Mohr-Coulomb	0	35	

Se verifica la estabilidad general de la geometría propuesta para el gavión de confinamiento, dispuesto de manera escalonada y adosado al talud con el fin de garantizar el confinamiento lateral y la funcionalidad de la vía. Se prevé que la estructura quede apoyada sobre el nivel de suelo residual. En condición estática, las superficies potenciales de falla que se desarrollan por debajo del gavión presentan un factor de seguridad mínimo de 1.55, valor que cumple con los criterios establecidos para esta condición.

Imagen No 8 análisis general en condición estática gavión de confinamiento



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)
Sr-kpi		19.5	Mohr-Coulomb	8	28	
RELLENO		19	Mohr-Coulomb	2	30	
Concreto		24	Generalised Hoek-Brown			21000
Kip-IV		23.7	Mohr-Coulomb	50	31	
GAV		17	Mohr-Coulomb	0	35	

Bajo el escenario seudoestático, los factores de seguridad disminuyen, alcanzando valores mínimos del orden de 1.29; no obstante, se mantienen por encima del umbral exigido para análisis sísmicos, reflejando un comportamiento estable de la solución propuesta en ambos estados de carga

Imagen No 9 análisis general en condición seudoestática gavión de confinamiento

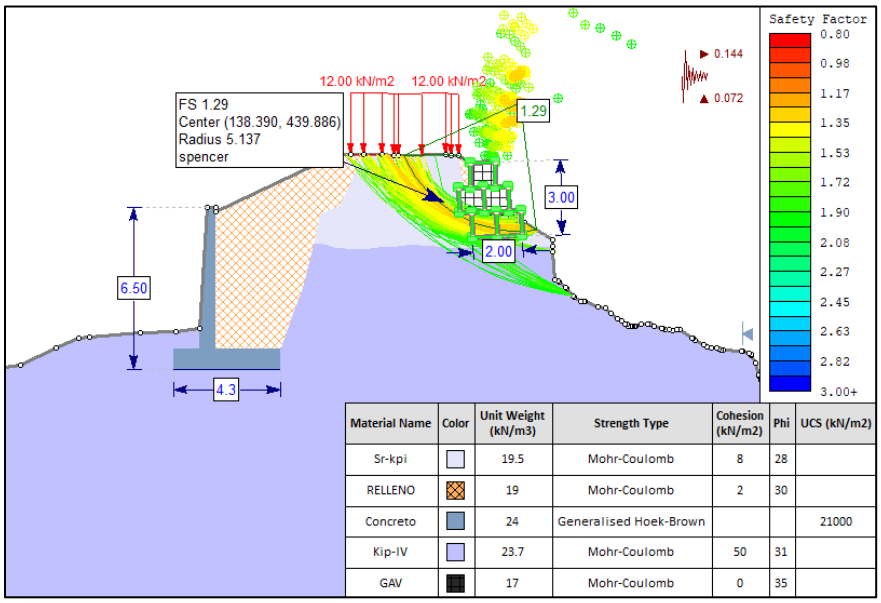


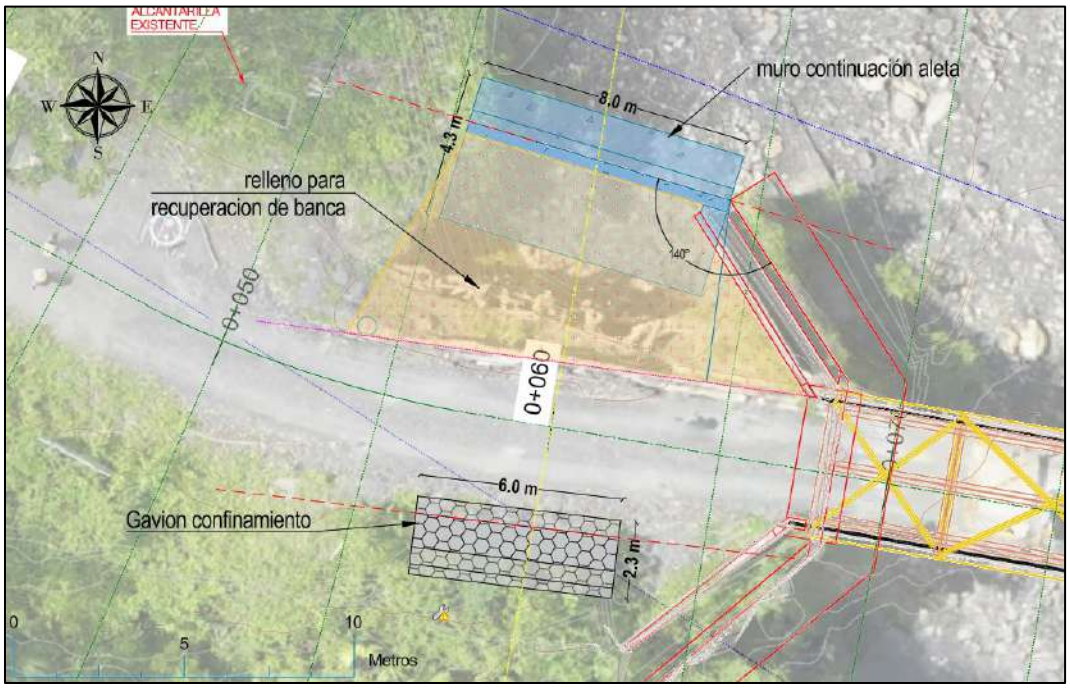
tabla No 17 resumen Factores de seguridad mínimos obtenidos

Obra	Estático	Seudoestático
Muro estructural	1.76	1.38
Muro gavión	1.55	1.29
F.S min NSR-10	1.50	1.05
Cumple	SI	SI

4.4 disposición en planta y perfil

Se propone la implantación del muro estructural con una **longitud de 8.0 m**, altura total de **6.50 m**, dispuesto con un espesor de zarpa de **0.80 m** y puntera de **1.0 m**, la corona del vástago se asume mínimo de **0.35** m aumentando hasta su base a **0.70 m**, además de incorporar un dentellón en la base para sumar resistencia ante deslizamiento, las dimensiones deben ser avaladas por el especialista en estructuras, se presenta la disposición tanto en planta como en perfil del predimensionamiento del muro.

Imagen No 10 esquematización y disposición en planta y ST de obras dispuestas puente Ibacapi



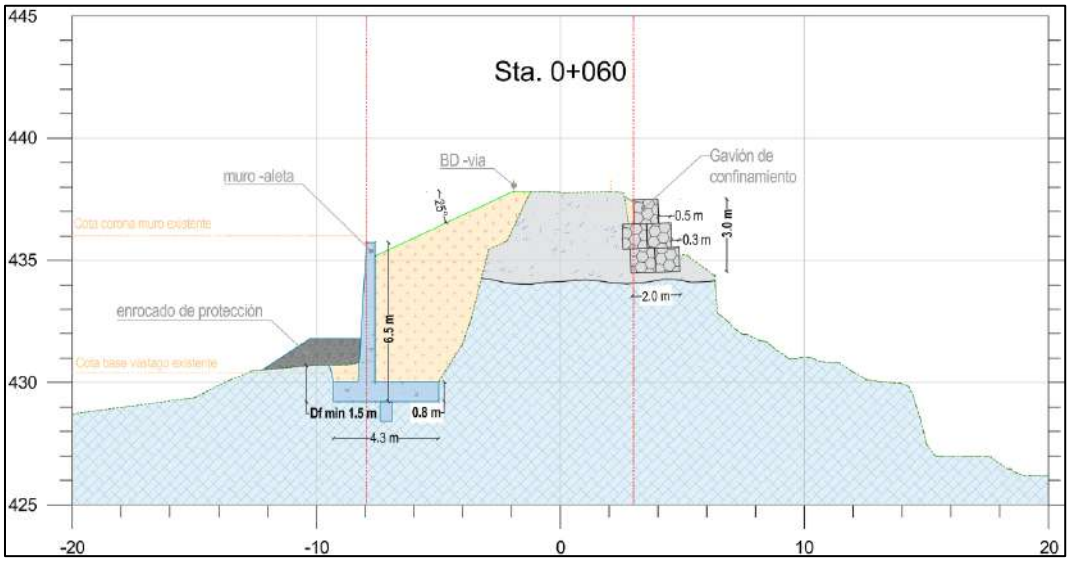


Imagen No 11 Detalle constructivo para muro de confinamiento

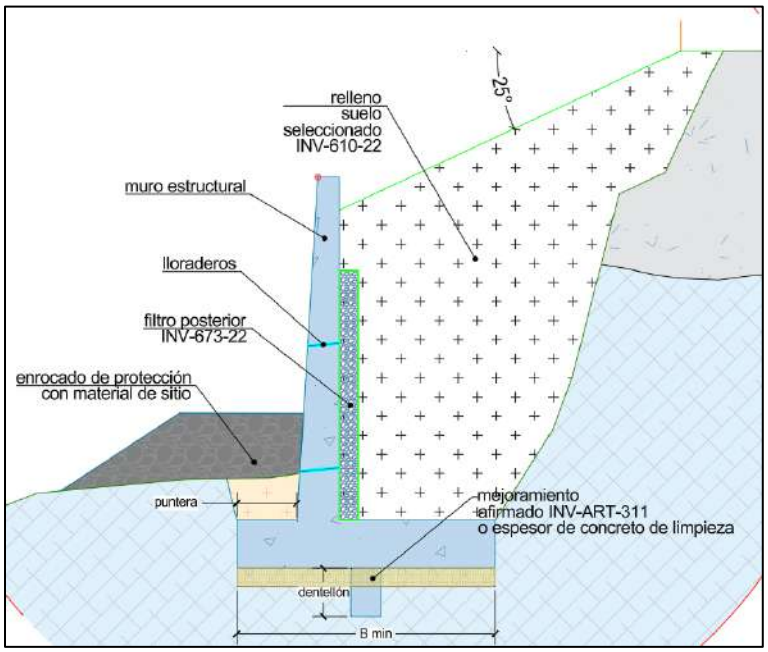
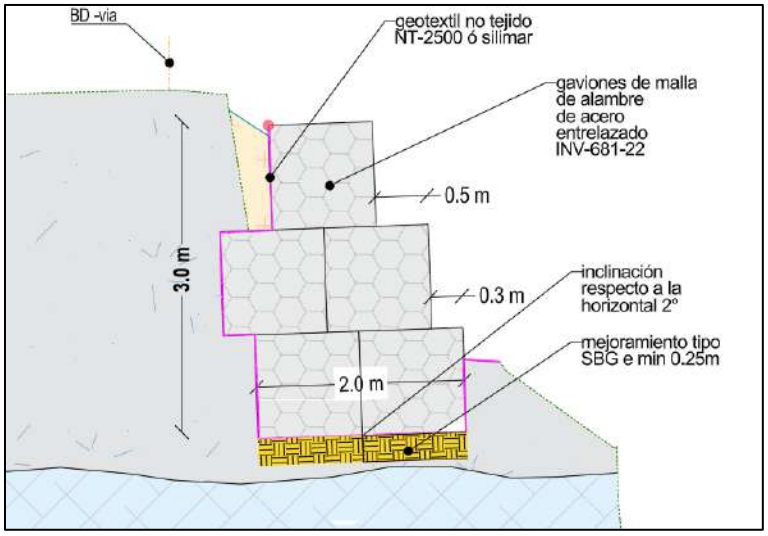


Imagen No 12 Detalle constructivo para gavión de confinamiento



4.5 obras de protección margen lado Pauna

Las obras de protección proyectadas para la margen del río en el lado Pauna se definen como medidas complementarias y necesarias para garantizar la estabilidad hidráulica y geotécnica del entorno inmediato del puente, considerando la dinámica fluvial identificada y los procesos de socavación incipiente observados en esta margen. La geometría, altura de protección, profundidad de socavación de diseño y longitud efectiva de intervención deberán corresponder estrictamente a los resultados del estudio hidráulico, el cual establece las condiciones de tirante, velocidades y niveles de energía del flujo para los diferentes escenarios hidrológicos. En este contexto, las soluciones propuestas buscan disipar la energía del cauce, proteger el pie del talud y evitar la progresión de la erosión lateral que, de no ser controlada, podría comprometer el suelo de fundación del estribo del lado Pauna y la estabilidad global del acceso al puente, integrándose funcional y constructivamente con las demás obras de confinamiento y protección contempladas en el diseño.

La proyección de la protección en la margen izquierda del río, lado Pauna, contempla la implementación de un sistema de defensa hidráulica mediante bolsacretos, como alternativa técnica en escenarios donde exista ausencia o dificultad para la obtención de enrocado. Los bolsacretos se proyectan con geotextiles de dimensiones aproximadas de 1.20 m de ancho por 2.40 m de largo, dispuestos de manera sistemática y escalonada, siguiendo un patrón de trabazón que permita garantizar estabilidad global, disipación de energía y continuidad estructural de la protección. El sistema se implanta desde la base del talud del cauce, con un empotramiento inferior que asegure la estabilidad frente a procesos de socavación, y se desarrolla en altura hasta alcanzar el nivel de protección definido por el tirante hidráulico de diseño. La longitud de intervención, la altura total de la protección, el empotramiento requerido y la geometría final del sistema deberán ajustarse estrictamente a los resultados del estudio hidráulico, el cual define los niveles de agua, velocidades, esfuerzos cortantes y escenarios de creciente que gobiernan el diseño, siendo este el insumo rector para la implantación definitiva de la obra en planta y perfil.

A continuación, se presenta la esquematización en planta y perfiles de la protección sugerida para el borde del rio del lado Pauna.

Imagen No 13 Proyección de protección margen lado Pauna

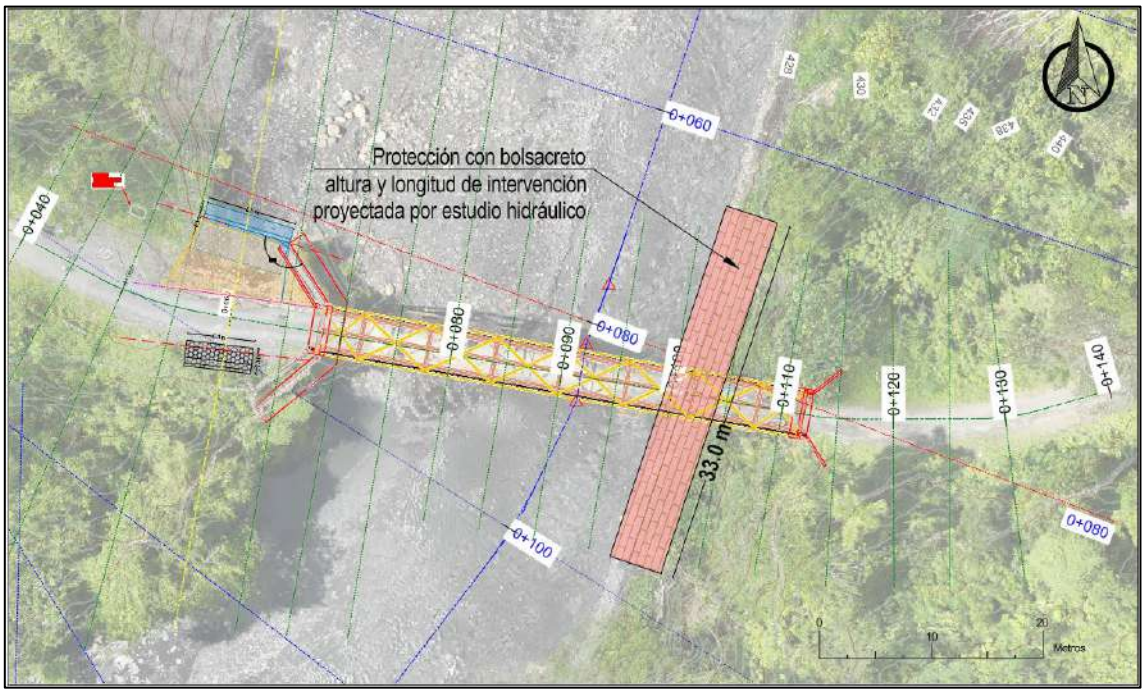
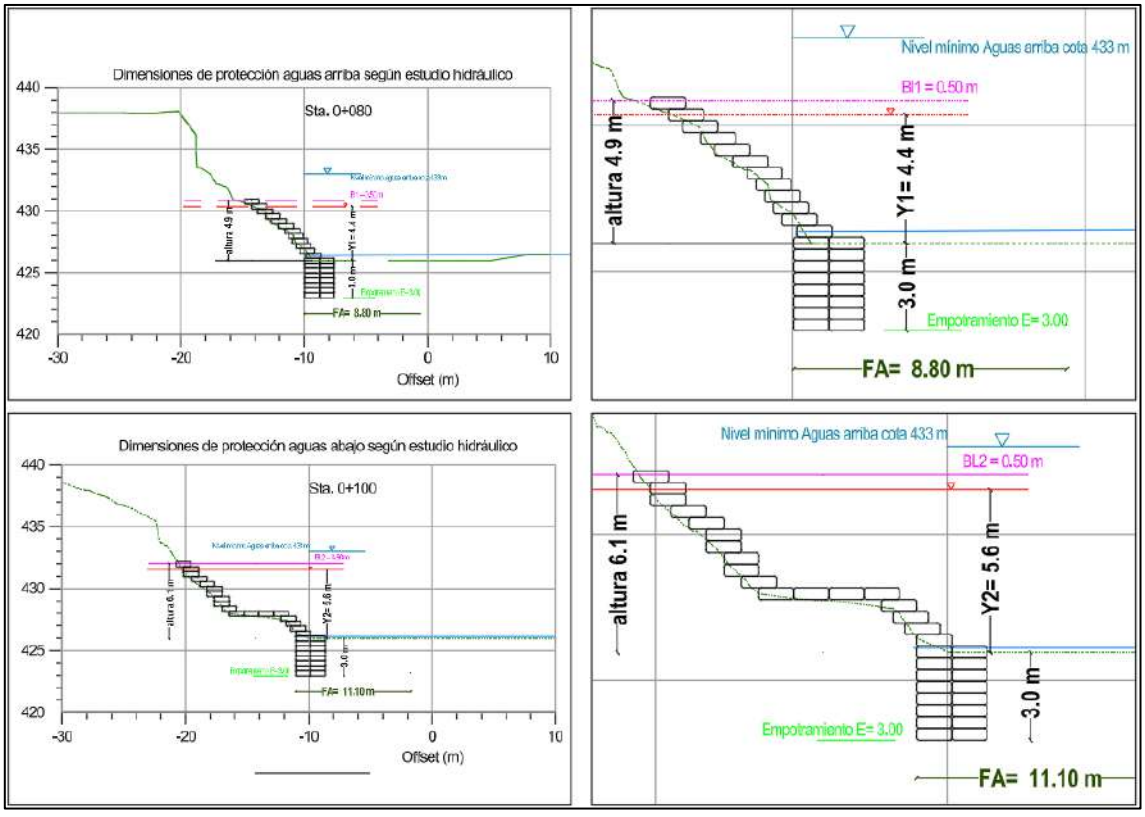


Imagen No 14 Secciones transversales para protección margen izquierda lado Pauna según especificaciones hidráulicas



Para garantizar un apoyo uniforme y estable del sistema de bolsacretos sobre el terreno natural de la margen izquierda (lado Pauna), se recomienda ejecutar previamente un nivel de mejoramiento mediante la conformación de una capa de subbase granular tipo SBG, conforme a los requisitos INV-ART-320-22, la cual deberá colocarse sobre el suelo previamente perfilado y regularizado, retirando material orgánico, suelto o saturado y eliminando puntos blandos. Esta capa de mejoramiento debe tener un espesor mínimo de 0.25 m (ajustable según la condición real del terreno y la recomendación hidráulica de empotramiento), compactada al 95%, de manera que proporcione una plataforma de apoyo con adecuada capacidad portante, reduzca asentamientos diferenciales y limite la pérdida de material fino por filtración.

tabla No 18 Requisitos para los agregados para materiales tipo SBG granular INV-ART-320-22

Característica	Norma de ensayo INV	Subbase granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30	35	-
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	25	25	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo.	E-148	40	30	30

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos sulfatos indicados.

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)								
	50,0	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
SBG-50 (Nota)	100	70 — 95	60 — 90	45 — 75	40 — 70	25 — 55	15 — 40	6 — 25	2 — 15
SBG-38 (Nota)	-	100	75 — 95	55 — 85	45 — 75	30 —60	20 — 45	8 — 30	2 —15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Nota: el número indica el tamaño máximo, en milímetros, de las partículas en la gradación empleada.

Los materiales que se establezcan como rellenos para estructuras debe ceñirse las recomendaciones de INV-22 para materiales granulares tipo subbase según ART-610-INV-22.

tabla No 19 Requisitos y franjas granulométricas para materiales de relleno granular estructural tipo SBG

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito	
		Tipo SBG	Tipo BG
Dureza (O)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - Quinientas (500) revoluciones	E-218	50	40
Durabilidad (O)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) (Nota) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18	 12 18
Limpieza (F)			
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	3
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	30
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2	2
Geometría de las Partículas (F)			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	-	35
Caras fracturadas (una cara), mínimo (%)	E-227	-	50

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)									
	50,0 2 Pulgadas	37,5 1 ½ Pulgadas	25,0 1 Pulgada	19,0 ¾ Pulgada	12,5 ½ Pulgada	9,5 3/8 Pulgada	4,75 Nro. 4	2,00 Nro. 10	0,425 Nro. 40	0,075 Nro. 200
	Pasa tamiz (%)									
SGB-50	100	70 – 95	60 – 90	-	45 – 75	40 – 70	25 – 55	15 – 40	6 – 25	2 – 15
SGB-38	-	100	75 – 95	-	55 – 85	45 – 75	30 – 60	20 – 45	8 – 30	2 – 15
SGB-20	-	-	-	100	60 – 87	50 – 80	35 – 65	24 – 49	8 – 30	2 – 15
BG-38	-	100	70 – 100	-	60 – 90	45 – 75	30 – 60	20 – 45	10 – 30	5 – 15
BG-25	-	-	100	-	70 – 100	50 – 80	35 – 65	20 – 45	10 – 30	5 – 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %					6 %			3 %

5 CONCLUSIONES

Con base en la exploración geotécnica a 4.0 m y exploración geofísica en la caracterización de laboratorio, se confirma que el muro estructural de confinamiento se apoya sobre basamento meteorizado y fracturado de lutitas de la formación Paja Kip, el gavión de confinamiento se apoya sobre suelos residuales.

El dimensionamiento del muro de confinamiento con altura total de 6.5 metros y empotramiento mínimo de 1.5 metro en el basamento, verificado conforme a los lineamientos del CCP-14 y la norma NSR-10, cumple los requisitos de estabilidad frente a capacidad portante, deslizamiento y volcamiento en condiciones estáticas y seudoestática, considerando además los factores de carga y resistencia establecidos para estructuras de contención y la sobrecarga vehicular equivalente indicada por la normativa aplicable.

El análisis de estabilidad general demuestra que la incorporación del muro proyectado no genera afectaciones adversas en la ladera y, por el contrario, aporta a la mejora de la estabilidad del sistema, cumpliendo los factores de seguridad mínimos exigidos en condición estática y seudoestática, de acuerdo con los parámetros de zonificación sísmica definidos para el municipio de Pauna en la NSR-10.

La verificación interna y externa de los módulos de gavión propuestos como estructura complementaria de confinamiento indica que la geometría adoptada satisface los criterios de estabilidad por deslizamiento, volcamiento y capacidad de carga tanto en condición estática como seudoestática, por lo que se considera una solución adecuada para el control de procesos de pérdida de material en la margen de la via.

Se establece que los rellenos estructurales asociados al muro estructural deben ejecutarse con materiales granulares que cumplan con los requisitos del material tipo subbase granular según el Artículo 610 del pliego de especificaciones del Instituto Nacional de Vías, garantizando una adecuada compactación y el funcionamiento del sistema de drenaje incorporado al diseño.

En síntesis, el modelo geotécnico asumido, los parámetros de resistencia adoptados y las verificaciones realizadas permiten concluir que el muro de confinamiento y el gavión de protección proyectados son geotécnicamente viables y proporcionan una solución adecuada para restituir el confinamiento del terraplén, mejorar la estabilidad local de la aleta y mitigar los procesos erosivos que afectan el entorno del puente sobre el río Ibacapi, siempre que su construcción se ejecute conforme a las especificaciones de diseño y se acompañe de un adecuado control técnico en obra

Firmas

Geotecnista:	Yenser Antonio Quintero S.	**Revisor:**	
T.P.:	54202-363195 N.S	**T.P.:**	
Fecha:	17/11/2025	**Fecha:**	

COMPONENTE ESTRUCTURAL

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander
NIT: 901978204-1

PROYECTO

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

CONTIENE

ANALISIS, CALCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL
MURO CONTENCION EN VOLADIZO
Aleta acompañamiento abs +060

CONSULTOR

VICTOR A. HERNANDEZ G.
Ingeniero Civil_U de C
Especialista Estructuras_ECI

Diciembre de 2025

PROYECTO
DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

ANALISIS, CALCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL
MURO CONTENCION EN VOLADIZO
Aleta acompañamiento abs +060

VHG-MT_Pte IBACAPY- MR Vol._v0

ORIGINAL

BOGOTA D.C, diciembre de 2025

VERSIÓN 0.0 Vigente desde: 05/12/2025		
Elaboró: Ing. Víctor Hernández G. Fecha: 03/12/2025	Revisó: Fecha:	Aprobó: Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo: Especialista en Estr...	Cargo: Especialista en Estr. Interv.	Cargo:

VHG & ASOCIADOS LTDA.	Proyecto: Pte IBACAPI	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 2/12/2025	
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural muro acompañamiento	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_	
			Ver. 0,0	

1.- OBJETO:

Análisis, calculo y diseño estructural de muro de acompañamiento a estribo del puente.

2. -LOCALZACION:

Aleta margen izquierda aguas abajo - Lado Moniquira

3. -NORMAS DISEÑO:

CCP-14

4. -DOCUMENTOS REFERENCIA:

Ficha Tecnica GEOTECNIA: NT-001_GEOTEC_PTE-IBAC_PAUN (Incluye Localizacion)

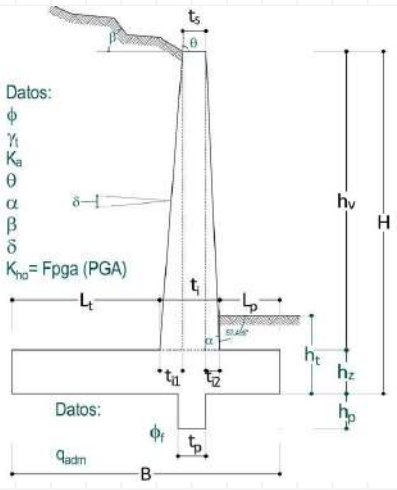
INF._VHG_PEB-JI_INSP. PTE IBACAPI._v0.0

5. -MATERIALES

f'c=	28,00	Mpa	w_c=	2.400	kg/m^3	**Ec**= $0.043\ k_1\ (w_c)^{1.5}\sqrt{f'c}$ =	**26.752,50 Mpa**
			k_1=	1			
fy=	420	Mpa	**E_s=**	200.000	Mpa	**N= Es / Ec=** 7,48	

6 -PREDIMENSIONAMIENTO

H=	6,50	m							
hs'=	0,60	m	Tabla 3,11,6,4,-2		CCP-24		**α=**	85,84	o
θ_d=	90,00	o					**θ=**	90,00	o
B= 1/2H ~ 2/3H =				4,33	m	=>adopt.	**B=**	4,50	m
hz= 0.1H=				0,80	m	=>adopt.	**hz=**	1,00	m
t_s= H/24				0,27	m	=>adopt.	**t_s=**	0,35	m
t_i= 0.1H				0,70	m	=>adopt.	**t_i=**	0,75	m
t_{i1}= (H-hz) * Tang^{-1}θ				0,00		=>adopt.	**t_{i1}=**	0,00	m
t_{i2}=				0,43		=>adopt.	**t_{i2}=**	0,40	m
L_p= B/3				1,50	m	=>adopt.	**Lp=**	1,55	m
L_t= 2/3B				3,00	m	=>adopt.	**Lt=**	2,20	m



7.- PROPIEDADES SUELO - CALCULO K_a y K_{AE}

θ=	90,00	o
β=	20,00	o
ι=	0,00	o
ϕ=	30,00	o
ϕ_f=	30,00	o
δ=	0,00	o
γ_s=	2.000,00	kg/m^3
q_{adm}=	1,25	kg/cm^2

$$\Gamma = \left[1 + \sqrt{\frac{sen(\phi+\delta)\ sen(\phi-\beta)}{sen(\theta-\delta)\ sen(\theta+\beta)}}\right]^2 = 1{,}70$$

$$k_a = \frac{sen^2(\theta+\phi)}{\Gamma\left[sen^2\theta\ sen(\theta-\delta)\right]} = 0{,}441$$

Fpga = 1,2 PGA = 0,2

$\theta = \arctan\left(\frac{k_h}{1-k_v}\right) =$ **6,84** °

$K_{ho} = F_{pga}$ (PGA) = 0,24

Kh= coef. De aceleracion htal= 0.50 K_{ho}= 0,12 num. 11.6.5.2.1 - CCP14

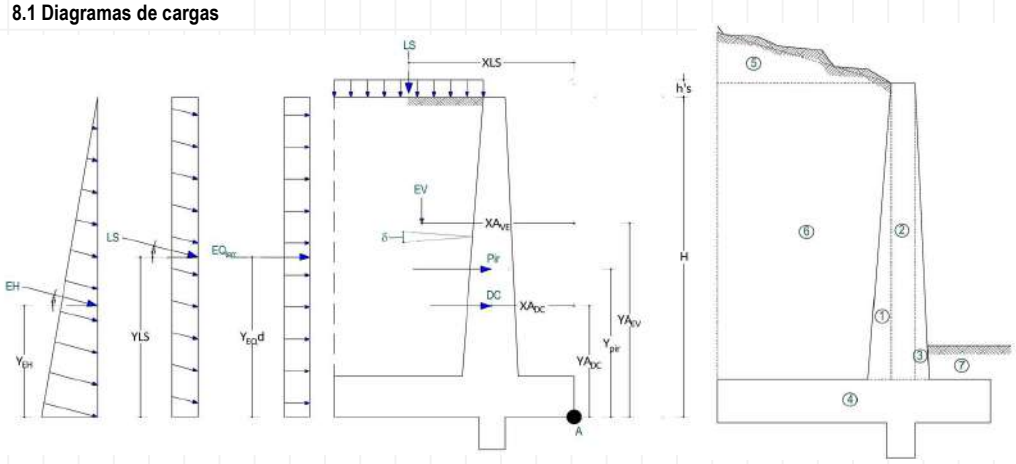
Kv= coeficiente de aceleracion vertical= 0,0 num. 11.6.5.2.2 - CCP14

Para ϕ =30° > i + v ==>> num. 11.6.5.2.3 - CCP14

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi-\theta-\beta)}{\cos\theta\cos^2\beta\cos(\delta+\beta+\theta)\left[1+\sqrt{\frac{sen(\phi+\delta)sen(\phi-\theta-i)}{\cos(\delta+\beta+\theta)\cos(i-\beta)}}\right]^2} = \mathbf{0,578}$$

8. -ANALISIS ESTABILIDAD

8.1 Diagramas de cargas



Identificación de Cargas **Numeración Cargas Verticales**

8.2 -PRESIONES LATERALES

Lateral del terreno, _EH_1 = 1/2*Ka γ_s H^2= **18.636,07** kg/m

Lateral sobre carga viva, _LS_1 = Ka γ_s hs'H= **3.440,51** kg/m

8.2 -PRESIONES VERTICALES

Cargas DC **TIPO** DC

Peso Propio

Elemento	Volumen	DC	X_A	Y_A	X_A . DC	Y_A . DC
	(m3)	kg/m	(m)	(m)	kg-m/m	kg-m/m
1	0,00	0,00	2,30	2,83	0,00	0,00
2	1,93	4.620,00	2,13	3,75	9.817,50	17.325,00
3	1,10	2.640,00	1,82	2,83	4.796,00	7.480,00
4	4,50	10.800,00	2,25	0,50	24.300,00	5.400,00
Σ		**18.060,00**			**38.913,50**	**30.205,00**

$XA_{DC} = \frac{X_A DC}{\Sigma DC}$ **2,15 m** $YA_{DC} = \frac{Y_A DC}{\Sigma DC}$ **1,67 m**

VHG & ASOCIADOS LTDA. Constructores y Consultores en Proyectos de Ingeniería	Proyecto: Pte IBACAPI Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural muro acompañamiento	Calculó: Ing. vhg Revisó: Ing. VHG	Fecha: 2/12/2025 Hoja __ de _19_ Ver. 0,0

Cargas EV (peso del Terreno)

Cargas EV **TIPO** EV

Elemento	Volumen	EV	X_A	Y_A	X_A . EV	Y_A . EV
	(m3)	kg/m	(m)	(m)	kg-m/m	kg-m/m
5	0,88	1.761,62	3,77	6,77	6.635,42	11.920,70
6	12,10	24.200,00	3,40	3,75	82.280,00	90.750,00
7	-0,77	-1.531,82	0,77	-0,25	-1.173,29	381,44
	Σ	**24.429,80**			**87.742,13**	**103.052,14**

$$XA_{EV} = \frac{X_A\,EV}{\Sigma EV} = 3{,}59 \text{ m} \qquad YA_{EV} = \frac{Y_A\,EV}{\Sigma EV} = 4{,}22 \text{ m}$$

Carga EH_{1y} **TIPO** EH

Vertical del terreno, $_EH_{1y} = _EH_1 \operatorname{sen} \delta$

$_EH_{1y}$= **0,00** kg/m

XEH_{1y}= **4,50** m

Carga LS **TIPO** LS

Carga LS (sobrecarga por carga viva proyectada en talón)= hs' (Lt + _Ti1) γs

LS= **2.640,00** kg/m

XLS= **3,40** m

Carga LS_{1y} **TIPO** LS

Carga LS1y (empuje por sobrecarga por carga viva)= _LS1 seno_d

$_LS_{1y}$= **0,00** kg/m

XLS_{1y}= **4,50** m

RESUMEN CARGAS VERTICALES				
CARGA	**TIPO**	**V (kg/m)**	**X_A (m)**	**M_V (kg-m/m)**
DC	DC	18.060,00	2,15	38.913,50
EV	EV	24.429,80	3,59	87.742,13
EH1y	EH	0,00	4,50	0,00
LS	LS	2.640,00	3,40	8.976,00
LS1y	LS	0,00	4,50	0,00
Σ		**45.129,80**		**135.631,63**

8.3 CARGAS HORIZONTALES

Carga EH_{1x} **TIPO** EH

Lateral del terreno, $_EH_{1x} = EH_1 \cos \delta$

$_EH_{1x}$ = **18.636,07** kg/m

YEH_{1x}= **2,17** m

Carga LS_{1x} **TIPO** LS

Carga LS_{1x} (sobrecarga por carga viva en el terreno)= $LS_1 \cos_\delta$

$_LS_{1x}$ = **3.440,5** kg/m

YLS_{1x}= **3,25** m

Cargas EQ (acción sísmica)

Efecto combinado de P_{AE} y P_{IR}

P_{AE} = **1/2 $K_{AE}\ \gamma_t\ H^2$=** 24.441,57 kg/m

Cargas EQ_{terr} **TIPO** EQ

Acción sísmica del terreno, EQ_{terr}

$_EQ_{terr}$ = P_{AE} - $_EH_1$= 5.805,5 kg/m

Y_{EQ} = 3,25 m

Cargas $0.5P_{ir}$ **TIPO** EQ

Fza inercial del estribo **(P_{ir})**

Ww+ Ws = 18.060,00 + 24.429,80 = 42.489,80 kg/m

P_{ir} = $K_h\ (W_w + W_s)$= **5.098,78** kg/m num. 11.6.5.1-1; CCP14

$$Y_{pir} = \frac{Ww\ Y_A + Ws\ Y_A}{Ww + Ws} = 3,14 \text{ m}$$

Max. $P_{AE} + 0.5\ P_{IR}$= 26.990,96 / $(0.5P_{AE} > _EH1) + P_{IR}$ 23.734,85 **26.990,96** kg/m num. 11.6.5.1; CCP14

$05P_{ir}$ = **2.549,39** kN/m

RESUMEN CARGAS HORIZONTALES

CARGA	TIPO	H (kg/m)	Y_A (m)	M_H (kg-m/m)
EH1x	EH	18.636,07	2,17	40.378,16
LS1x	LS	3.440,51	3,25	11.181,64
EQterr	EQ	5.805,50	3,25	18.867,87
0.5Pir	EQ	2.549,39	3,14	7.995,43
Σ		**30.431,46**		**78.423,10**

8.3 - ESTADOS LIMITES APLICABLE Y COMBINACIONES DE CARGAS

ESTADO LIMITE	γ_{DC}	γ_{DW}	γ_{EV}	γ_{LL+IM}	γ_{LSY}	γ_{LSX}	γ_{EH}	γ_{EQ}	γ_{WS}	γ_{BR}	$\gamma_{CR+SH+TU}$	Aplicación
Resistencia Ia	0,90	0,65	1,00	0	0	1,75	1,50	0	0	1,75	0,50	Desliz. y Vuelco
Resistencia Ib	1,25	1,50	1,35	1,75	1,75	1,75	1,50	0	0	1,75	0,50	Presiones resistencia
Resistencia IIIa	0,90	0,65	1,00	0	0	0	1,50	0	1,40	0	0,50	Desliz. y Vuelco
Resistencia IIIb	1,25	1,50	1,35	0	0	0	1,50	0	1,40	0	0,50	Presiones resistencia
Ev. Extremo I	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	1,00	1,00	0	0,50	0	Deslizm., Vuelco y
Servicio I	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0	1,00	0	Agriet.

Cargas Verticales (Vu)

TIPO	DC			DW	EV	EH		LL+IM	LS		$\Sigma= V_U$(kg)
CARGA	DC				EV	EH1y			LS	LS1y	
Vu (kg)	**18.060**	**0**	**0**	**0**	**24.430**	**0**			**2.640**	**0**	**45.129,80**
Resistencia Ia	16.254	0	0	0	24.430	0	0	0	0	0	**40.683,80**
Resistencia Ib	22.575	0	0		32.980	0		0	4.620	0	**60.175,23**
Resistencia IIIa	16.254	0	0		24.430	0		0	0	0	**40.683,80**
Resistencia IIIb	22.575	0	0		32.980	0		0	0	0	**55.555,23**
Ev. Extremo I	18.060	0	0		24.430	0		0	1.320	0	**43.809,80**
Servicio I	18.060	0	0		24.430	0		0	2.640	0	**45.129,80**

Mto Estabilizador por cargas vert. (M_{vu})

TIPO	DC			DW	EV	EH		LL+IM	LS		$\Sigma= M_{UV}$(kg-m)
CARGA	DC				EV	EH1y			LS	LS1y	
Mvu (kg-m/m)	**38.914**	**0**	**0**	**0**	**87.742**	**0**			**8.976**	**0**	**135.631,63**
Resistencia Ia	35.022	0	0	0	87.742	0	0	0	0	0	**122.764,28**
Resistencia Ib	48.642	0	0	0	######	0	0	0	15.708	0	**182.801,75**
Resistencia IIIa	35.022	0	0	0	87.742	0	0	0	0	0	**122.764,28**
Resistencia IIIb	48.642	0	0	0	######	0	0	0	0	0	**167.093,75**
Ev. Extremo I	38.914	0	0	0	87.742	0	0	0	4.488	0	**131.143,63**
Servicio I	38.914	0	0	0	87.742	0	0	0	8.976	0	**135.631,63**

Cargas Htales (Hu)

TIPO	EH		LS	WS	BR	CR+SH+TU	EQ			$\Sigma= H_U$(kg)
CARGA	EH1x		LS1x				EQterr	0.5Pir		
Hu (kN)	**18.636**	**0**	**3.441**	**0**	**0**	**0**	**5.805**	**2.549**	**0**	**30.431,46**
Resistencia Ia	27.954	0	6.021	0	0	0	0	0	0	**33.975,00**
Resistencia Ib	27.954	0	6.021	0	0	0	0	0	0	**33.975,00**
Resistencia IIIa	27.954	0	0	0	0	0	0	0	0	**27.954,11**
Resistencia IIIb	27.954	0	0	0	0	0	0	0	0	**27.954,11**
Ev. Extremo I	18.636	0	1.720	0	0	0	5.805	2.549	0	**28.711,21**
Servicio I	18.636	0	3.441	0	0	0	0	0	0	**22.076,58**

Mto vuelco por cargas htales (M_{Hu})

TIPO	EH		LS	WS	BR	CR+SH+TU	EQ			Σ= M_{UH}(kg-m)
CARGA	EH1x		LS1x				EQterr	0.5Pir	0,00	
M_{Hu} (kN)	40.378	0	11.182	0	0	0	18.868	7.995	0	78.423,10
Resistencia Ia	60.567	0	19.568	0	0	0	0	0	0	80.135,12
Resistencia Ib	60.567	0	19.568	0	0	0	0	0	0	80.135,12
Resistencia IIIa	60.567	0	0	0	0	0	0	0	0	60.567,24
Resistencia IIIb	60.567	0	0	0	0	0	0	0	0	60.567,24
Ev. Extremo I	40.378	0	5.591	0	0	0	18.868	7.995	0	72.832,28
Servicio I	40.378	0	11.182	0	0	0	0	0	0	51.559,80

8.3.1 - CHEQUEO ESTABILIDAD Y ESFUERZOS

8.3.1.2 - Giro alrededor de punto "A"

Estado limite de Resistencia. Num. 11.6.3.3

Se debe mantener la resultante en la base del cimiento dentro de los dos tercios centrales (e ≤ B/3), excepto el caso de suelo rocos en el que se mantendrá en los 9/20 centrales (e ≤ 0.45B)

e_{max} ≤ B/3 **B/3=** 1,50 m

e_{max} ≤ 0,45 B **0,45B=** 2,03 m

Estado limite de Evento Extremo. Num. 11.6.5.1

Cuando γ_{EQ}= 0, se debe mantener la resultante en la base del cimiento dentro de los 2/3 centrales del cimiento para cualquier suelo (e ≤ B/3)

Cuando γ_{EQ}= 1, se debe mantener la resultante en la base del cimiento dentro de los 8/10 centrales del cimiento para cualquier suelo (e ≤ 2/5B)

Para valores de γ_{EQ} entre 0 y 1.0 interpolar linealmente entre valores especificados. Para γ_{EQ} = 0.5 , la interpolación da un limite e ≤ 11/30 B)

e_{max} = 11/30 B= 0,00 m

Estado	Vu kg/m	M_{VU} kg-m/m	M_{HU} kg-m/m	$x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{Vu}$ (m)	e = B/2 - X_0 (m)	e_{max}≤B/3 (m)	e_{max}≤0,45B (m)
Resistencia Ia	40.683,80	122.764,28	80.135,12	1,05	1,20	1,5 oK	2,03 oK
Resistencia Ib	60.175,23	182.801,75	80.135,12	1,71	0,54	1,5 oK	2,03 oK
Resistencia IIIa	40.683,80	122.764,28	60.567,24	1,53	0,72	1,5 oK	2,03 oK
Resistencia IIIb	55.555,23	167.093,75	60.567,24	1,92	0,33	1,5 oK	2,03 oK
Ev. Extremo I	43.809,80	131.143,63	72.832,28	1,33	0,92	1,5 oK	2,03 oK
Servicio I	45.129,80	135.631,63	51.559,80	1,86	0,39	1,5 oK	2,03 oK

VHG & ASOCIADOS LTDA.	Proyecto: Pte IBACAPI	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 2/12/2025
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural muro acompañamiento	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

8.3.1.3 - Deslizamiento en la base del estribo

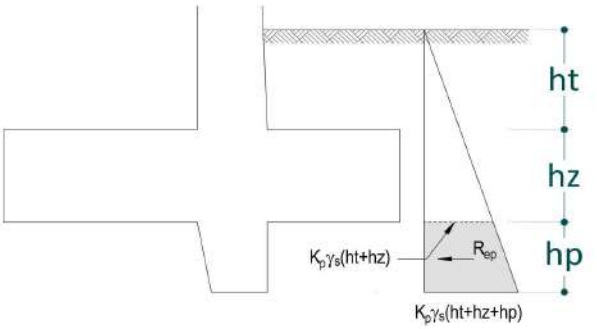
μ= tang ϕ_f = **0,577** Tabla 3.11.5.3-1- CCP14

$\phi\tau$= 1,00 estado limite de Resistencia - Tabla 11.5.7-1, CCP14

1,00 estado limite de Resistencia - Tabla 11.5.8, CCP14

Estado	Vu kg-m/m	Ff = μ ($\phi\tau$ Vu)	Actuante, Hu kg/m
Resistencia Ia	40.683,80	23.488,80	33975 N.C
Resistencia Ib	60.175,23	34.742,18	33975 oK
Resistencia IIIa	40.683,80	23.488,80	27954,11 N.C
Resistencia IIIb	55.555,23	32.074,83	27954,11 oK
Ev. Extremo I	43.809,80	25.293,60	28711,21 N.C
Servicio I	45.129,80	26.055,70	22076,58 oK

definir DENTELLON



ϕ_f= 30 °

θ= 90 °

δ= 0 °

δ/ϕ_f= 0,00

==> k_p= 8,00 Figura 3.11.5.4 y 3.11.5.4.-1 - CP14

==> R= 0,57 Figura 3.11.5.4 y 3.11.5.4.-1 - CP14

Kp= R k_p= 4,59

Rep= $\frac{Hu - Ff}{\phi_{ep}}$ ϕ_{ep}= 0,50 Tabla 10.5.5.2.2-1 R_{ep}= 20.972,39 kg/m

h_t= 0,50 m

$R_{ep} = K_p \gamma_s h_p [(2(ht+hz) + hp] /2$

$\frac{2Rep}{K_p \gamma_s}$ = 4,57 m2 ==> $hp^2 + 2 (hz + ht) hp - 2Rep / Kp \gamma_s = 0$ ==> hp= 1,11 m

8.3.1.4 - presiones en la base del estribo

ϕ_{br}= 0,55 Tabla 11.5.7.1-1, CCP14

ϕ_{be}= 1,00 num. 11.5.8, CCP14

FS= 3,00

1) Estado limite de resistencia

$q_r = \phi_{br}\, q_n$

$q_r = \phi_{br}\, (FS\ q_{adm})$= **2,06** kg/cm^2

2) Estado limite de evento extremo

$q_{re} = \phi_{be}\, q_n$

$q_{re} = \phi_{be}\, (FS\ q_{adm})$= **3,75** kg/cm^2

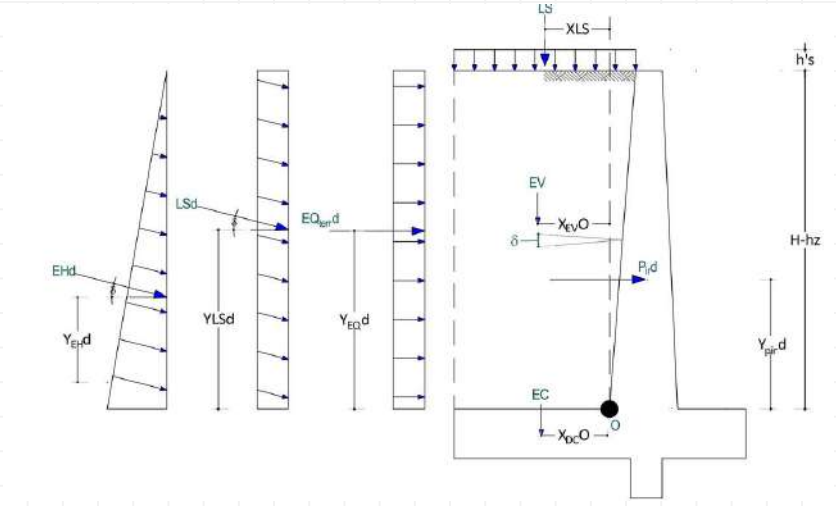
3) Estado limite de servicio

q_{adm}= **1,25** kg/cm^2

Estado	Vu	M_{VU}	M_{HU}	$x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{Vu}$	e = B/2 - X_0	$q = \frac{Vu}{B - 2e}$
	kg/m	kg-m/m	kg-m/m	(m)	(m)	kg/cm^2
Resistencia Ia	40.683,80	122.764,28	80.135,12	1,05	1,20	1,94 => oK q < qr
Resistencia Ib	60.175,23	182.801,75	80.135,12	1,71	0,54	1,76 => oK q < qr
Resistencia IIIa	40.683,80	122.764,28	60.567,24	1,53	0,72	1,33 => oK q < qr
Resistencia IIIb	55.555,23	167.093,75	60.567,24	1,92	0,33	1,45 => oK q < qr
Ev. Extremo I	43.809,80	131.143,63	72.832,28	1,33	0,92	1,65 => oK q < qre
Servicio	45.129,80	135.631,63	51.559,80	1,86	0,39	1,21 => oK q < qadm

9.0 -DISEÑO

9.1 -DIAGRAMA CARGAS



VHG & ASOCIADOS LTDA.	Proyecto: Pte IBACAPI Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural muro acompañamiento	Calculó: Ing. vhg Revisó: Ing. VHG	Fecha: 2/12/2025 Hoja __ de _19_ Ver. 0,0

9.2 -CARGAS HORIZONTALES

Carga LS_xd **TIPO** LS Carga LS_{1x} (sobrecarga por carga viva en el terreno)= $LS_1 \cos\delta$

Lateral sobre carga viva, $\mathbf{LS_Xd} = Ka\ \gamma_s\ hs'(H\text{-}hz)\ \cos_d=$

LS_xd= **2.911,2** kg/m

YLS_xd= **2,75** m

MLS_xd= **8.005,79** kg-m/m

Carga EHxd **TIPO** EH

Lateral del terreno, $\mathbf{EH_xd} = 1/2\ Ka\ \gamma_s\ (H\text{-}hz)^2 \cos_d$

EH_xd = **13.342,99** kg/m

YEHd=1/3(H-hz) **1,83** m

MEH_xd= **24.462,14** kg-m/m

Cargas EQ (acción sísmica)

Efecto combinado de P_{AE} y P_{IR}

$P_{AE}d$ = $1/2\ K_{AE}\ \gamma_t\ (H\text{-}hz)^2$=

$P_{AE}d$ = 17.499,59 kg/m

Cargas $EQ_{terr}d$ **TIPO** EQ

Acción sísmica del terreno, **EQterrd**

$EQ_{terr}d$ = PAE d - EH_{xd}= **4.156,60** kg/m

$Y_{EQ}d$ = 1/2*(H-hz) **2,75** m

$M_{EQterr}d$= **11.430,65** kg-m/m

Cargas $0.5P_{ir}d$ **TIPO** EQ

Fza inercial del estribo **(P_{ir})**

Elemento	Volumen	Ww	X_{Aw}	Y_{Aw}	X_{Aw} . Ww	Y_{Aw} . Ww
	(m3)	kg/m	(m)	(m)	kg-m/m	kg-m/m
1	0,00	0,00	2,30	1,83	0,00	0,00
2	1,93	4.620,00	2,13	2,75	9.817,50	17.325,00
3	1,10	2.640,00	1,82	1,83	4.796,00	7.480,00
	Σ	**7.260,00**			**14.613,50**	**24.805,00**

$$\mathbf{Y_{pir}d=}\ \frac{\Sigma Y_A w\ Ww}{\Sigma Ww}\quad \mathbf{3,42}\quad \mathbf{m}$$

$P_{ir}d$ = $K_h W_w$= **871,20** kg/m sin incluir masa suelo sobre el talón, num. 11.6.5.1 - CCP14

Max. $P_{AE}d + 0.5\ P_{IR}d$= 17.935,19 | (05$P_{AE}d$ > EHxd) + $P_{IR}d$= 14.214,19 | **17.935,19** kg/m num. 11.6.5.1; CCP14

05$P_{ir}d$ = **435,60** kN/m

$M_{05Pir}d$= 05Pird*Yaw **1.488,30** kg-m/m

9.3 -CALCULO DEL ACERO

9.3.1 - DISEÑO PANTALLA

9.3.1.1 - Flexión

9.3.1.1.1 - Acero para flexión

Mtos por cargas htales (M_H)

TIPO	EH	LS	EQ		Σ= M_{UH}(kg-m)
CARGA	MEHxd=	MLSxd=	MEQterrd=	M05Pird=	
M_{Hu} (kg-m/ml)	**24.462,14**	**8.005,79**	**11.430,65**	**1.488,30**	**45.386,88**
Resistencia Ia	36.693,22	14.010,14	0,00	0,00	**50.703,35**
Resistencia Ib	36.693,22	14.010,14	0,00	0,00	**50.703,35**
Resistencia IIIa	36.693,22	0,00	0,00	0,00	**36.693,22**
Resistencia IIIb	36.693,22	0,00	0,00	0,00	**36.693,22**
Ev. Extremo I	24.462,14	4.002,90	11.430,65	1.488,30	**41.383,99**
Servicio	24.462,14	8.005,79	0,00	0,00	**32.467,94**

M_U= 496,89 kN-m/m

Mmin

La cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir el menor de Mcr y 1.33Mu

1.33Mu= 660,87 kN-m/m

Mcr= 1.1 f_r S **S=** $bh^2/6$ = 9,38E+07 mm^3 **_fr=** 0.63 $(f'c)^{\wedge 1/2}$= 3,33 Mpa

Mcr= 343,8 kN-m/m

min(1.33Mu, Mcr)= 343,78 kN-m/m

Mu_m= 496,89 kN-m/m

r= 5,00 cm tabla 5.12.3-1, CCP14

barra ref. No. 7 **r_m** al centro del acero= 6,11 cm

d_m = t_{inf} - r_m= 68,89 cm

ϕ_m= 0,9 según 11.5.8 de CCP14 ==>> ρ_a= 0,0028414

As/s (Ast)= 19,57 cm2/m s_m= 0,198 m c/c **USAR No 7 19,8 cm c/c**

9.3.1.1.2 - Acero de temperatura

espesor promedio pantalla, **tpm**= $(t_s + t_i)/2$= **550** mm

altura de pantalla, **hm**=(H-hz)= **5.500** mm

$$A_s \geq \frac{0.75bh}{2(b+h)f_y}$$ = 0,446 mm2/mm

$0.233 \leq A_s \leq 1.27$ **Astm oK**

s_{max}: 3tpm= 1,65 m **USAR No 4 28,4 cm c/c**

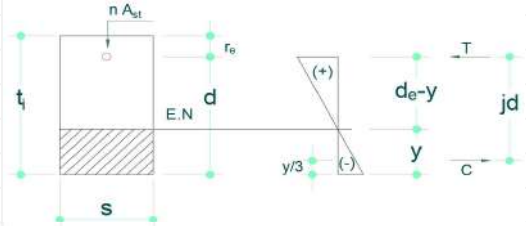
0,45 m

No 4 s_{tm}= 0,28 m

9.3.1.1.3 - Revisión fisuración

Ms= $M_{LS} + M_{EH} + M_{MR}$ = 318,19 kN-m/m s_m Ms= 6,31E+07 N-mm

n Ast= n π ϕ_{bm}^2 / 4 29,00 cm^2



$$s_\emptyset \frac{y^2}{2} = nA_{st}(d-y);\ => Y =$$ 12,81 cm ∧ $$jd = d - \frac{y}{3} =$$ 646,18 mm

$$f_{ss} = \frac{M_s}{(jd)A_s} =$$ 251,56 Mpa ≤ 0.6Fy f_{ss}= 252 Mpa

$$\beta_s = 1 + \frac{d_c}{0.7(h-d_c)}$$ = 1,13

Exposición= Clase 2 ==>> γ_e = 0,75

$$s \le \frac{123000\gamma_e}{\beta_s f_{ss}} - 2d_c$$ = 203,24 mm **oK, sf** CCP14, ec. 5.7.3.4-1

9.3.1.2 -Revisión por cortante

Cargas Htales (Hh)

TIPO	EH	LS	EQ		Σ= Hh(kg/m)
CARGA	EHxd	LSxd	EQterr d	0.5Pird	
M_{Hu} (kg/ml)	**13.342,99**	**2.911,20**	**4.156,60**	**435,60**	**20.846,38**
Resistencia Ia	20.014,48	5.094,60	0,00	0,00	**25.109,08**
Resistencia Ib	20.014,48	5.094,60	0,00	0,00	**25.109,08**
Resistencia IIIa	20.014,48	0,00	0,00	0,00	**20.014,48**
Resistencia IIIb	20.014,48	0,00	0,00	0,00	**20.014,48**
Ev. Extremo I	13.342,99	1.455,60	4.156,60	435,60	**19.390,78**
Servicio	13.342,99	2.911,20	0,00	0,00	**16.254,18**

V_{Um}= 246,07 kN/m

Vr= ϕ Vn **ϕ_{vm}=** 0,90 **Vn** ==> min Vn= Vc + Vs + Vp ; Vn= 0.25f'c bv dv + Vp

bvm= 1.000 mm

dm= 688,9 mm

$$a = \frac{As\ fy}{0.85\ f'_c\ b}$$ = 34,54 mm

dv= 10*dm - a/2= 671,62 mm num. 5.8.2.9 - CCP14

max 0.9d= 620,00 mm ; 0.72ti= 540,00 mm 620,00 ==> **dvm=** 671,62 mm

calculo de β: aplica procedimiento gral 5.8.3.4.2-CCP14

$$\beta = \frac{4.8}{(1+750\varepsilon_s)}\,\frac{51}{(39+s_{xe})}$$ num. 5.8.3.4.2 - CCP14

V_{Um}= 246,07 kN/m Vum dv= 165,26 kN-m/m

M_U= 496,89 kN-m/m cumple num.5.8.3.4.2-CCP14 **Ok, Mu > Vudv**

$$\varepsilon_s = \frac{\frac{|M_u|}{d_v} + |V_u|}{E_s A_s}$$ = 0,00252 num. 5.8.3.4.2-4, CCP14

$$S_{xe} = s_x \frac{1.38}{a_g + 0.63}$$ num. 5.8.3.4.2-5, CCP14

s_x = dv = 671,62 mm

a_g= tamaño max agregado= 3/4 pulg

s_{xe}= 671,62 $300mm \le S_{xe} \le 2000mm$ **oK**

β_o= 1,29 ==>> $Vc = 0.083\beta\sqrt{f'c}\,bvmdvm$ **Vc=** 381,96 kN/m

Vn ==> min 381,96 kN/m, 4.701,31 kN/m **Vn=** 381,96 kN/m

f_{vm}Vn= 343,76 kN/m **oK, fvmVn > Vu**

9.3.2 - DISEÑO CIMENTACION

9.3.2.1 - TALON

9.3.2.1.1 - CARGAS

Acciones en el Talón

Cargas DC **TIPO** DC

Peso Propio

Elemento	Volumen (m3)	DC kg/m	X_A (m)	X_A . DC kg-m/m
4	2,20	5.280,00	1,10	5.808,00
	Σ	**5.280,00**		**5.808,00**

$X_{DC}O = \frac{X_o DC}{\Sigma DC}$ **1,10 m**

DCz= 5.280,00 kg-m/ml

M_{DC}= 5.808,00 kg-m/ml

Cargas EV (peso del Terreno)

Cargas EV **TIPO** EV

Elemento	Volumen (m3)	EV kg/m	X_A (m)	X_A . EV kg-m/m
5	0,88	1.761,62	1,47	2.583,70
6	12,10	24.200,00	1,10	26.620,00
	Σ	**25.961,62**		**29.203,70**

$X_{EV}O = \frac{X_o EV}{\Sigma EV}$ 1,12 m

EVz= 25.961,62 kg/ml

M_{EV}= 29.203,70 kg-m/ml

Carga EHyd **TIPO** EH

Vertical del terreno, EHyd = 1/2 Ka γ_s $(H-hz)^2$ sen_d

EHyd= **0,00** kg/m

XEH_d= **2,20** m

MEHyd= **0,00** kg-m/m

Carga LS **TIPO** LS

Carga LS (sobrecarga por carga viva proyectada en talón)= hs' (Lt + _Ti1) γs

LSz= **2.640,00** kg/m

XLS= **1,10** **m**

MLSz= **2.904,00** kg-m/m

Carga LSyd **TIPO** LS

Vertical sobre carga viva, **LS_yd** = Ka γ_s hs'(H-hz) sen_d=

LS_yd= **0,0** kg/m

XLS_yd= **2,20** m

MLS_yd= **0,00** kg-m/m

9.3.2.1.2 -Flexión

9.3.2.1.2.1 -Acero para flexión

Estado Limite de Resistencia, **Ib**

Mu= 1.25 M_{DC} + 1.35M_{EV} + 1.75M_{LS} + 1.5M_{EH}= 507,32 kN-m/m

Mmin

La cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir el menor de Mcr y 1.33Mu

1.33Mu= 674,73 kN-m/m

Mcr= 1.1 f_r S **S**= $bh^2/6$ = 1,67E+08 mm^3 **fr**= 0.63 $(f'c)^{\wedge 1/2}$= 3,33 Mpa

Mcr= 611,2 kN-m/m

min(1.33Mu, Mcr)= 611,17 kN-m/m

Mu_t= 611,17 kN-m/m

r= 7,50 cm tabla 5.12.3-1, CCP14

barra ref. No. 7 **r_t** al centro del acero= 8,61 cm

dt= hz - rt= 91,39 cm ==>>

ϕ_rb= 0,90 ρ_z= 0,00197

As/s = 18.006 cm2/m s_t= 0,22 m c/c **USAR No 7 21,5 cm c/c**

$$a = \frac{As\, f_y}{0.85 f'_c b} =$$ 3,18 cm β_1= 0,85

$c_t = a/\beta_1$ = **3,74**

$$\varnothing = 0.65 + 0.15\left(\frac{d_t}{c} - 1\right) \le 0.90$$ 0,90 **oK frb supuesto** num. 5.5.4.2.1-2; fig. C5.5.4.2.1-1 - CCP14

9.3.2.1.2.2 -Acero de temperatura

espesor placa cmt, **h = hz=** **1000** mm

b= B= **4.500** mm

$$A_s \ge \frac{0.75bh}{2(b+h)f_y}$$ = 0,731 mm2/mm

$0.233 \le A_s \le 1.27$ **Astp oK**

s_{max}: 3t= 3 m

0,45 m

No 3 s_{tt}= 0,17 m **USAR No 4 17,3 cm c/c**

9.3.2.1.3 -Revisión por cortante

Vut= 1.25 DC + 1.35EV + 1.75LS + 1.5EH= 699,50 kN/m

Vr= ϕ Vn ϕ_{vb}= 0,90 **Vnz** ==> min Vn= Vc + Vs + Vp ; Vn= 0.25f'c bv dv + Vp

b_v**b=** 1.000 mm

dv= dt - a/2= 898 mm num. 5.8.2.9 - CCP14

max 0.9dt= 822,50 mm ; 0.72hz= 720,00 mm → 822,50 ==> **dvt=** 898,00 mm

β= 2,00 ==>> Vc= $0.083\beta\sqrt{f'c}$ bvbdvt **Vc=** 788,79 kN/m

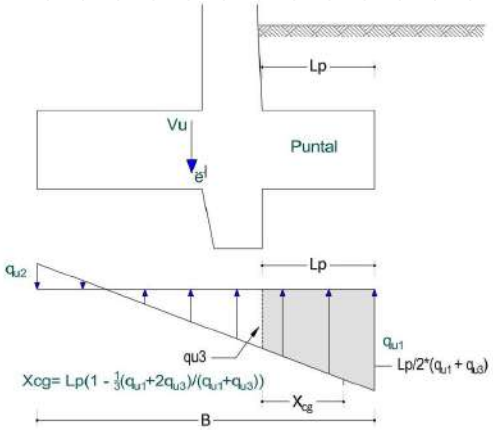
Vn ==> min 788,79 kN/m ; 6.286,00 kN/m **V_{nt}=** 788,79 kN/m

$\phi_{vb}V_nt$= 709,91 kN/m **oK, fvbVnt > Vfut**

9.3.2.2 - PUNTAL

9.3.2.2.1 -Flexión

9.3.2.2.1.1 -Acero para flexión



Resistencia Ib

Vup= 589,72 kN/ml

e_b= 0,54 m

$q_u = \frac{V_u}{B}\left(1 \pm \frac{6e}{B}\right)$ = **$q_{ub,1}$=** 226,08 kN/m² **$q_{ub,2}$=** 36,02 kN/m² ==> **$q_{ub,3}$=** 160,61 kN/m²

$M_u = \frac{L^2}{6}(q_{u,3} + 2q_{u,1})$ = **245,36 kN-m**

Mmin

La cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir el menor de Mcr y 1.33Mu

1.33Mu= 326,33 kN-m/m

Mcr= 1.1 f_r S **S**= $bh^2/6$ = 1,67E+08 mm^3 **fr**= 0.63 $(f'c)^{\wedge 1/2}$= 3,33 Mpa

Mcr= 611,2 kN-m/m

min(1.33Mu, Mcr)= 326,33 kN-m/m

Mu_p= 326,33 kN-m/m

r= 7,50 cm tabla 5.12.3-1, CCP14

barra ref. No. 5 **r_p** al centro del acero= 8,29 cm

dp= hz - rp= 91,71 cm ==>>

$\phi_r b$= 0,90 ρ= 0,00104

As/s = 9.50 cm2/m s_p= 0,21 m c/c **USAR No 5 20,8 cm c/c**

$$a = \frac{As\, f_y}{0.85 f'_c b} =$$ 1,68 cm β_1= 0,85

c_p = a/β_1 = **1,97**

$$\emptyset = 0.65 + 0.15\left(\frac{d_t}{c} - 1\right) \le 0.90$$ 0,90 **oK frb supuesto** num. 5.5.4.2.1-2; fig. C5.5.4.2.1-1 - CCP14

9.3.2.2.1.2 -Acero de temperatura

espesor placa cmt, **h = hz=** **1000** mm

b= B= **4.500** mm

$$A_s \ge \frac{0.75bh}{2(b+h)f_y}$$ = 0,731 mm2/mm

$$0.233 \le A_s \le 1.27$$ **Astp oK**

s_{max}: 3t= 3 m

0,45 m

No 4 s_{tp}= 0,17 m **USAR No 4 17,3 cm c/c**

9.3.2.2.2 - Revisión por cortante

Vup= 1/2Lp (_q_{ub1} + _q_{ub3})= **299,69** **kN-m**

Vr= ϕ Vn **ϕ_{vb}=** 0,90 **Vnz** ==> min Vn= Vc + Vs + Vp; Vn= 0.25f'c bv dv + Vp

$b_v b$= 1.000 mm

dv= dp - a/2= 908,68 mm num. 5.8.2.9 - CCP14

max 0.9dp= 825,36 mm; 0.72hz= 720,00 mm → 825,36 ==> **$d_v p$=** 908,68 mm

β= 2,00 ==>> $Vc = 0.083\beta\sqrt{f'c}\, bvbdvt$ **Vc=** 798,17 kN/m

Vn ==> min 798,17 kN/m; 6.286,00 kN/m **V_{np}=** 798,17 kN/m

$\phi_{vb} V_n p$= 718,36 kN/m **oK, fvbVnp > Vup**

10 -DETALLES DEL DISEÑO

VER PLANO DISEÑO: VHG-EST - PLNs- Pte IBACAPI-MR Vol._v0.0

	Proyecto: Pte IBACAPI	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 2/12/2025
VHG & ASOCIADOS LTDA. Consultorías y Ejecutorías en Procesos de Ingeniería	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural muro acompañamiento	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

11 -CANTIDADES DE OBRA

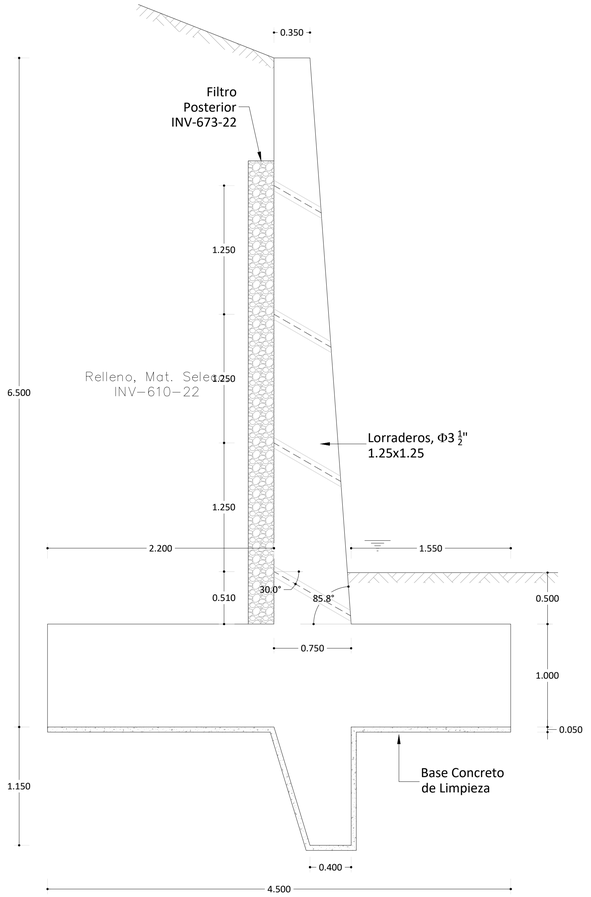
PTE IBACAPI

CANTIDADES DE OBRA -MURO

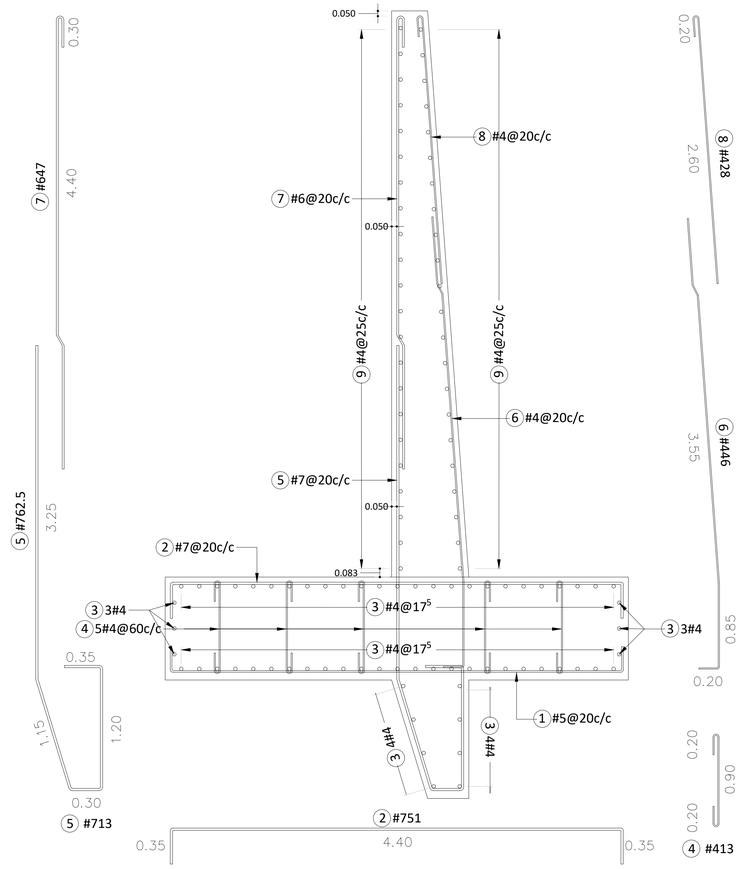
Version V0

No	Figurado	Cant.	Φ	kg/ml	L(m)	Peso Parcial (kg)	Observaciones
1		40	5	1,56	4,90	306,25	
2		40	7	3,06	5,10	624,75	
3		64	4	1,00	8,30	531,20	
4		70	4	1,00	1,30	91,00	
5		40	7	3,06	6,25	765,63	
6		40	4	1,00	4,60	184,00	
7		40	6	2,25	4,70	423,00	
8		40	4	1,00	2,80	112,00	
9		44	4	1,00	8,30	365,20	
				0,00		0,00	

			Acero Fy 420MPa, Peso Total (kg)	**3.403,03**
Concreto, f'c28 MPa	**Placa CMT**	A(m2)=		5,16
		L(m)=		8,00
		Vol.(m3)=		**41,29**
	Muros	A(m2)=		3,03
		L(m)=		8,00
		Vol.(m3)=		**24,20**
		Total Concreto (m3)=		**65,49**
		Cuantía Acero (kg/m3)		**51,96**
Concreto, f'c14 Mpa Base Limpieza		A(m2)=		0,33
		L(m)=		8,00
		Vol.(m3)=		**2,60**



ALZADO MURO - GEOMETRIA
ESC. 1:25



ALZADO MURO - REF.
ESC. 1:25

MATERIALES:		
1. CONCRETO		
MURO	f'c= 280 kgf/cm²	28 MPa
LOSA CIMENTACION	f'c= 280 kgf/cm²	28 MPa
CONCRETO LIMPIEZA	f'c= 140 kgf/cm²	14 Mpa
2. ACERO		
MALLAS ELECTROSOLDADAS	f'y= 4200 kgf/cm²	420 MPa
REFUERZO VARILLA Ø ≥ 3/8"	f'y= 4200 kgf/cm²	420 MPa

DTOS REFERENCIA

INFORME GEOLOGIA
NT-001_GEOTEC_PTE-IBAC_PAUN
Nota: Incluye implantacion

NORMAS DE DISEÑO

CCP-14

NOTAS GENERALES

1. TODAS LAS DIMENSIONES DEBEN VERIFICARSE EN OBRA.
2. LAS LONGITUDES DEL REFUERZO DEBERÀN VERIFICARSE EN LA OBRA CON ANTERIORIDAD AL PEDIDO DE LOS MATERIALES.

REFUERZO

CONVENCIONES



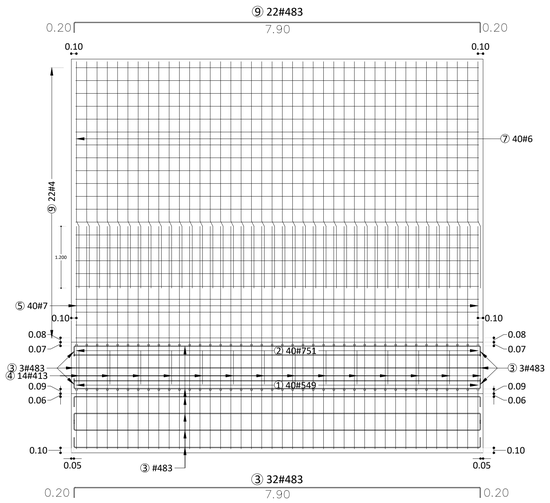
CUADRO DE GANCHOS / TRASLAPOS

GANCHOS REFUERZO LONGITUDINAL (mm)

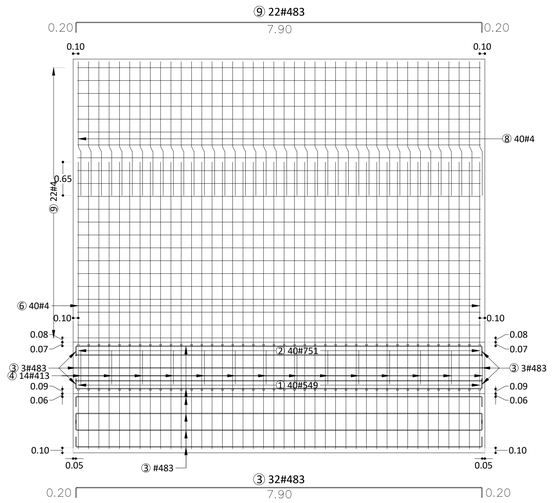
BARRA #	GANCHO
#3	150
#4	200
#5	250
#6	300
#7	350
#8	400

TRASLAPOS REFUERZO LONGITUDINAL MIN (mm)

BARRA #	GANCHO
#3	450
#4	600
#5	700
#6	850
#7	1200
#8	1400



REF. MURO - SUPERFICIE COTRA RELLENO
ESC. 1:50



REF. MURO - SUPERFICIE EXPUESTA
ESC. 1:50

PTE IBACAPI

CANTIDADES DE OBRA -MURO

Version V0

No	Figurado	Cant.	Φ	kg/ml	L(m)	Peso Parcial (kg)	Observaciones
1		40	5	1,56	4,90	306,25	
2		40	7	3,06	5,10	624,75	
3		64	4	1,00	8,30	531,20	
4		70	4	1,00	1,30	91,00	
5		40	7	3,06	6,25	765,63	
6		40	4	1,00	4,60	184,00	
7		40	6	2,25	4,70	423,00	
8		40	4	1,00	2,80	112,00	
9		44	4	1,00	8,30	365,20	
				0,00		0,00	

		Acero Fy 420MPa, Peso Total (kg)	**3.403,03**
		A(m2)=	5,16
	Placa CMT	L(m)=	8,00
		Vol.(m3)=	**41,29**
Concreto, f'c28 MPa		A(m2)=	3,03
	Muros	L(m)=	8,00
		Vol.(m3)=	**24,20**
		Total Concreto (m3)=	**65,49**
		Cuantia Acero (kg/m3)	**51,96**
		A(m2)=	0,33
Concreto, f'c14 Mpa		L(m)=	8,00
Base Limpieza		**Vol.(m3)=**	**2,60**

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ
ENTIDAD CONTRATANTE

CONSORCIO PEB – JI
901.977.234-8

CONSORCIO PEB - JI
CONTRATISTA DE OBRA

PROYECTO

DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

CONTRATO DE OBRA No. 2833 DE 2025

REVISÓ:

ING. GIOVANNI FRANCISCO LAZARO CORREA
CONSORCIO PEB-JI
Director de Obra

APROBÓ:

ING. MAIRA ALEJANDRA PICÓN GARCÍA
CONSORCIO INTER MAP-LAR
Director de Interventoria

SUPERVISÓ:

ING. OSCAR IVÁN PINZÓN SÁNCHEZ
Director de Desarrollo de Infraestructura Vial
Secretaria de Infraestructura Pública

ELABORÓ:

Ing. VICTOR HERNANDEZ G.
Ing. Civil - U de C
Especialista Estr. - ECI
Mat. 1320257029-BLV

FECHA

DICIEMBRE2025

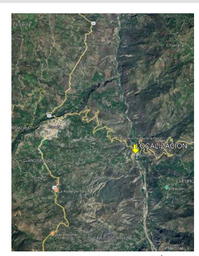
CONTENIDO

MURO ACOPAÑAMIENTO PTE IBACAPI

ESCALA

INDICADA

UBICACIÓN



MUNICIPIO DE BOYACÁ
COLOMBIA

PLANCHA 1 / 1

PUENTE QUEBRADA CARBONERA

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander
NIT: 901978204-1

COMPONENTE DE HIDRAULICA E HIDROLOGIA

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander
NIT: 901978204-1

INFORME TÉCNICO No.954

INFORME COMPONENTE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y SOCAVACIÓN

Diagnóstico y ejecución de obras de emergencia para mitigar el riesgo de daño y/o colapso de puentes ubicados en el departamento por la afectación causada por efecto de la ola invernal, declarada en virtud del decreto de calamidad pública No. 0522 de 24 de mayo de 2025. Contrato de obra No. 2833 de 2025

FECHA:	**16 DE DICIEMBRE DE 2025**	
PROYECTO:	**PUENTE QUEBRADA LA ONDA** **MUNICIPIO DE BUENAVISTA - BOYACÁ**	
PREPARADO POR:	**ALBERTO MOUTHON BELLO** **C.C. 73.137.740** **M.P. 13202-47445 BLV** **Especialista en Hidráulica**	**EHINER MONTIEL DIAZ** **C.C. 1.233.496.714** **M.P. 091037-0592674 CND** **Ingeniero Modelador**

1. PRESENTACIÓN

El presente documento corresponde al análisis hidrológico, hidráulico y de socavación del **Puente Quebrada La Onda**, localizado en la vía Paipa - Buenavista, dentro del marco del Contrato de obra No. 2833 de 2025, ejecutado en desarrollo del Decreto de Calamidad Pública No. 0522 del 24 de mayo de 2025.

El propósito es diagnosticar el comportamiento hidráulico del cauce y las condiciones de estabilidad frente a procesos de socavación, a fin de sustentar técnicamente las medidas de mitigación que garanticen la funcionalidad y seguridad de la estructura.

Imagen 1. Localización general en el Departamento de Boyacá

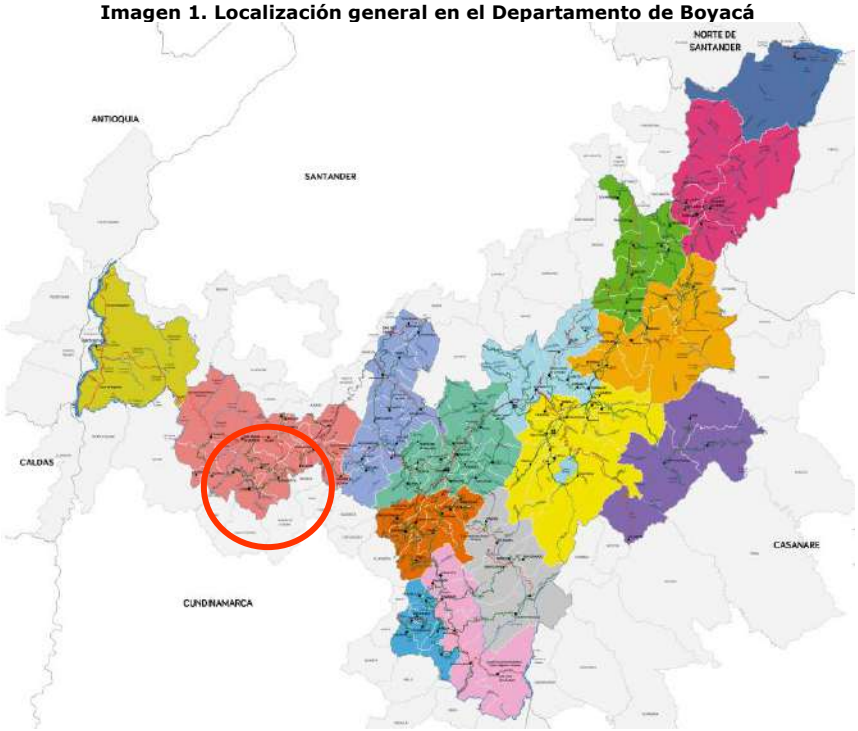


Imagen 2. Panorámica del sitio de implantación del puente



Tabla 1. Descripción general del puente

Ítem	Descripción
Vía / Tramo	[municipio de Paipa hacia Buenavista
Municipio / Departamento	Buenavista / Boyacá
Coordenadas (WGS84)	Lat [5°30'29.00"N] Long [73°57'14.00"O]
Cota aproximada (msnm)	1952
Cauce / Río	Quebrada La Onda
Altura de gálibo (m)	5.0
Ancho de calzada (m)	4.0
Longitud total (m)	8.0
Número de luces	1
Número de apoyos	2
Material dominante	Concreto
Tipo estructural	Simplemente apoyado

Tomado de informe de diagnóstico geotécnico, Consorcio PEB-JI

2. MORFOLOGÍA E INFORMACIÓN DE LA CUENCA

La cuenca hidrográfica asociada al puente presenta una extensión relativamente reducida, con un área de drenaje aproximada de 24,09 km² y una longitud total de 7,87 km, lo que corresponde a una cuenca de carácter montañoso y de respuesta hidrológica rápida. La longitud del cauce principal alcanza 11.223 m, evidenciando un desarrollo longitudinal significativo en relación con el tamaño de la cuenca, lo cual favorece la concentración de escorrentías en eventos de precipitación intensa.

Desde el punto de vista morfométrico, el factor de forma de 0,19 y el índice de alargamiento de 2,57 indican una cuenca claramente alargada, condición que tiende a distribuir en el tiempo los

aportes de caudal hacia el cauce principal, aunque esta ventaja geométrica se ve parcialmente compensada por la fuerte pendiente media del sistema. El coeficiente de compacidad de 1,26 sugiere una cuenca moderadamente irregular, con perímetro relativamente elevado (21,9 km) frente a su área, lo cual incrementa la interacción entre laderas y red de drenaje.

Tabla 2. Parámetros morfométricos de la cuenca

ID		Nombre	Punto crítico
Longitud		(Km)	7,87
Longitud Cauce		(m)	11223,25
Área		(Km^2)	24,09
Ancho		(Km)	3,06
Perímetro		(Km)	21,9
Factor Form			0,19
Coeficiente de compasidad			1,26
Índice de alargamiento			2,57
Altura Máxima		(m)	3050
Altura Mínima		(m)	1950
Pendiente		%	9,80
Tiempo de concentración	Giandotti	min	82,47
	Témez	min	71,94
	CCP	min	62,63
	Clark	min	264,07
	Adoptado	min	82,47
Lag time		min	49,48
CN			74
Abstracción inicial		mm	18,09

El rango altimétrico es amplio, con una altura máxima de 3.050 m s.n.m. y una altura mínima de 1.950 m s.n.m., generando un desnivel cercano a 1.100 m. Esta diferencia altitudinal, combinada con una pendiente media de la cuenca del 9,80 %, confiere al cauce un comportamiento típicamente torrencial, con altas velocidades de flujo y elevado potencial erosivo durante crecientes.

Los tiempos de concentración estimados mediante diferentes metodologías reflejan esta condición. Los valores obtenidos por los métodos de Giandotti (82,47 min), Témez (71,94 min) y CCP (62,63 min) son relativamente bajos, coherentes con la pendiente pronunciada y la corta longitud hidráulica efectiva de la cuenca. El valor adoptado de 82,47 minutos representa una condición conservadora para el análisis hidrológico, mientras que el lag time de 49,48 minutos confirma una respuesta rápida del sistema ante eventos de lluvia intensa.

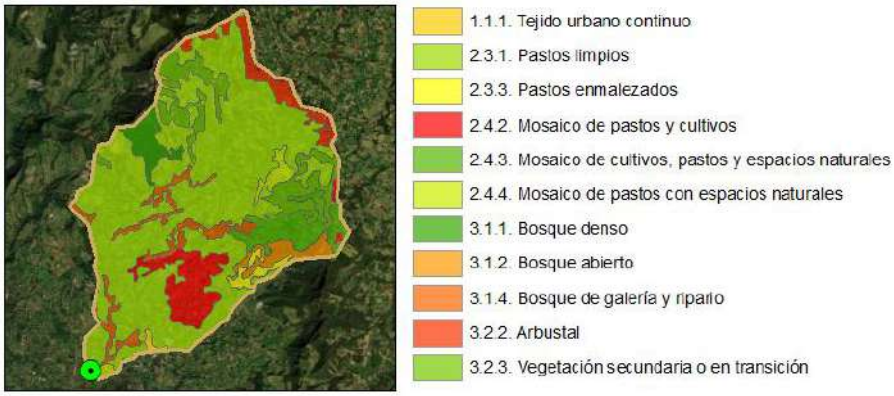
En cuanto a las características hidrológicas del terreno, el Número de Curva CN = 74 indica una capacidad de infiltración media, asociada a suelos con cobertura vegetal parcial y sectores con materiales residuales o coluviales. La abstracción inicial de 18,09 mm sugiere que, una vez superado este umbral, la cuenca genera escorrentía directa de manera relativamente eficiente, incrementando rápidamente los caudales en el cauce principal.

En conjunto, la cuenca presenta una morfología alargada pero energéticamente activa, dominada por fuertes pendientes, elevado gradiente altimétrico y tiempos de respuesta cortos. Estas condiciones explican el comportamiento hidráulico concentrado del cauce en eventos de creciente y justifican la necesidad de evaluar cuidadosamente los efectos erosivos y de socavación en el entorno del puente, especialmente durante crecientes asociadas a periodos de lluvia intensa

Imagen 3. Cuenca aferente de la zona en estudio



Imagen 4. Definición de coberturas en la cuenca aferente de la zona en estudio



3. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

3.1 Información base

Se utilizó información pluviográfica de la estación Buenavista (código 23125100) y las curvas IDF regionales del IDEAM (Región Andina R1) con parámetros:

a = 0.94, b = 0.18, c = 0.66, d = 0.83.

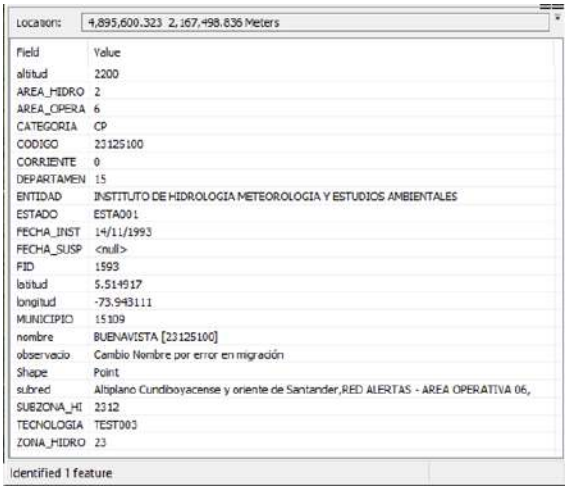
Ecuación general de la intensidad:

$$i(T_r, t) = \frac{a \cdot T_r^b}{(t + c)^d}$$

Donde:

i = intensidad (mm/h)
Tr = período de retorno (años)
t = duración de la lluvia (min)

Imagen 5. Características de la Estación Buenavista (código 23125100)



A partir de la relación anterior se calcularon las intensidades para diferentes duraciones y períodos de retorno, construyendo los hietogramas de diseño mediante el método SCS.

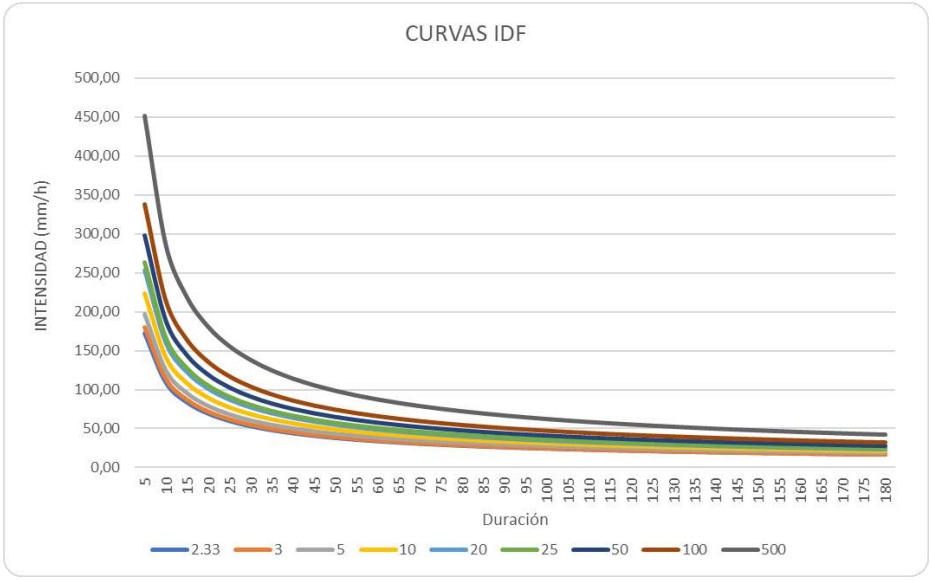
Tabla 3. Precipitaciones máximas en 24h. Estación Buenavista (código 23125100)

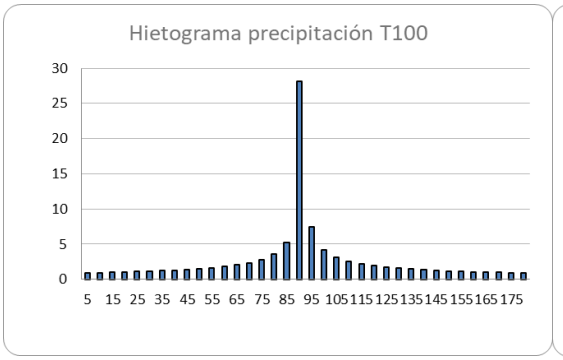
LOCALIZACIÓN:	Buenavista, Boyacá								**DESCRIPCIÓN:**	Serie diaria máxima				
DATOS DE LA ESTACIÓN														
NOMBRE	BUENVISTA		**ENTIDAD**	IDEAM		**CORRIENTE**	NA		**ALTITUD**	2200				
CODIGO	23125100		**D/MENTO**	BOYACÁ		**NORTE**	5,514917		**ESTADO**	Activa				
CATEGORÍA	CP		**MUNICIPIO**	BUENAVISTA		**ESTE**	-73,943111							
Precipitación máxima 24 H														
Año	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembr**	**Octubre**	**Noviembre**	**Diciembre**	**Promedio**	**Maximos**
2000	17	27,5	48	18	14	31,5	21	8,8	20	31,5	22	24,5	23,65	48,00
2001	16,2	48,5	22	12	45	19	8,9	1,6	46,5	56,3	45	18,5	28,29	56,30
2002	14,7	15,6	37,5	40,7	50,6	15,5	19,5	26	28,3	26	26	28,8	27,43	50,60
2003	7,8	16,9	28,5	40	12	27	4	16,5	38	32,5	50	0	22,77	50,00
2004	0	0	70,2	35	26,5	11,5	11,5	2,3	28	33,5	46,5	9,5	22,88	70,20
2005	15	23	0	0	56	14,5	18	17	21,2	0	0	0	13,73	56,00
2006	0	0	0	0	0	0	0	18,5	0	0	0	0	1,54	18,50
2007	42	10	42	56,5	0	12	51,6	22	8,5	47	37	28,5	29,76	56,50
2008	46,5	21,5	29,5	57	29,7	11,5	16,5	23,5	36	55	35	21	31,89	57,00
2009	35	39	55	73	85	14,5	6	15,5	16,5	50	59,6	15,5	38,72	85,00
2010	34	14,5	18,5	81,5	47	54	24	16	32	19,8	57,1	22	35,03	81,50
2011	11,5	46	67	110	65	25,5	12	39	21	45	76	22	45,00	110,00
2012	42	20	45	48	19	21,5	18	9,7	52	49	24,7	20,2	30,76	52,00
2013	17,5	20	21,5	51	57	4,3	5	16	15,5	36	52	28	26,98	57,00
2014	21,5	47	28	39,8	58,5	11	20	14	9	43,5	24	19,5	27,98	58,50
2015	6,5	21	63,5	34,5	19	3,7	16	1,5	49	66,5	33	2	26,35	66,50
2016	25	10	44	52	68,5	19,7	6,2	5	41,5	41	64	40,2	34,76	68,50
2017	11,5	15,5	42,5	41	35	27,5	12	53,7	29,5	33,5	41,5	14,5	29,81	53,70
2018	26	48	44	35,1	56,3	15	21,5	21,5	32	56	35	18,5	34,08	56,30
2019	29	23	62	54	19,5	14,6	5	21,5	22	33	58,5	23,5	30,47	62,00
2020	29	23,5	43,5	0	11,5	12	29,2	19	52	59,5	26,2	21,5	27,24	59,50
2021	5,5	32	26,5	79	92	52	12	25	36	49,5	29,5	23,8	38,57	92,00
2022	21,5	35	38	37	54,5	20	32	12	23	39	54	19,5	32,13	54,50
2023	52	25	29,7	19,5	0	10,2	13,5	52,7	43,5	44	17,2	39,6	28,91	52,70
2024	3	50	37	49	35	45	13	17,5	38	80	30,5	40	36,50	80,00
2025	24,7	32	36	40	26,4	20	1,4	20	31	28	26	0	23,79	40,00
	Enero	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembr**	**Octubre**	**Noviembre**	**Diciembre**		
Medios	21,32	25,56	37,67	42,45	37,81	19,73	15,30	19,07	29,62	40,58	37,32	19,27		61,26
Maximos	52	50	70,2	110	92	54	51,6	53,7	52	80	76	40,2		
Minimos	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0		

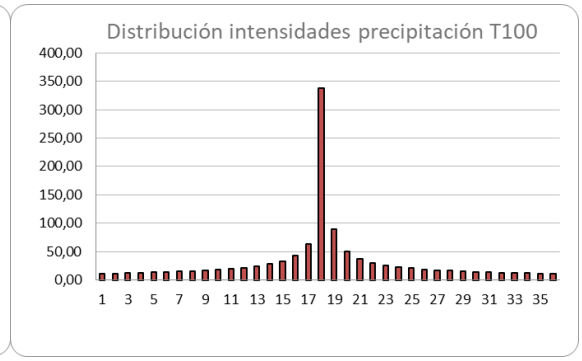
Tabla 4. Datos para construir Curvas IDF Estación Buenavista (código 23125100)

	Periodo de retorno en Años								
T (min)	2,33	3	5	10	20	25	50	100	500
5	171,74	179,74	197,05	223,23	252,89	263,26	298,24	337,87	451,41
10	108,69	113,75	124,71	141,28	160,05	166,61	188,75	213,83	285,69
15	83,17	87,04	95,43	108,11	122,47	127,49	144,43	163,63	218,61
20	68,79	71,99	78,92	89,41	101,29	105,44	119,46	135,33	180,80
25	59,37	62,13	68,12	77,17	87,42	91,00	103,10	116,80	156,04
30	52,64	55,09	60,39	68,42	77,51	80,69	91,41	103,56	138,35
35	47,55	49,76	54,55	61,80	70,01	72,88	82,57	93,54	124,97
40	43,53	45,56	49,95	56,59	64,11	66,73	75,60	85,65	114,43
45	40,28	42,15	46,21	52,35	59,31	61,74	69,95	79,24	105,87
50	37,57	39,32	43,11	48,84	55,33	57,59	65,25	73,92	98,76
55	35,28	36,92	40,48	45,86	51,95	54,08	61,27	69,41	92,74
60	33,31	34,86	38,22	43,30	49,05	51,06	57,85	65,54	87,56
65	31,60	33,07	36,25	41,07	46,53	48,44	54,87	62,17	83,05
70	30,09	31,49	34,52	39,11	44,31	46,13	52,25	59,20	79,09
75	28,75	30,09	32,99	37,37	42,34	44,07	49,93	56,56	75,57
80	27,55	28,83	31,61	35,81	40,57	42,23	47,85	54,20	72,42
85	26,47	27,70	30,37	34,41	38,98	40,58	45,97	52,08	69,58
90	25,49	26,68	29,25	33,13	37,54	39,08	44,27	50,15	67,00
95	24,60	25,74	28,22	31,97	36,22	37,71	42,72	48,39	64,65
100	23,78	24,89	27,28	30,91	35,02	36,45	41,29	46,78	62,50
105	23,03	24,10	26,42	29,93	33,91	35,30	39,99	45,30	60,52
110	22,33	23,37	25,62	29,02	32,88	34,23	38,78	43,93	58,69
115	21,68	22,69	24,88	28,18	31,93	33,24	37,66	42,66	56,99
120	21,08	22,06	24,19	27,40	31,05	32,32	36,61	41,48	55,42
125	20,52	21,48	23,55	26,68	30,22	31,46	35,64	40,38	53,94
130	20,00	20,93	22,94	25,99	29,45	30,65	34,73	39,34	52,56
135	19,51	20,41	22,38	25,35	28,72	29,90	33,87	38,38	51,27
140	19,04	19,93	21,85	24,75	28,04	29,19	33,07	37,47	50,05
145	18,61	19,47	21,35	24,19	27,40	28,52	32,31	36,61	48,91
150	18,20	19,04	20,88	23,65	26,79	27,89	31,60	35,80	47,83
155	17,81	18,64	20,43	23,14	26,22	27,30	30,92	35,03	46,80
160	17,44	18,25	20,01	22,66	25,68	26,73	30,28	34,30	45,83
165	17,09	17,88	19,60	22,21	25,16	26,19	29,67	33,62	44,91
170	16,75	17,53	19,22	21,78	24,67	25,68	29,09	32,96	44,03
175	16,44	17,20	18,86	21,36	24,20	25,19	28,54	32,33	43,20
180	16,13	16,88	18,51	20,97	23,76	24,73	28,02	31,74	42,40

Imagen 6. Curvas IDF, hietograma y distribución de intensidades Estación Buenavista (código 23125100)







3.2 Cálculo de escorrentía efectiva (Método SCS-CN)

Con base en los parámetros de cobertura del suelo, se estimó la **curva número (CN)** correspondiente y se determinó el volumen de escorrentía.

Almacenamiento potencial:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Abstracción inicial:

$$I_a = 0.2S$$

Lluvia efectiva:

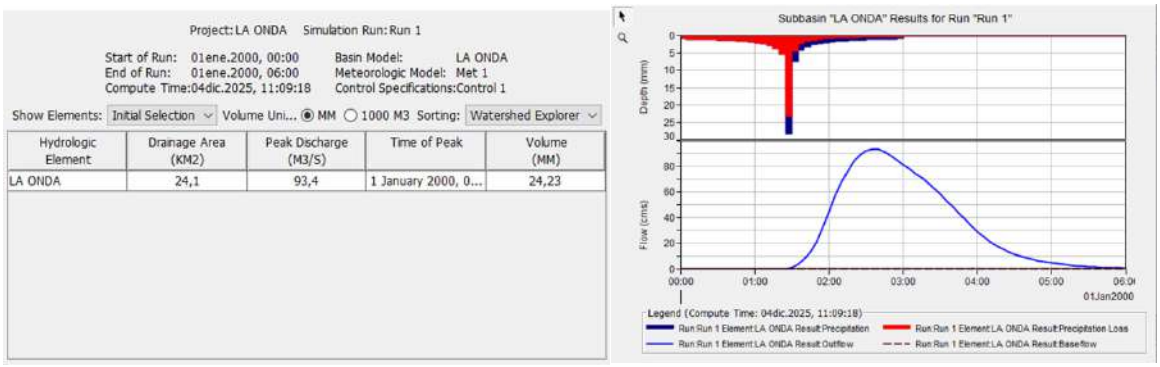
$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad \text{para } P > I_a$$

3.3 Caudal de diseño

El caudal de validación fue estimado a partir de la modelación hidrológica con base en los parámetros de la cuenca de la **Quebrada La Onda**, aplicando el método SCS-CN y los hietogramas generados con la curva IDF.

El cálculo del tiempo de concentración (Tc) se realizó con base en la pendiente media y la longitud del cauce principal.

Imagen 7. Imagen de recorte de salida del HEC-HMS de cálculo del caudal pico



A partir de estos valores, el modelo determinó el caudal pico de diseño asociado al periodo de retorno de 100 años, empleado posteriormente para el análisis hidráulico y de socavación.

Este caudal representa la condición más crítica y sirve de referencia para evaluar la estabilidad del cauce y la magnitud de la socavación proyectada.

$$Q_{max} = 93.4\ m^3/s$$

4. ANÁLISIS HIDRÁULICO

4.1 Modelo Digital de Elevación (DEM)

El Modelo Digital de Elevación (DEM) se generó a partir de la información topográfica levantada en el área de influencia del puente.

El modelo permitió definir con precisión la geometría del cauce, las márgenes y los niveles de control aguas arriba y aguas abajo.

A partir de este DEM se extrajeron los perfiles longitudinales y transversales empleados en el modelo hidráulico, garantizando la adecuada representación del relieve y las condiciones locales del río.

Imagen 8. Imagen de recorte de salida del HEC-RAS del DEM

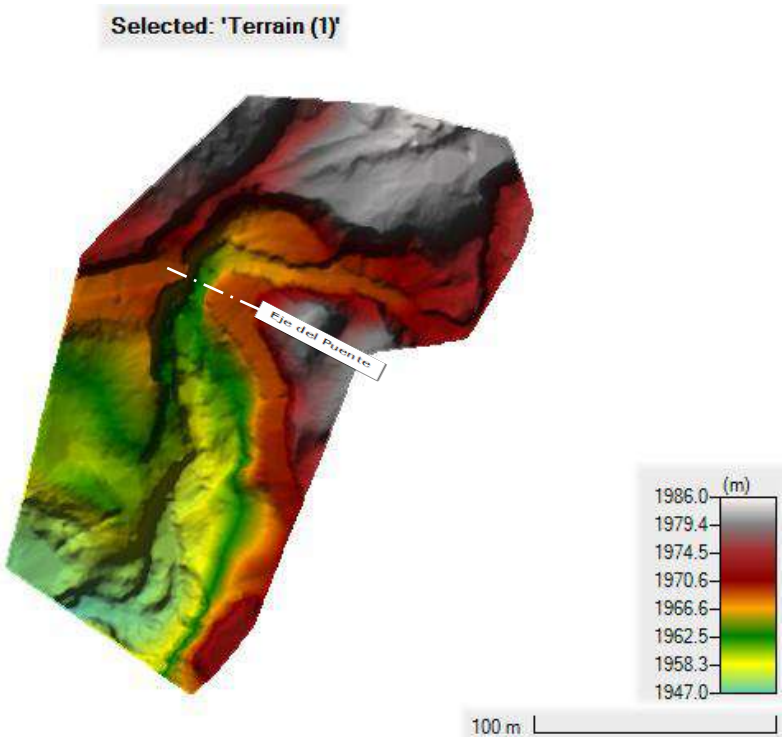
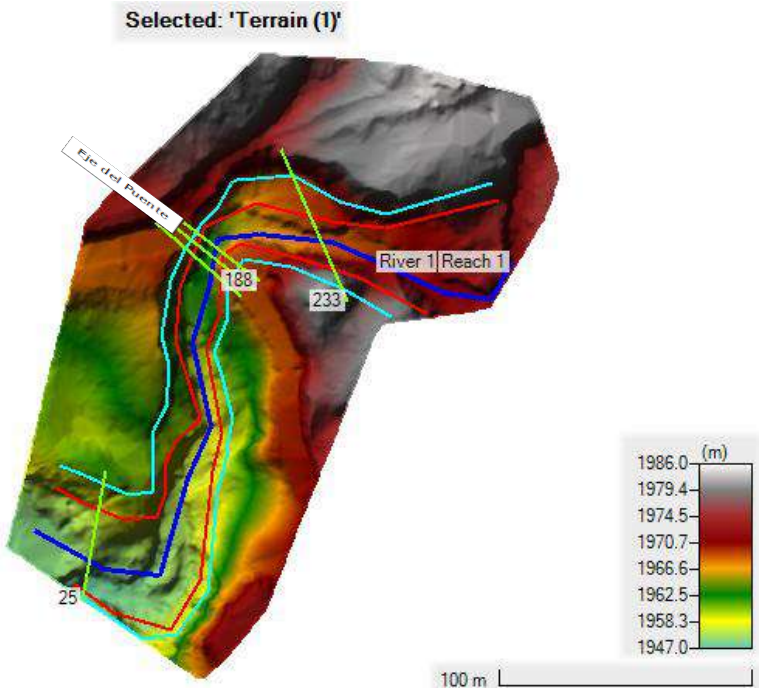


Imagen 9. Imagen de recorte de salida del HEC-RAS de definición del rio y condiciones de frontera y secciones de modelo



4.2 Asignación de parámetros

El comportamiento del flujo se analizó mediante la ecuación de Manning utilizando el software HEC-RAS.

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

n = coeficiente de rugosidad de Manning (0.040 a 0.045)
A = área hídrica (m²)
R = radio hidráulico (m)
S = pendiente del cauce (m/m)

Los parámetros hidráulicos fueron definidos considerando las condiciones físicas del cauce y los materiales observados en campo.

El coeficiente de rugosidad de Manning (n) se asignó con base en el tipo de fondo (material granular y roca fracturada), vegetación y grado de sinuosidad.

Los límites del modelo incluyeron condiciones de frontera aguas arriba (flujo subcrítico) y aguas abajo (control de nivel), así como la configuración geométrica del cauce en las cercanías del puente.

Estos parámetros garantizan la representatividad del modelo respecto a las condiciones hidráulicas reales.

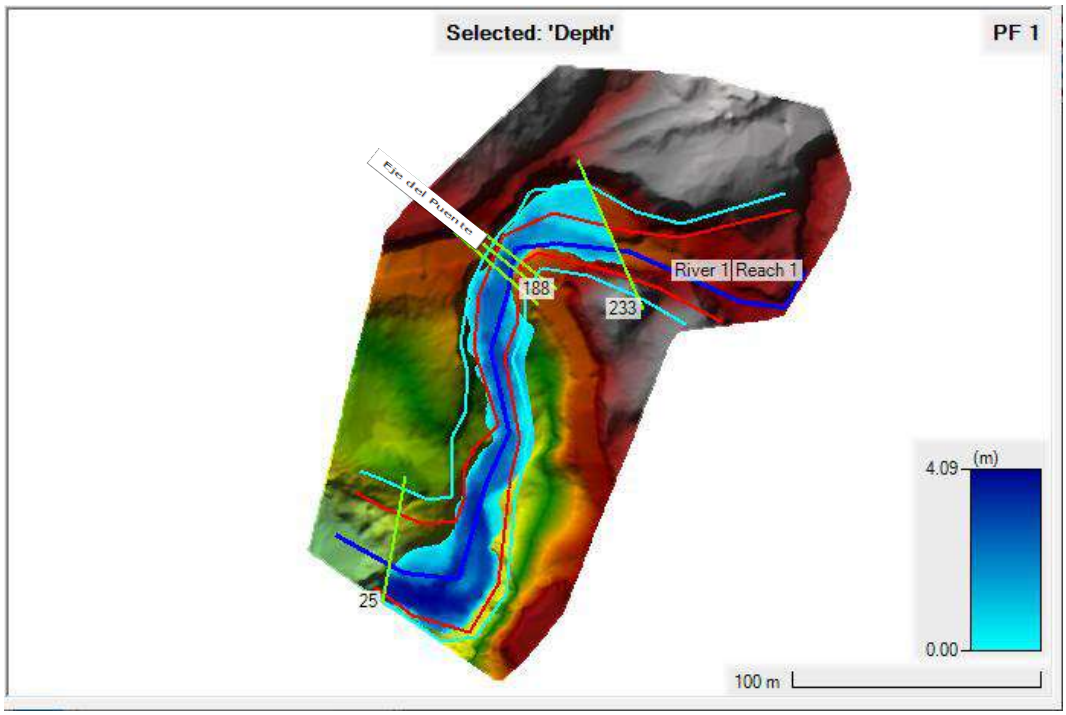
4.3 Resultados de la modelación

Los resultados hidráulicos muestran la distribución de niveles de agua, velocidades y energía específica para el caudal de diseño.

El flujo se mantiene confinado dentro del cauce principal, sin sobrepasar la rasante del tablero, lo que demuestra la capacidad hidráulica del sistema.

Sin embargo, se identifican zonas localizadas de aceleración de flujo en la salida del puente, con potencial erosivo elevado, lo cual se asocia a la pendiente y contracción del cauce.

Imagen 10. Resultados de la modelación en términos de tirante hidráulico



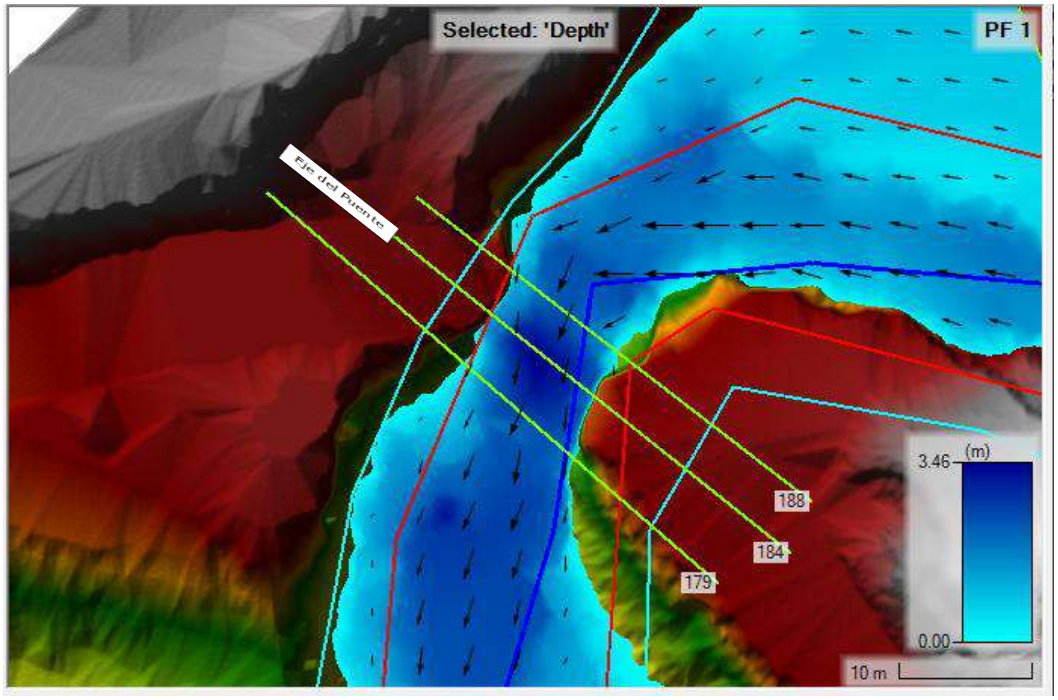
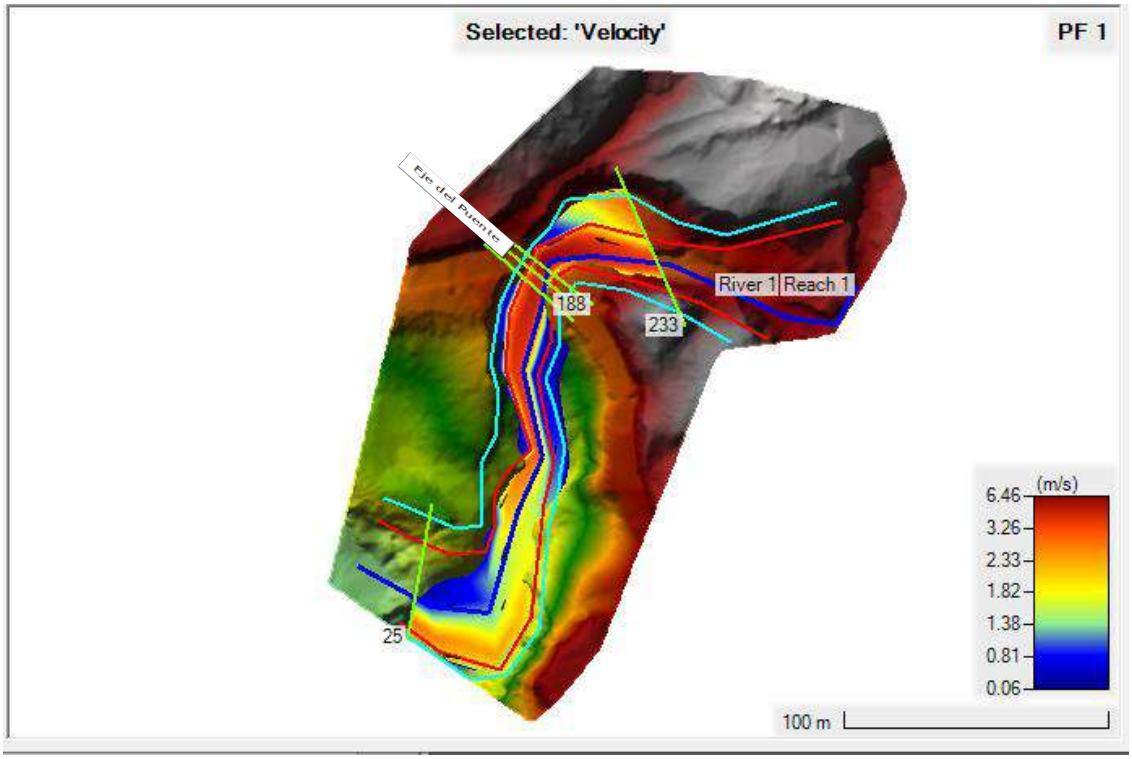


Imagen 11. Resultados de la modelación en términos de velocidad de flujo



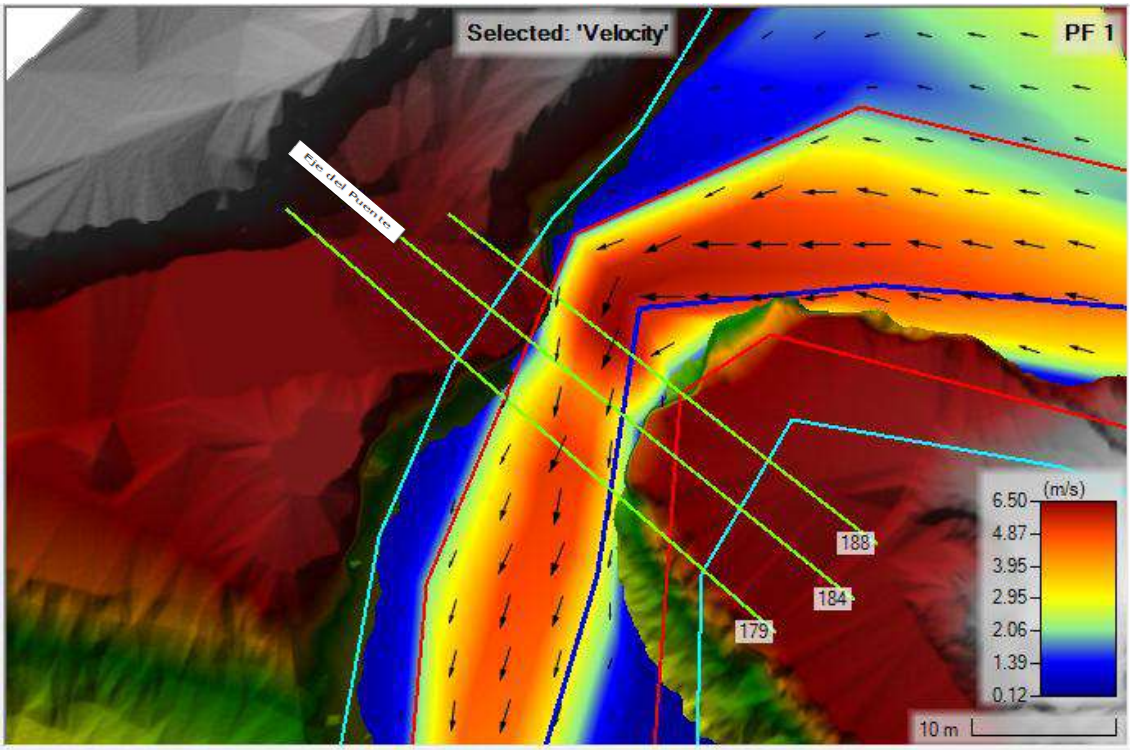
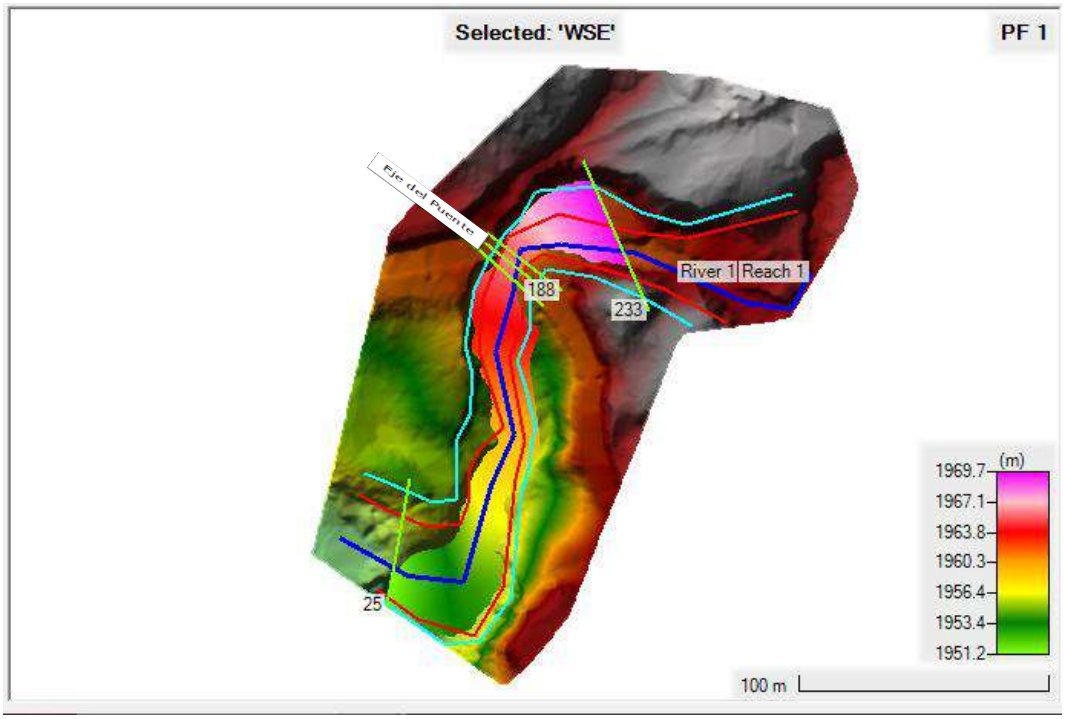
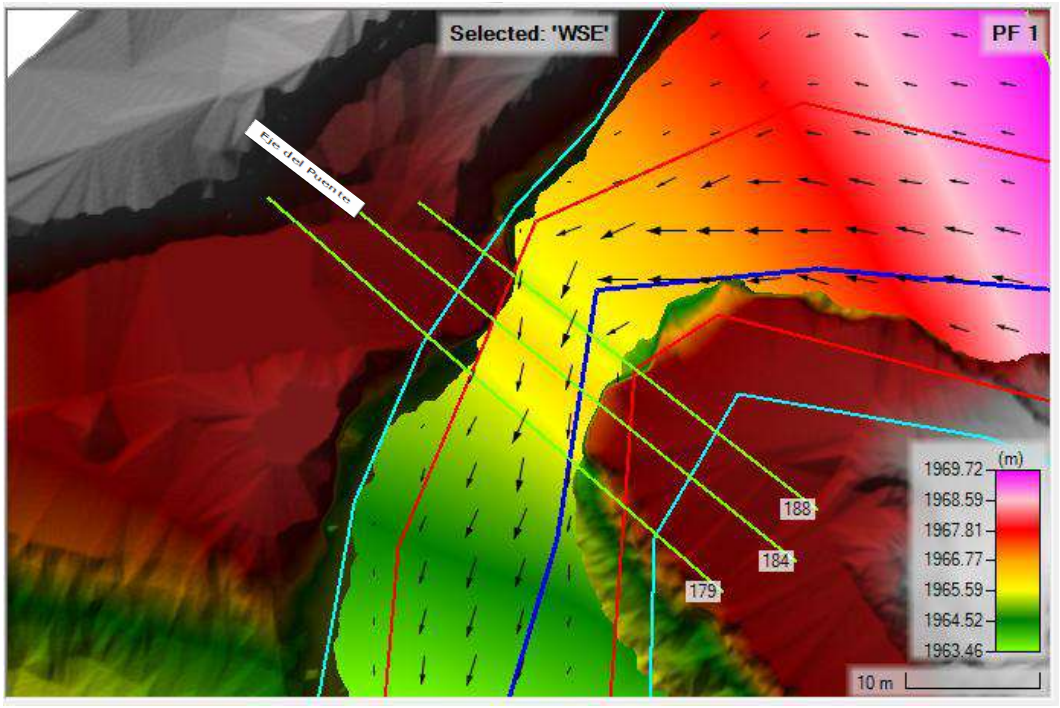


Imagen 12. Resultados de la modelación en términos de nivel de la superficie del agua





4.4 Geometría hidráulica del cauce

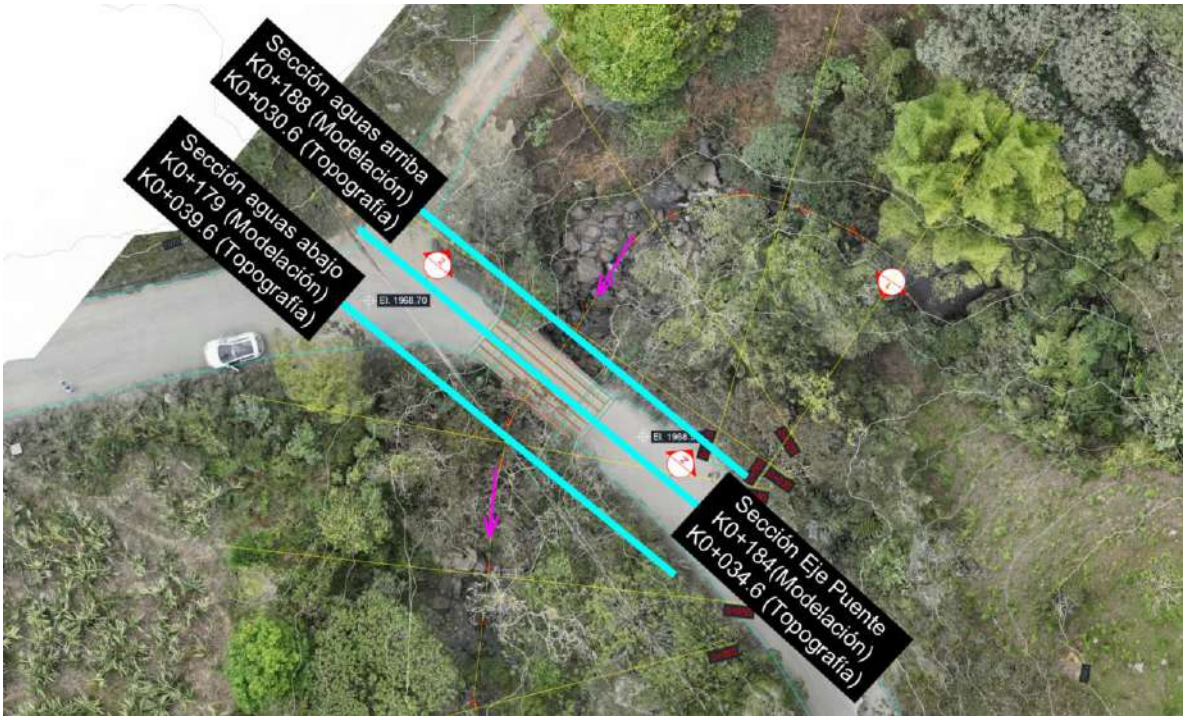
Se definieron tres secciones de control para la validación hidráulica y de socavación, con el fin de analizar el comportamiento del flujo, los esfuerzos hidráulicos y las condiciones del lecho en el entorno del **Puente Quebrada La Onda**:

- **Aguas arriba:** corresponde a la sección de aproximación al puente, donde se analizan las condiciones de entrada del flujo, su distribución transversal, posibles zonas de expansión o contracción, y la influencia de los remansos o acumulaciones de energía que pueden modificar el perfil del tirante. Esta zona permite identificar si existe obstrucción o reducción de la sección efectiva que pueda inducir incremento de niveles o desviación de corrientes hacia los estribos.

- **Eje del puente:** representa la sección principal de control estructural e hidráulico, donde el flujo atraviesa el claro del puente. En esta sección se evalúan los parámetros de régimen (velocidad, número de Froude y profundidad hidráulica), la distribución del flujo entre márgenes y canal principal, y los esfuerzos cortantes sobre el lecho y las cimentaciones. Esta información es fundamental para la estimación de la socavación general y localizada, así como para verificar la estabilidad del sistema de drenaje y del lecho bajo el puente.

- **Aguas abajo:** corresponde a la sección de restitución, donde el flujo recupera su régimen natural. En este punto se analizan las condiciones de disipación de energía, la formación potencial de resaltos hidráulicos, y el impacto del chorro principal sobre el lecho y las márgenes del cauce. Esta sección es clave para determinar la necesidad de obras de disipación y protección (enrocados, losas o disipadores) que aseguren la estabilidad de la estructura y del cauce en el tramo de salida

Imagen 13. Secciones de control para la validación hidráulica y de socavación



Cada sección fue evaluada con base en las velocidades y tirantes obtenidos, determinando los niveles de energía y la profundidad efectiva del flujo durante la crecida de diseño.

Imagen 14. Resultados de la modelación sección aguas arriba del puente (K0+188)

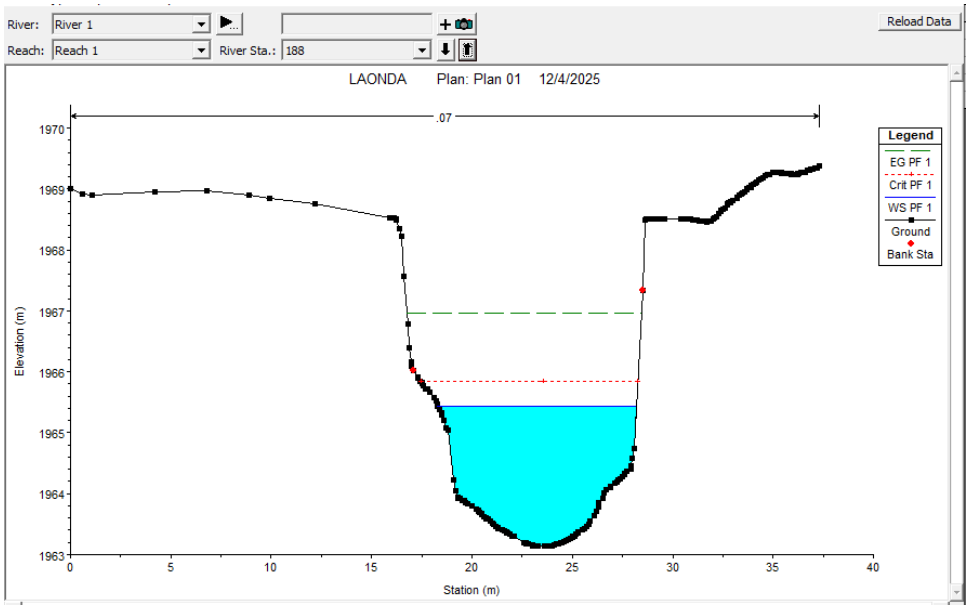


Imagen 15. Resultados de la modelación sección aguas abajo del puente (K0+179)

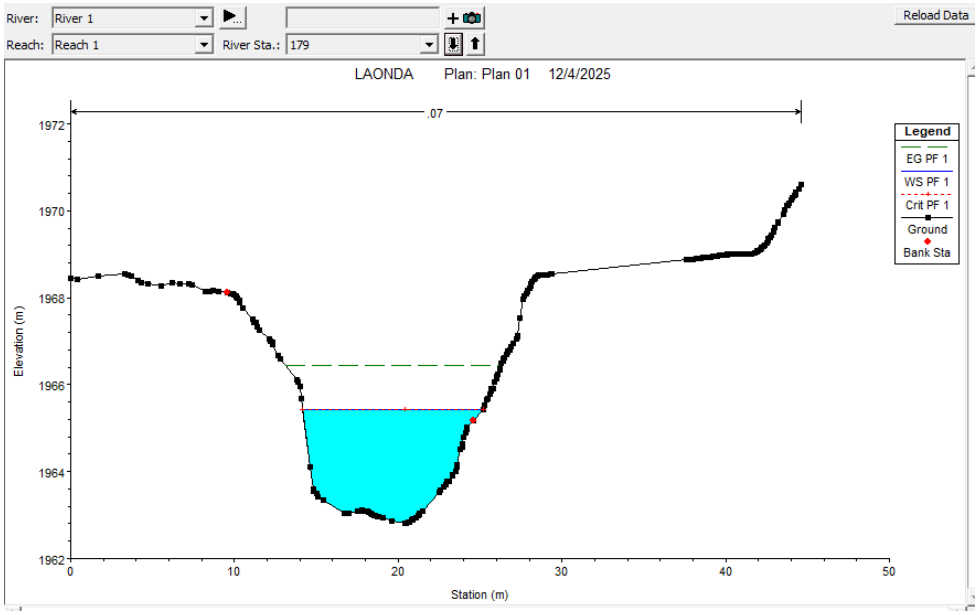
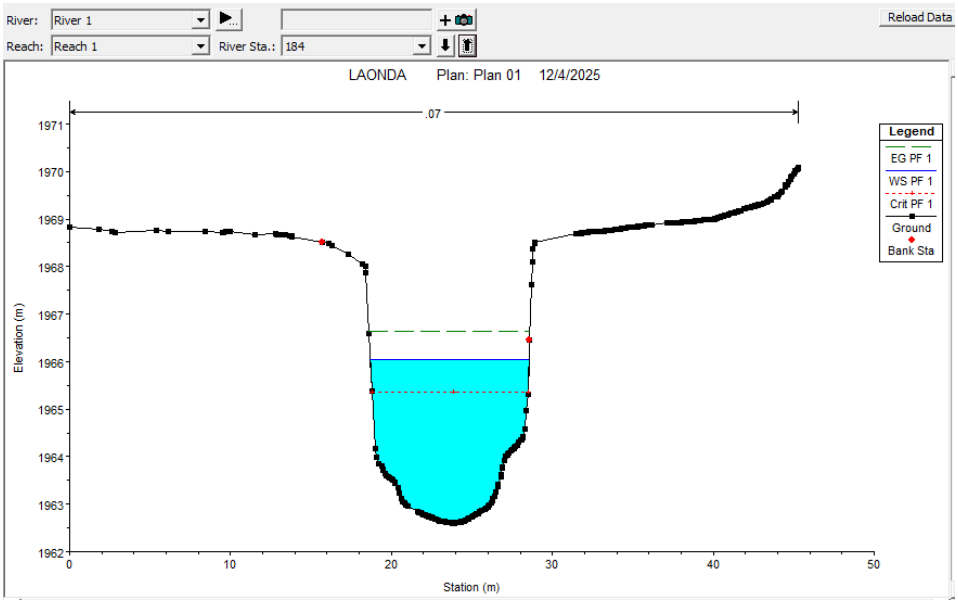


Imagen 16. Resultados de la modelación sección eje del puente (K0+184)



El análisis hidráulico de la **Quebrada La Onda**, para un caudal de diseño de 93,4 m³/s, se desarrolló mediante modelación unidimensional en HEC-RAS, considerando tres secciones representativas del comportamiento del flujo en el entorno del puente: K0+188 (aguas arriba del puente), K0+132 (eje del puente) y K0+184 (aguas abajo del puente). Los resultados permiten caracterizar el régimen hidráulico, las variaciones de energía y el potencial de afectación sobre la estructura y el cauce.

Imagen 17. Resultados de la modelación.

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: River 1 Reach: Reach 1 Profile: PF 1 — Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Reach 1	233	PF 1	93.40	1968.10	1969.72	1969.72	1970.15	0.050575	3.06	32.51	37.65	0.99
Reach 1	188	PF 1	93.40	1963.14	1965.43	1965.84	1966.97	0.094645	5.49	17.00	9.91	1.34
Reach 1	184	PF 1	93.40	1962.60	1966.04	1965.35	1966.64	0.023878	3.43	27.25	9.87	0.66
Reach 1	179	PF 1	93.40	1962.81	1965.43	1965.43	1966.43	0.049832	4.43	21.13	11.02	1.00
Reach 1	25	PF 1	93.40	1947.36	1951.20	1949.67	1951.50	0.010005	2.56	38.75	12.64	0.49

En la sección aguas arriba (K0+188), el flujo presenta una elevación de la lámina de agua de 1965,43 m y una velocidad media en el canal de 5,49 m/s, con un área hidráulica de 17,00 m². El número de Froude de 1,34 indica un régimen supercrítico, reflejo de la pendiente del cauce y del carácter torrencial de la quebrada. Estas condiciones evidencian un flujo energéticamente activo antes de interactuar con la estructura del puente, con capacidad de movilizar material del lecho y de generar esfuerzos significativos sobre las márgenes.

En el eje del puente (K0+132), se observa una reducción del área hidráulica a 27,25 m² y una velocidad de 3,43 m/s, con una lámina de agua en 1966,04 m. El número de Froude de 0,66 indica

un régimen subcrítico, lo cual sugiere que la geometría del cruce y el control hidráulico impuesto por la estructura inducen una disminución relativa de la energía del flujo. Esta condición de transición es consistente con la presencia de efectos de contracción y expansión del flujo en la zona del puente.

En la sección aguas abajo (K0+184), el flujo recupera energía, alcanzando una velocidad de 4,43 m/s, un área hidráulica de 21,13 m² y una lámina de agua de 1965,43 m. El número de Froude de 1,00 corresponde a una condición crítica, lo que indica una transición hidráulica inmediata posterior al puente. Este comportamiento es típico en estructuras de cruce, donde la liberación del confinamiento produce aceleraciones del flujo y posibles zonas de inestabilidad hidráulica.

En conjunto, los resultados muestran que la quebrada presenta un comportamiento hidráulico altamente energético, con alternancia entre régimen supercrítico aguas arriba, subcrítico en el eje del puente y condiciones críticas aguas abajo. Esta dinámica favorece la generación de altos esfuerzos cortantes, variaciones bruscas de energía y potencial de erosión localizada, especialmente en las zonas de entrada y salida de la estructura. Por tanto, el análisis confirma la necesidad de considerar estos efectos en la evaluación de la estabilidad del cauce y en la definición de eventuales medidas de protección hidráulica asociadas al puente.

4.5 Análisis del número de Froude

El número de Froude se calculó con la expresión:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g\,D_h}}$$

donde:

- V = velocidad media en el canal (dato de HEC-RAS),
- D_h = profundidad hidráulica del canal (Hydr. Depth),
- g = 9,81 m/s².

- Sección K0+188 (aguas arriba) Fr≈ 1.34
- Sección K0+184 (eje del puente) Fr≈ 0.66
- Sección K0+179 (aguas abajo) Fr≈ 1.00

El número de Froude obtenido a lo largo del tramo de estudio evidencia un comportamiento hidráulico predominantemente torrencial, con alternancia entre regímenes subcríticos, críticos y supercríticos, asociado a la elevada pendiente longitudinal de la quebrada y a las variaciones geométricas del cauce en el entorno del puente.

En la sección aguas arriba del puente (K0+188), el modelo reporta un número de Froude de 1,34, lo que corresponde a un régimen supercrítico. Esta condición indica un flujo rápido, dominado por la inercia, con elevada energía específica y limitada capacidad de ajuste aguas arriba. En este tramo, el flujo presenta un alto potencial erosivo, especialmente frente a irregularidades del cauce o cambios abruptos de alineación.

En el eje del puente (K0+132), el número de Froude disminuye a 0,66, evidenciando un régimen subcrítico. Esta reducción del Froude se asocia al control hidráulico impuesto por la estructura, que induce una desaceleración del flujo y un incremento relativo del tirante. Esta condición refleja

un efecto de transición hidráulica, en el cual el puente actúa como elemento regulador del flujo, reduciendo momentáneamente la energía cinética.

En la sección aguas abajo del puente (K0+184), el número de Froude alcanza un valor de 1,00, correspondiente a una condición crítica. Este resultado indica que el flujo se encuentra en un estado de equilibrio inestable entre los regímenes subcrítico y supercrítico, típico de zonas de salida de estructuras hidráulicas. Bajo estas condiciones, pequeñas variaciones en la geometría o en el caudal pueden generar cambios significativos en el comportamiento del flujo, favoreciendo la formación de resaltos hidráulicos o procesos de erosión localizada.

Adicionalmente, el análisis del tramo completo muestra que el número de Froude oscila entre valores cercanos a 0,49 en sectores más amplios y valores cercanos a 1,34 en tramos más confinados, confirmando la heterogeneidad hidráulica del cauce. Esta variabilidad es característica de quebradas de montaña, donde la pendiente, el encajonamiento y la geometría transversal controlan la energía del flujo.

En síntesis, el comportamiento del número de Froude confirma que la quebrada presenta condiciones hidráulicas exigentes, con presencia de regímenes supercríticos y críticos en el entorno del puente. Estas condiciones incrementan el riesgo de erosión del lecho y las márgenes, y deben ser consideradas como criterio fundamental en el diseño y evaluación de las obras de protección hidráulica y de estabilización asociadas a la estructura.

5. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN

5.1 Socavación general

Se utilizó el método de Lischvan–Lebediev para suelos granulares – Socavación general. Este método proviene de estudios hidromorfológicos realizados en la antigua Unión Soviética y fue posteriormente compilada en manuales de hidráulica fluvial y diseño de obras hidráulicas. LISCHVAN, E.; LEBEDIEV, A. Scouring around hydraulic structures in alluvial beds. Moscú: Hydrometeoizdat, 1967.

$$Y_s = \left(\frac{\alpha\, Y_0^{5/3}}{0.68\, \beta\, \mu\, \phi\, d_m^{0.28}} \right)^{\frac{1}{1+Z}}$$

Y_S: Profundidad del flujo después de ocurrida la socavación. Se mide desde el nivel del agua cuando pasa la creciente, hasta el nivel del fondo del cauce erosionado, en metros (m).

Y_o: Profundidad inicial existente en una línea vertical predeterminada de la sección medida desde el nivel

del agua cuando pasa la creciente, hasta el nivel del cauce antes del proceso de socavación, en metros (m).

α: Coeficiente de sección, definido como:

$$\alpha = \frac{Q_d}{Y_m^{5/3}\ B_e} \qquad [6.3]$$

Q_d: Caudal de diseño asociado al periodo de retorno, en metros cúbicos por segundo (m^3/s).

Y_m: Profundidad media, en metros (m), definida como:

$$Y_m = \frac{A}{B_e} \qquad [6.4]$$

A: Área hidráulica, en metros cuadrados (m^2).

B_e: Ancho efectivo de la superficie del agua en la sección transversal, en metros (m). Del ancho total se debe descontar el ancho de las pilas cuando el ángulo de incidencia de la corriente con respecto al eje de la pila es 0. En caso de que la corriente forme un ángulo con las pilas, este valor se debe ajustar. (Figura 6.2).

β: Coeficiente de frecuencia. Este coeficiente toma en cuenta el periodo de retorno T comprendido entre 15 y 1500 años. Para obtener su valor se propone la siguiente expresión (Referencia 6.4):

$$\beta = 0.7929 + 0.0973\ \mathrm{Ln}(T) \qquad [6.5]$$

μ: Coeficiente de contracción. Este valor se toma de la Tabla 6.1 como una función de la velocidad media del flujo y de la distancia libre entre pilas cuando hay un puente.

ϕ: Coeficiente de corrección por el efecto de la densidad del agua durante la creciente. Para agua clara (clear water) este valor es igual a 1.0. Si la creciente transporta sedimentos en suspensión (lived – bed), este coeficiente se calcula como:

$$\phi = -0.54 + 1.5143\ \gamma_{as} \qquad [6.6]$$

γ_{as}: Peso específico del agua más sedimento, en toneladas por metro cúbico (T/m^3).

d_m: Diámetro medio de las partículas del material granular, en milímetros (mm). Se calcula como:

$$d_m = 0.01 \sum d_i\ P_i \qquad [6.7]$$

d_i: Diámetro en milímetros (mm) de una fracción de la curva granulométrica del material.

P_i: Peso de esa fracción expresado en porcentaje con respecto al total de la muestra (porcentaje retenido).

Z: Exponente variable que depende del diámetro medio de las partículas del material granular.

$$Z = 0.394557 - 0.0413 \log(d_m) - 0.00891 \log^2 d_m \qquad [6.8]$$

Tabla 6.1. - Factor de corrección por contracción del cauce μ (Referencia 6.5)

V (m/s)	LONGITUD LIBRE ENTRE DOS PILAS O ESTRIBOS (m)												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
<1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
≥ 4.0	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

V = velocidad media en la sección transversal
μ = 1.0 si no hay obstáculos

5.2 Socavación local en estribos

Se utiliza el método de Froehlich (1989) desarrollado a partir de ensayos de laboratorio en el U.S. Geological Survey (USGS), y es uno de los más usados en el HEC-18 para la socavación en estribos bajo condiciones de lecho móvil (live-bed).

$$\frac{y_s}{y_a} = 2.27\,K_1\,K_2\left(\frac{L'}{y_a}\right)^{0.43} Fr^{0.61} + 1$$

Y_s: Profundidad de socavación, en metros (m).

Y_a: Profundidad media del flujo en la planicie de inundación en la sección de aproximación, en metros (m).

K_1: Factor de corrección por la forma del estribo, Figura 6.15 y Tabla 6.7.

K_2: Factor de corrección por el ángulo de ataque (θ) del flujo con el talud del estribo, Figura 6.16. Se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$K_2 = (\theta/90^\circ)^{0.13} \qquad [6.35]$$

θ = 90 cuando los estribos son perpendiculares al flujo.

θ < 90 si el terraplén se orienta aguas abajo.

θ > 90 si el terraplén se orienta aguas arriba.

L': Longitud efectiva del estribo y del terraplén que obstruye el paso de la corriente, en metros (m).

Fr_1: Número de Froude de la planicie de inundación en la sección de aproximación, $F_r = V_e/(gY_a)^{1/2}$

V_e: Velocidad media en el flujo de aproximación, en metros por segundo (m/s). $V_e = Q_e/A_e$

Q_e: Caudal obstruido por el estribo y el terraplén en la sección de aproximación, en metros cúbicos por segundo (m^3/s).

A_e: Área de flujo de la sección de aproximación obstruido por el estribo y terraplén, en metros cuadrados (m^2).

Tabla 6.7. - Factor de corrección por forma de los estribos

DESCRIPCIÓN	K_1
Estribos de pared vertical	1.00
Estribos de pared vertical con aletas	0.82
Estribos con todas su caras inclinadas	0.55

5.3 Resultados

El análisis de socavación se efectuó mediante la aplicación de metodologías empíricas ajustadas a las condiciones del sitio.

Los resultados obtenidos fueron:

- Socavación general máxima aguas arriba: 0.96 m
- Socavación general máxima aguas abajo: 1.22 m
- Socavación general máxima en el eje del puente: 1.18 m
- Socavación TOTAL en el eje del puente: 3.90 m (Envolvente: general + local)

Estas profundidades reflejan la influencia del flujo incidente y las variaciones de pendiente en el lecho del río.

Imagen 18. Resultados de la modelación sección aguas arriba del puente (K0+188)

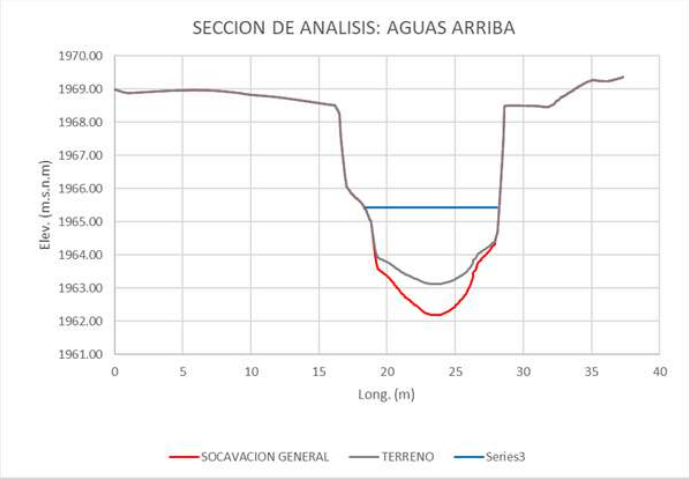


Imagen 19. Resultados de la modelación sección aguas abajo del puente (K0+184)



Imagen 20. Resultados de la modelación sección eje del puente (K0+179)

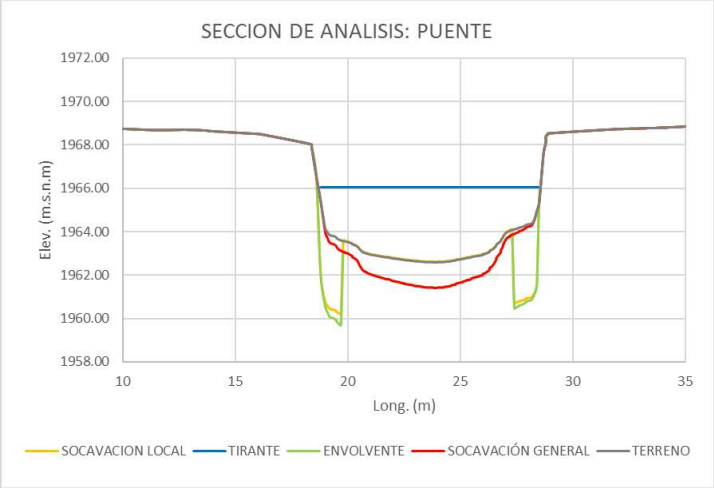


Tabla 5. Resumen de resultados de profundidad de erosión esperada y altura de protecciones

Ubicación	Profundidad estimada de erosión (m)	Empotramiento recomendado (m)	Altura mínima de la protección (msnm)
Aguas arriba	0,96	1,4	1965,9
Aguas abajo	1,22	1,8	1965,9
Eje Puente	3,90	5,9	1966,5

6. RECOMENDACIONES DE PROTECCIÓN

6.1 Dimensionamiento de protecciones necesarias

Las protecciones se definen en función del tirante de diseño Y_{100}, la socavación estimada Y_s y el régimen de flujo.

Para el diseño de las protecciones en el **Puente Quebrada La Onda** se adoptará el criterio geométrico del *HEC-23 (2009, Fig. 6)*, en el cual la extensión horizontal de la protección se relaciona con el tirante de flujo de diseño (y_1), mientras que la profundidad de empotramiento y el espesor del manto se ajustarán en función de la socavación estimada (Y_s).

De esta manera, se garantiza que las protecciones cubran tanto la zona hidráulicamente activa (controlada por el flujo) como la zona potencialmente socavada (controlada por el proceso erosivo local).

Tabla 6. Recomendaciones para protección de fondo (Solera de protección)

PROTECCIÓN DE FONDO – APRON (SOLERA DE PROTECCIÓN)

Ubicación	Condición hidráulica	Velocidad (m/s)	Tirante (y_{100}) (m)	Socavación (y_s) (m)	Longitud total (L) * (m)	Ancho lanzado (W_{ap}=2 Y_{100}) (m)	Empotramiento (E=1,5Y_s) (m)	Espesor (T) (m)	Borde libre (BL) (m)
Aguas arriba (Est. 140)	Supercrítico Fr ≈ 1,34	5,49	2,15	0,96	6,4	4,30	1,4	5,08	0,5
Aguas abajo (Est. 125)	Crítico Fr ≈1,00	4,43	1,56	1,22	2,3	3,10	1,8	1,93	0,5
Eje Puente (**) (Est. 132)	Subcrítico Fr ≈ 0,66	3,43	1,48	3,90	2,2	3,00	5,9	1,00	0,5

*: Si el flujo es supercrítico L=3xY, si es subcrítido L=1,5xY
**: La Socavación en el eje del puente es la suma de la erosión general más la local.

Tabla 7. Recomendaciones para protección de márgenes

PROTECCIÓN DE MÁRGENES (REVESTIMIENTO LATERAL)

Ubicación	Condición hidráulica	Velocidad (m/s)	Ancho hidráulico (B) (m)	Socavación (y_s) (m)	Longitud por margen * (L_m=1 a 2B) (m)	Borde libre (BL) (m)	Altura (h) (m)	Ancho de pie (FA=2 Y_{100}) (m)	Espesor (T) (m)
Aguas arriba (Est. 140)	Supercrítico Fr ≈ 1,34	5,49	9,91	0,96	19,8	0,5	1965,9	4,30	5,08
Aguas abajo (Est. 125)	Crítico Fr ≈1,00	4,43	11,02	1,22	11,0	0,5	1965,9	3,10	1,93
Eje Puente (**) (Est. 132)	Subcrítico Fr ≈ 0,66	3,43	9,87	3,90	---	---	---	---	---

*: Si el flujo es supercrítico Lm=2xB, si es subcrítido L=1xB

Tabla 8. Recomendaciones para protección de estribos y aletas

PROTECCIÓN DE ESTRIBOS Y CABEZAS DE PUENTE

Elemento protegido	Ubicación	Condición hidráulica	Borde libre (BL) (m)	Altura (h) (m)	Empo-tramiento (E) (m) (*)	Espesor (T) (m)
Estribos y alas	Ambas márgenes	Supercrítico	0,5	1966,5	5,90	5,08
Cabeza de estribo / arranque de vigas	Por encima del nivel de flujo	---	---	---	---	---

(*) Este empotramiento puede reducirse a 1,0 m aplicable a recalces en concreto en proyecto de emergencias. De igual forma se reduce la altura de la protección ya que solo se requiere controlar erosión puntual en las bases.

Las profundidades de socavación total calculadas (hasta 3.90 m en el eje del puente) corresponden a una envolvente de socavación general y local para el tramo completo del cauce, asociada a eventos de periodo de retorno elevado y condiciones extremas.

Aunque las estimaciones hidráulicas indican profundidades de socavación general y total superiores, dichas profundidades no se adoptan directamente para el empotramiento de los recalces en concreto, dado que estos elementos no funcionan como protecciones por gravedad sino como elementos estructurales rígidos. El empotramiento propuesto busca garantizar el anclaje y la estabilidad local del recalce frente a procesos de socavación inicial y erosión progresiva, sin requerir alcanzar la profundidad total de socavación envolvente. Esta aproximación es consistente con el carácter de obra de emergencia y con el hecho de que la socavación identificada es predominantemente localizada y no compromete la estabilidad global de la estructura.

El recalce en concreto propuesto debe cumplir condiciones de estabilidad y anclaje estructural que garanticen su funcionamiento independiente de la pérdida parcial de material del cauce. En este sentido, el empotramiento del recalce se define con base en criterios estructurales y no exclusivamente hidráulicos, asegurando su adecuada transmisión de cargas, resistencia al deslizamiento y al volteo, y control de la subexcavación inicial. Dado que la socavación identificada es de carácter predominantemente localizada y no compromete la estabilidad global del puente, el recalce puede operar de manera segura con una profundidad de empotramiento menor a la socavación total envolvente, siempre que se garantice su continuidad con la estructura existente, la rigidez suficiente del elemento y, de ser necesario, su anclaje a estratos más competentes. Esta aproximación resulta coherente con el carácter de obra de estabilización y emergencia, orientada a detener la progresión del daño y restituir la capacidad portante en el corto plazo, sin requerir una intervención profunda equivalente a la cimentación original del puente.

6.2 Material de protección

Alternativa en concreto para recalces de estribos y aletas

El material de protección seleccionado para el control de la erosión en las bases de las aletas y estribos se justifica en función de las condiciones hidráulicas y geotécnicas identificadas en el entorno del puente. La modelación hidráulica evidencia velocidades elevadas del flujo y números de Froude cercanos o superiores a la condición crítica, lo cual implica un régimen hidráulico energético, con altos esfuerzos cortantes y capacidad significativa para remover materiales no protegidos del lecho y de las márgenes inmediatas a la estructura. Estas condiciones favorecen la

aparición de socavación localizada en la base de los apoyos, especialmente en las zonas de contracción y transición del flujo.

Las inspecciones de campo descritas en el informe geotécnico confirman la pérdida parcial de material de soporte, exposición de las bases de las aletas y erosión incipiente en los contactos suelo–estructura, lo que hace necesario disponer un material de protección con alta resistencia al arrastre, estabilidad frente a esfuerzos hidráulicos elevados y durabilidad en el tiempo. En este contexto, se descartan materiales sueltos o de baja masa específica, ya que no ofrecen un desempeño adecuado frente a las solicitaciones observadas.

El material de protección adoptado (concreto estructural en recalces y/o elementos de protección pesada complementaria) permite confinar el material de fundación, distribuir las cargas hidráulicas y estructurales, y evitar la progresión de la erosión por subexcavación, incluso ante pérdidas adicionales de material del cauce. Asimismo, su comportamiento rígido y continuo reduce la vulnerabilidad frente a regímenes críticos o supercríticos, garantizando la estabilidad de los apoyos y prolongando la vida útil de la estructura.

En consecuencia, el material seleccionado resulta técnicamente adecuado para controlar la erosión en las bases de aletas y estribos, al responder de manera eficiente a las condiciones hidráulicas severas del cauce y a las patologías identificadas en campo, constituyéndose en una solución compatible con el carácter correctivo y de estabilización de la intervención.

Alternativa Enrocado de protección (para protección de márgenes a mediano plazo)

Una fórmula muy reconocida para estimar el tamaño de roca (mediana o mediana ponderada) para enrocados de protección (riprap) en márgenes, estribos, es la del manual Hydraulic Design of Flood Control Channels del U.S. Army Corps of Engineers.

$$D_{50} = \frac{\tau_0}{(\rho_s - \rho)\, g\, \theta_c}$$

con

$$\tau_0 = \rho g y S_f$$

donde:

- D_{50} = diámetro mediano de las rocas (m)
- τ_0 = esfuerzo cortante en el lecho (N/m²)
- ρ = densidad del agua ≈ 1000 kg/m³
- ρ_s = densidad de la roca (ej. 2650 kg/m³ → $\rho_s - \rho \approx 1650\ \mathrm{kg/m^3}$)
- g = gravedad ≈ 9.81 m/s²
- y = tirante de flujo (m)
- S_f = pendiente de energía o fondo (adimensional)
- θ_c = parámetro crítico de Shields (usualmente entre 0.045 y 0.06 para roca)

De acuerdo con las guías internacionales de diseño —HEC-11 y HEC-23 (FHWA, 2009)— el espesor recomendado para mantos de enrocado corresponde a 1.5 D_{50} – 2.0 D_{50}.

Adicionalmente, el Manual EM 1110-2-1601 del U.S. Army Corps of Engineers propone incorporar un margen adicional de 0.15 m 0.30 m para compensar posibles asentamientos o irregularidades del lecho.

Tabla 9. Cálculo de tamaño de roca y espesor del manto de protección aguas arriba

AGUAS ARRIBA		
PARÁMETROS		DESCRIPCIÓN
θc	0,047	parámetro crítico de Shields (usualmente entre 0.045 y 0.06 para roca)
Sf	0,09465	pendiente de energía o fondo (adimensional)
y	2,15	tirante de flujo (m)
g	9,81	gravedad ≈ 9.81 m/s²
ρs	2650	densidad de la roca (2650 kg/m³)
ρ	1000	densidad del agua ≈ 1000 kg/m³
T_0	1995,44	esfuerzo cortante en el lecho (N/m²)
D50	2,62	diámetro mediano de las rocas (m)
	1,10	Factor de seguridad (Entre 1,1 y 1,4) para considerar turbulencias o flujo supercrítico
D50	2,90	diámetro mediano de las rocas recomendado (m)
		Chequeo del espesor del manto de protección
T	5,08	recomendación HEC-11 / HEC-23, Manto simple o doble capa.
T	4,60	recomendación USACE EM 1110-2-1601 Incluye margen de seguridad y asentamiento, mín:0,30m

Tabla10. Cálculo de tamaño de roca y espesor del manto de protección aguas abajo

AGUAS ABAJO		
PARÁMETROS		DESCRIPCIÓN
θc	0,047	parámetro crítico de Shields (usualmente entre 0.045 y 0.06 para roca)
Sf	0,04983	pendiente de energía o fondo (adimensional)
y	1,56	tirante de flujo (m)
g	9,81	gravedad ≈ 9.81 m/s²
ρs	2650	densidad de la roca (2650 kg/m³)
ρ	1000	densidad del agua ≈ 1000 kg/m³
T_0	763,587	esfuerzo cortante en el lecho (N/m²)
D50	1,00	diámetro mediano de las rocas (m)
	1,10	Factor de seguridad (Entre 1,1 y 1,3) para considerar turbulencias o flujo supercrítico
D50	1,10	diámetro mediano de las rocas recomendado (m)
		Chequeo del espesor del manto de protección
T	1,93	recomendación HEC-11 / HEC-23, Manto simple o doble capa.
T	1,90	recomendación USACE EM 1110-2-1601 Incluye margen de seguridad y asentamiento, mín:0,30m

Tabla11. Cálculo de tamaño de roca y espesor del manto de protección bajo el puente

EJE DEL PUENTE		
PARÁMETROS		DESCRIPCIÓN
θc	0,047	parámetro crítico de Shields (usualmente entre 0.045 y 0.06 para roca)
Sf	0,02388	pendiente de energía o fondo (adimensional)
y	1,48	tirante de flujo (m)
g	9,81	gravedad ≈ 9.81 m/s²
ρs	2650	densidad de la roca (2650 kg/m³)
ρ	1000	densidad del agua ≈ 1000 kg/m³
T_0	345,584	esfuerzo cortante en el lecho (N/m²)
D50	0,45	diámetro mediano de las rocas (m)
	1,20	Factor de seguridad (Entre 1,1 y 1,3) para considerar turbulencias o flujo supercrítico
D50	0,50	diámetro mediano de las rocas recomendado (m)
		Chequeo del espesor del manto de protección
T	0,88	recomendación HEC-11 / HEC-23, Manto simple o doble capa.
T	1,00	recomendación USACE EM 1110-2-1601 Incluye margen de seguridad y asentamiento, mín:0,30m

6.3 Recomendación de protección

Recalce en concreto (para los estribos y aletas)

La propuesta de recalce en concreto en las bases de los estribos y aletas del puente se justifica a partir de las condiciones hidráulicas y geomorfológicas identificadas mediante la modelación hidráulica y corroboradas en la inspección geotécnica. Los resultados del modelo HEC-RAS evidencian velocidades del flujo del orden de 4,0 a 5,5 m/s en las secciones cercanas al puente, con números de Froude cercanos a la condición crítica (Fr ≈ 0,9–1,0), lo cual favorece la concentración de energía y el desarrollo de procesos de socavación localizada en la vecindad de los apoyos. Estas condiciones generan remoción progresiva del material de soporte superficial y exposición parcial de las bases de las aletas y estribos, tal como fue documentado en campo.

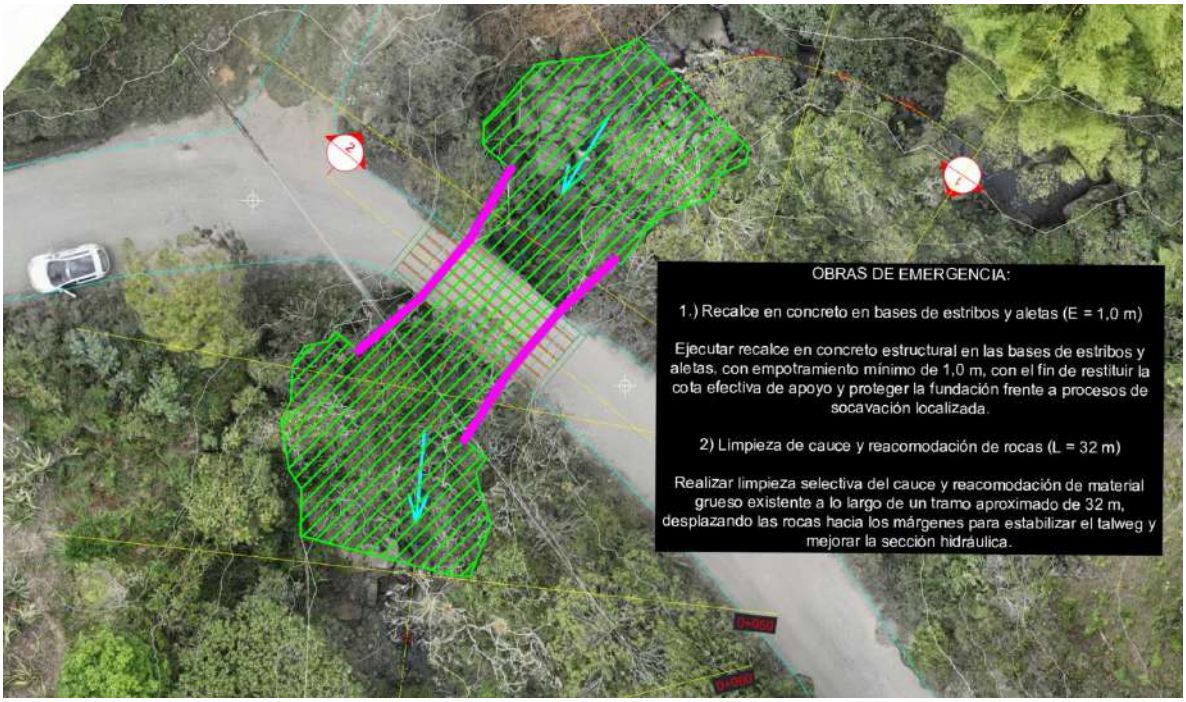
El recalce en concreto, con un empotramiento de 1,0 m, permite restituir la cota efectiva de apoyo y asegurar la correcta transmisión de cargas de la superestructura al terreno de fundación, independientemente de pérdidas adicionales de material superficial. Dado que la socavación identificada es predominantemente localizada y no compromete la estabilidad global del puente, no resulta técnicamente necesario adoptar profundidades de empotramiento equivalentes a la socavación total envolvente. En este contexto, el recalce funciona como un elemento estructural rígido, continuo y durable, capaz de resistir los esfuerzos hidráulicos y proteger la fundación existente frente a la erosión incipiente, constituyéndose en una solución compatible con el carácter de intervención correctiva y de emergencia del proyecto.

Limpieza de cauce y reacomodación de rocas (L = 32 m) hacia los márgenes como medida de protección de apoyos

La limpieza del cauce y el reacomodamiento de material grueso existente a lo largo de un tramo aproximado de 32 m se propone como una medida complementaria de carácter hidráulico–geomorfológico, orientada a mejorar las condiciones de paso del flujo y reducir la agresividad hidráulica sobre los apoyos del puente. Durante la inspección de campo se identificó acumulación desordenada de bloques y material aluvial en el lecho, así como obstrucciones parciales que inducen desviaciones del talweg, concentraciones locales de velocidad y ataque directo del flujo contra los estribos y aletas.

La modelación hidráulica confirma que estas irregularidades generan incrementos puntuales de velocidad y esfuerzo cortante, favoreciendo procesos de socavación localizada. La reacomodación controlada de las rocas existentes hacia los márgenes del cauce permite restituir una sección hidráulica más uniforme, estabilizar el talweg y disipar energía mediante una mayor rugosidad lateral, sin introducir elementos estructurales adicionales. Esta intervención reduce la concentración de flujo sobre los apoyos, disminuye el potencial erosivo inmediato y contribuye a la estabilidad del cauce en eventos de creciente, constituyéndose en una solución eficiente, de rápida ejecución y compatible con un proyecto de emergencia.

Imagen 21. Intervenciones recomendadas para Puente Quebrada La Onda



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

La cuenca de la Quebrada La Onda presenta características morfológicas propias de sistemas de montaña, con pendientes elevadas, marcado gradiente altimétrico y tiempos de concentración cortos, lo que genera una respuesta hidrológica rápida y caudales elevados durante eventos de lluvia intensa.

El análisis hidrológico permitió estimar un caudal pico de diseño de 93,4 m^3/s para un período de retorno de 100 años, el cual representa una condición crítica adecuada para evaluar el comportamiento hidráulico y los procesos de socavación asociados al puente.

La modelación hidráulica realizada en HEC-RAS evidencia un comportamiento hidráulico altamente energético, con velocidades elevadas y una transición clara entre regímenes supercríticos, subcríticos y críticos en el entorno de la estructura.

En la sección aguas arriba (K0+188) se presentan condiciones supercríticas (Fr ≈ 1,34) con altas velocidades, reflejo del carácter torrencial del cauce. En el eje del puente (K0+132) el flujo se controla parcialmente por la geometría de la estructura, adoptando un régimen subcrítico (Fr ≈ 0,66). Finalmente, en la sección aguas abajo (K0+184) el flujo alcanza una condición crítica (Fr ≈ 1,00), lo que indica una transición hidráulica inestable con elevado potencial erosivo.

El análisis de socavación indica profundidades relevantes de socavación general y local, con una socavación total envolvente de hasta 3,90 m en el eje del puente, asociada a escenarios hidráulicos extremos. No obstante, la evidencia de campo muestra que los procesos de erosión observados son principalmente localizados y no comprometen la estabilidad global de la estructura.

Las inspecciones geotécnicas confirman la presencia de erosión incipiente y pérdida parcial de material de soporte en las bases de estribos y aletas, coherente con los resultados de la modelación hidráulica y con la concentración de energía del flujo en las zonas de entrada y salida del puente.

En conjunto, los resultados permiten concluir que el puente mantiene su funcionalidad hidráulica para el caudal de diseño, pero presenta riesgos localizados de socavación que requieren la implementación de medidas de protección y estabilización compatibles con el carácter de obra de emergencia.

7.2 RECOMENDACIONES

Implementar recalces en concreto estructural en las bases de estribos y aletas, con un empotramiento mínimo de 1,0 m, como medida prioritaria para restituir la cota efectiva de apoyo, asegurar la adecuada transmisión de cargas y controlar la progresión de la socavación localizada identificada en campo.

Adoptar el empotramiento de los recalces con base en criterios estructurales, y no exclusivamente hidráulicos, considerando que estos elementos funcionan como sistemas rígidos y continuos, capaces de operar de forma segura aun ante pérdidas parciales de material superficial del cauce.

Ejecutar la limpieza selectiva del cauce y la reacomodación de material grueso existente a lo largo de un tramo aproximado de 32 m, desplazando las rocas hacia los márgenes para estabilizar el talweg, mejorar la sección hidráulica y reducir concentraciones locales de velocidad y esfuerzo cortante sobre los apoyos.

Mantener la geometría del cauce libre de obstrucciones, acumulación excesiva de material y vegetación que puedan alterar la sección hidráulica efectiva y modificar desfavorablemente el régimen de flujo durante eventos de creciente.

Realizar inspecciones periódicas posteriores a eventos hidrológicos significativos, con el fin de verificar el comportamiento de los recalces, la estabilidad del lecho y las márgenes, y la efectividad de las medidas de limpieza y reacomodación del cauce.

Considerar, a mediano plazo, la implementación de protecciones adicionales en márgenes mediante enrocado u otros sistemas de protección hidráulica, en caso de evidenciarse una evolución de los procesos erosivos más allá de lo actualmente identificado.

8. BIBLIOGRAFÍA

1.) FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION – FHWA. Bridge Scour and Stream Stability Countermeasures (HEC-23, Third Edition). Washington D.C., USA: U.S. Department of Transportation, National Highway Institute, 2009. 285 p. (FHWA-NHI-09-111).

2.) FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION – FHWA. Evaluating Scour at Bridges (HEC-18, Fifth Edition). Washington D.C., USA: U.S. Department of Transportation, National Highway Institute, 2012. 290 p. (FHWA-NHI-12-003).

3.) U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS – USACE. Hydraulic Design of Flood Control Channels (Engineering Manual EM 1110-2-1601). Washington D.C., USA: Department of the Army, 1994. 230 p.

4.) INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM, 2017. 96 p.

5.) INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Guía para el diseño hidráulico de obras de drenaje transversal en carreteras. Bogotá D.C.: IDEAM; Ministerio de Transporte, 2014.

6.) MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS – MOP. Manual de diseño de obras fluviales. Santiago de Chile, Chile: MOP, Dirección de Obras Hidráulicas, 2015. 215 p.

7.) ESCARAMEIA, M. River and Channel Protection: Using Riprap and Other Methods. Londres, Reino Unido: Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), Report C683, 1998. 380 p.

8.) MELVILLE, B. W.; COLEMAN, S. E. Bridge Scour. Colorado, USA: Water Resources Publications, 2000. 550 p.

9.) INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS – INVIAS. Manual de Drenaje para Carreteras, Segunda Edición. Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Transporte, 2018. 480 p.

10.) INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM, 2016. 124 p.

11.) LAURSEN, E. M. Scour at Bridge Crossings. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 84, No. HY1, 1958, pp. 1–14.

12.) LISCHVAN, E.; LEBEDIEV, A. Scouring around hydraulic structures in alluvial beds. Moscú: Hydrometeoizdat, 1967.

13.) COLORADO STATE UNIVERSITY (CSU). Method for Local Scour at Bridge Piers. Fort Collins, Colorado, USA, 1963.

14.) FROEHLICH, D. C. Analysis of Onsite Measurements of Scour at Bridge Piers. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 114, No. 6, 1989, pp. 715–736.

-- FIN DEL INFORME TÉCNICO --



PUENTE LO BLANCO

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander
NIT: 901978204-1

COMPONENTE DE GEOTECNIA Y GEOLOGIA

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander
NIT: 901978204-1

FICHA DE DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO PARA PUENTES EN VÍAS

Proyecto:	Diagnóstico y ejecución de obras de emergencia para mitigar el riesgo de daño y/o colapso de puentes ubicados en el departamento por la afectación causada por efecto de la ola invernal, declarada en virtud del decreto de calamidad pública no. 0522 de 24 de mayo de 2025. Contrato de obra no. 2833 de 2025
Fecha de levantamiento:	[13 / 09 / 2025]
Profesional geotécnico:	[Yenser Antonio Quintero]
Condiciones climáticas:	[Seco]

1 GENERALIDADES DEL PUENTE

Vía / Tramo	[Municipio de Chita a municipio de La Uvita]
Municipio / Departamento	[Chita / Boyacá]
Coordenadas (WGS84)	Lat [6°11'57.53"N] Long [72°29'36.51"O]
Cota aproximada (msnm)	[2579]
Cauce/Quebrada/Río	[Rio Lobo blanco]
Altura de gálibo (m)	[5.0 m]
Ancho de calzada (m)	[3.0 m]
Longitud total del puente (m)	[9.0 m]
Número de luces	[1]
Número de apoyos	[2]
Material dominante	[Concreto__X__ Acero____ Mixto____ Madera _____]
Tipo estructural	[Simplemente apoyado__X__ Continuo _____Otro _____]

2 ENTORNO GEOLÓGICO LOCAL

La descripción geológica se elabora con base en la información del Mapa Geológico de Colombia (SGC, 2023) y las observaciones realizadas durante la visita de campo. En el sitio donde se localiza el Puente Río Lobo Blanco, se identifican materiales correspondientes a la unidad k1k6-Stm, perteneciente al Cretácico Superior, caracterizada por la presencia de secuencias sedimentarias marinas de alta competencia.

Imagen No 1 Entorno geológico puente Rio Lobo blanco Chita



2.1 Unidad geológica identificada:

El sector del Puente Rio Lobo blanco se encuentra en contacto con la formación los pinos (unidad Kslp) las cuales Lodolitas fisibles, con delgadas intercalaciones de areniscas cuarzosas de grano fino con cemento silíceo. A la base unos niveles de calizas lumaquÍlicas (Ostreas.). Estos materiales son susceptibles a procesos de meteorización físicos al igual que pueden verse afectado su comportamiento mecánico por procesos erosivos, los taludes son de fuerte pendiente en la zona adyacente al cauce del rio Loblanco, mas sin embargo haciendo un recorrido de la zona se denota que los materiales presentes presentan varios planos de debilidad dado por la cantidad de familia de discontinuidades y planos de fracturamiento, ya que se encuentra en una zona de alta actividad tectónica donde convergen varias zonas de fallas geológicas esto genera en otras áreas procesos de remoción en masa y desprendimientos por efectos gravitatorios, la estabilidad en el lugar de estudio esta dado por la geometría de las discontinuidades.

2.2 Litología dominante:

El macizo rocoso expuesto en las márgenes del río está conformado principalmente por areniscas cuarzosas intercaladas con lodolitas fisiles de color gris a pardo claro, con presencia de niveles delgados de calizas y cherts. Estas rocas muestran buzamientos moderados y fracturamiento estructural asociado a la actividad tectónica de la Cordillera Oriental.

Imagen No 2 matriz arcillosa perteneciente a la UGS identificada como formación los Pinos Kslp



2.3 Implicaciones geotécnicas.

Geotécnicamente, el sector presenta condiciones favorables de soporte al encontrarse el puente cimentado directamente sobre afloramientos rocosos competentes. La presencia de fracturas y planos de discontinuidad condiciona el comportamiento local de los taludes, pudiendo generar caídos de bloques menores sin comprometer la estabilidad general. Los afloramientos laterales actúan como estructuras naturales de contención, controlando los procesos de socavación del cauce y contribuyendo a la estabilidad de la estructura.

2.4 Taludes en los accesos del puente [SI]

La estructura se encuentra en una zona de valle fluvial adyacente a laderas de origen denudaciones, del lado de La Uvita (margen derecha) se presentan ladera en contra pendiente con una altura de 350 m donde no se evidencia proceso de inestabilidad, mas sin embargo por ese flanco aguas arriba existen diferentes procesos de remoción en masa, hacia el lado de Chita se encuentra expuesto un talud de ladera erosiva con una altura aproximada de 100 m.

3 PROCESOS MORFODINÁMICOS

Procesos activos: [SI __ NO __X_]

(Marcar los que apliquen)

- ☐ Remoción en masa (deslizamientos, flujos, reptación)
- ☐ Caída de bloques / Desprendimientos
- ☐ Erosión superficial en taludes
- ☐ Socavación lateral del cauce
- ☐ Meteorización intensa en taludes rocosos
- ☐ Ninguno observado

3.1 Descripción del proceso activo

Generalmente las afectaciones que se puedan observar en el sitio corresponden a procesos erosivos de los taludes rocosos, aunque pueden presentar un grado de fracturamiento considerable no se identifican puntos activos de caídos cerca de la estructura de paso que afecten la funcionabilidad del puente.

4 ESTRIBOS Y ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO

4.1 Descripción general de las estructuras de apoyo.

4.1.1 Estribos.

El puente cuenta con estribos construidos en roca in situ de la formación Los Pinos (Kslp), con protección exterior contra la erosión y socavación en piedra pegada, al ser un elemento in situ las cargas distribuidas por los elementos estructurales del puente se transfieren directamente al macizo rocos por esta razón no cuenta con una estructura de cimentación. El estribo del lado de La Uvita presenta un muro frontal con una geometría recta generado en la roca de la formación los pinos, con protección en roca pegada hasta donde es visible, sin embargo, no se descarta que la protección no cubre toda la longitud del muro ya que puede que exista un aumento de la profundidad del cauce por procesos de socavación. El estribo opuesto, correspondiente a la salida hacia Chita, está conformado igualmente por un elemento de sección vertical construido en roca pegada, compartiendo la distribución de carga con el depósito aluvial el cual confina el muro frontal no se logra ver una estructura de cimentación, por ende, se asume que el depósito va apoyado directamente en la roca de la formación Los Pinos (Kslp).

Imagen No 3 Estribos puente rio Lobo blanco. (imagen izq. Lado Chita – Imagen Der. Lado La Uvita)





4.1.2 Aletas de confinamiento

Las aletas de los estribos de la margen derecha costado La uvita se desarrollan de manera diagonal respecto al alineamiento del apoyo, la aleta aguas arriba de este costado está hecha en la roca in situ donde existe un bloque que sobresale del elemento como estructura de protección, la aleta aguas abajo del costado La uvita está construida en la roca de la formación la cual no presenta procesos erosivos y de socavación. Las aletas del margen izquierdo costado Chita son elementos diseñados de forma angular de acuerdo a su función de contención y protección, los cuales están construidos en roca pegada. La aleta aguas arriba se encuentra afectada por procesos de socavación, lo cual ha generado el volcamiento de su estructura, aguas abajo se encuentra en buen estado.

Imagen No 4 Aletas lado Chita (Imagen Izq. Aguas arriba – Imagen Der. Aguas abajo)





Imagen No 6 Aletas lado la Uvita (Imagen Izq. Aguas abajo – Imagen Der. Aguas arriba)



5 AFECTACIONES Y PATOLOGÍAS

5.1 Cimentación de estribos

De acuerdo a la visita realizada la estructura se encuentra cimentada directamente a la roca de la formación Los Pinos (Kslp), esta se encuentra protegida por piedra pegada, se encuentra en buen estado de conservación y sin evidencias de deterioro estructural o geotécnico, como grietas, asentamientos diferenciales o socavación, es importante mencionar que de acuerdo a lo visto y el caudal de este rio, es posible que el cauce haya aumentado su sección hidráulica por la socavación del fondo del rio generando nuevas paredes en el macizo rocos. La ausencia de asentamientos o movimientos indica que la presión sobre el terreno es inferior a su resistencia última y no se han superado los límites de asentamiento admisible. No se requieren intervenciones de refuerzo o reparación en la cimentación , pero si se tendrá que revisar obras de disipación de energía para que el caudal del rio no genere socavaciones en las bases del puente vehicular.

5.2 Aletas de confinamiento:

En la aleta del margen izquierdo de la parte aguas arriba costado Chita se presentó el colapso de la estructura generado por la socavación del margen izquierdo de la entrada del flujo hacia la estructura, nos permite ver que la capacidad hidráulica del cauce en temporadas de crecientes genera que el margen se extienda por detrás de las aletas lo cual genero desconfinamiento y arrastre de material del margen izquierda afectando la aleta y el relleno estructural colapsando la estructura existente, se hace una revisión en la zona aledaña para verificar si existen proceso de remoción o sobrecarga sobre la aleta, pero no existe evidencia de sobrecarga, también se revisa las obras hidráulicas y el comportamiento hidrológico de la zona, las demás aletas se encuentran en buen estado.

Imagen No 5 Colapso de estructura aleta margen izquierda sector aguas arriba costado Chita.





5.3 Muro Frontal:

En los muros frontales del estribo del puente vehicular, al encontrarse en buen estado, confirman que cumplen sus funciones principales, el muro principal soporta adecuadamente la carga vertical (peso propio del puente, superestructura y tráfico) transmitida a través del dintel, distribuyéndola a la cimentación, ausencia de grietas o fisuras anchas en el cuerpo del muro principal (zonas centrales y esquinas), el muro resiste el empuje horizontal del relleno o terraplén posterior, ausencia de inclinación, abultamiento o deslizamiento horizontal.

Imagen No 6 Muros frontales puente rio Lobo blanco. (imagen izq. Lado Chita – Imagen Der. Lado La Uvita)





5.4 Taludes márgenes del cauce

Para la descripción geométrica se toma como referencia la dirección del flujo del cauce. En este sentido, se denominan taludes de margen derecha (M-D) y margen izquierda (M-I) los localizados aguas arriba, y de igual forma se identifican los taludes correspondientes aguas abajo.

5.4.1 Taludes aguas arriba:

Los taludes aguas arriba que conforman el cauce no presentan afectaciones directas. Se observa en la margen derecha procesos de volcamientos de bloques del macizo rocoso dado por las condiciones

geométricas de la familia de discontinuidades y el grado de fracturamiento generado por la actividad tectónica de la zona, pero estas afectaciones no involucran la estabilidad y funcionabilidad de la estructura.

Imagen No 7 Taludes aguas arriba cauce. (Imagen Izq. Margen izquierda – Imagen Der. Margen derecha)





5.4.2 Taludes aguas abajo:

En el sector aguas abajo, los taludes adyacentes al cauce se mantienen estables y sin manifestaciones de erosión significativa o desprendimientos que puedan representar una amenaza para la infraestructura. Las márgenes se encuentran recubiertas parcialmente por vegetación arbustiva y herbácea, lo que contribuye a la protección natural frente a la acción del flujo.

Imagen No 8 Taludes aguas abajo cauce (Imagen Izq. Margen izquierda– Imagen Der. Margen derecha)





5.5 Socavación

En el sector del Puente Lobo Blanco, el cauce presenta un comportamiento encajonado entre márgenes rocosas con presencia de afloramientos que conforman los taludes naturales del río. Se observa un lecho conformado por bloques y gravas gruesas que favorecen la disipación de energía y reducen la susceptibilidad a erosión vertical significativa.

El flujo es rápido y con régimen turbulento, generando remolinos y saltos hidráulicos locales que promueven erosión puntual entre bloques y desplazamiento de material suelto en los sectores interbloque, especialmente en las zonas de menor confinamiento o donde la matriz arcillosa ha sido removida. No obstante, la socavación general del cauce se considera controlada, dado que los afloramientos rocosos laterales actúan como estructuras naturales de contención, limitando la erosión lateral y la migración del cauce.

Se prevé que el proceso de socavación solo pueda desarrollarse de manera localizada en los puntos donde el flujo impacta directamente sobre el pie de los taludes o en zonas de discontinuidad de los afloramientos. Por tanto, el comportamiento hidráulico actual del cauce no representa un riesgo crítico de socavación general, aunque se recomienda mantener monitoreo periódico y registro fotográfico para identificar posibles retrocesos localizados o desprendimientos menores de bloques en los periodos de crecientes

5.6 Otros daños observados

Aparte del daño generado por el colapso de la Aleta la estructura tanto en apoyos de estribos y elementos de confinamiento lateral, así como taludes aguas arriba y abajo no presentan patologías que requieran la atención inmediata.

6 CONCEPTO GEOTÉCNICO DEL DIAGNÓSTICO

6.1 Hallazgos principales

El colapso de la aleta es el resultado de la interacción desfavorable entre la fragilidad geológica (rocas incompetentes y fracturas) y la agresión hidrológica (alta energía en crecidas). El río ataca los puntos débiles del cauce y de la cimentación, removiendo el soporte basal y provocando el fallo de la estructura de contención. La socavación aguas arriba actúa como un proceso precursor que aumenta la inestabilidad general del tramo fluvial adyacente al puente. Este fenómeno se debe a la socavación por contracción lateral donde uno de sus puntos críticos es donde se encuentra la aleta colapsada, donde el flujo, al ingresar al puente, se contrae, provocando un aumento localizado de la velocidad y la generación de vórtices y remolinos justo en la esquina del estribo, que succionan el material de cimentación y ribera (socavación local).

6.2 Patologías críticas identificadas

Las afectaciones se concentran en los elementos estructurales que conforman la aleta de la margen izquierda del sector aguas arriba. Existe una falla estructural en la aleta aguas arriba del costado Chita por socavación, el cual es el más afectado, de igual forma es importante aclara que no se pudo verificar el estado completo de los estribos bajo la lámina de agua lo cual nos permitiría diagnosticar el macizo rocoso antes de evidenciarlos en daños estructurales (asentamiento o inclinación del estribo).

6.3 Nivel de riesgo

Para fines prácticos de la presente ficha, se adopta una metodología simplificada que evalúa el riesgo en función de la combinación de:

Riesgo = Probabilidad × Consecuencia

Riesgo	Nivel
1 – 4	Bajo
5 – 9	Medio
10 – 16	Alto
15 – 25	Muy Alto (Critico)

- **Probabilidad (P):** nivel de ocurrencia esperado de la amenaza, a partir de observaciones de campo (procesos activos, evidencia de deterioro, antecedentes).

Probabilidad	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Valor	1	2	3	4	5

  - Muy alta: Evidencia clara de socavación crítica, erosión activa, procesos que avanzan rápido.
  - Alta: Procesos activos con señales fuertes (exposición parcial de cimentación, erosión marcada).
  - Media: Señales moderadas (grietas, erosión incipiente, arrastre de material leve).
  - Baja: Evidencias menores, procesos lentos.
  - Muy baja: No se observan procesos activos, estabilidad aparente.

- **Consecuencia (C):** impacto potencial sobre la estructura y el servicio vial en caso de materializarse la amenaza.

Consecuencia	Menor	Moderada	Seria	Mayor	Catastrófica
Valor	1	2	3	4	5

  - Catastrófica (5): Colapso total del puente, interrupción prolongada de la vía.
  - Mayor (4): Afectación grave de la estructura (un estribo/pila comprometida).
  - Seria (3): Daños estructurales importantes, pero con posibilidad de rehabilitación.
  - Moderada (2): Daños reparables sin riesgo inmediato de pérdida del servicio.
  - Menor (1): Patología superficial, no compromete la seguridad.

Esta aproximación está alineada con los lineamientos de INVIAS – Cartilla de Gestión del Riesgo en Infraestructura Vial

Probabilidad	Consecuencia	Nivel de riesgo
1	2	Bajo

6.4 Obras necesarias

Las obras necesarias están encaminadas a recuperar la aleta que se encuentra afectada, tanto cimentación y aletas en buen estado no presentan patología por socavación que requieran obras de protección en ronda hídrica.

6.5 Exploración geotécnica

No se requiere exploración geotécnica, se puede observar que tanto puente y elementos de confinamiento se encuentran apoyados sobre afloramientos rocoso, por lo cual la restauración de la aleta quedara apoyada directamente sobre el basamento fracturado.

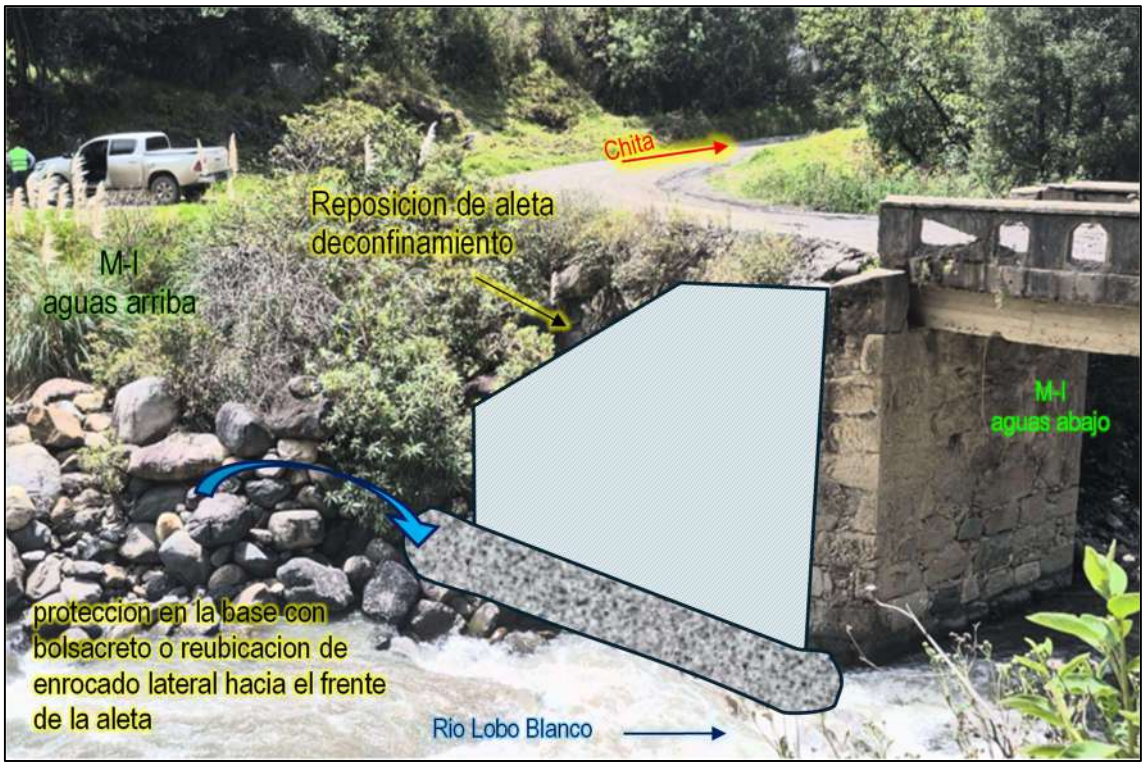
6.6 Proyección de obras definitivas de mitigación:

Alero aguas arriba M-I (lado Chita): Se recomienda reconstrucción del elemento y reconformación del lleno estructural en el trasdós de la aleta, se debe ampliar la sección del elemento estructural con el fin de tener una mayor área de control de procesos de socavación en la entrada del puente vehicular, complementado con protección a la socavación mediante bolsacretos o estructuras disipadoras en concreto (hexápodos) en el pie y costados expuestos para disipar energía del flujo, también realizar todas las oblas complementarias para conducción y drenaje de las aguas de escorrentía.

Aleta aguas arriba M-D (lado Paz del rio): Se recomienda protección a la socavación mediante bolsacretos o enrocado en el pie y costados expuestos para disipar energía del flujo

6.7 Esquematización de propuesta de mitigación

Puente	Rio Lobo blanco - Chita



7 CONCLUSIÓN DEL DIAGNÓSTICO

El Puente sobre el río Lobo Blanco, municipio de Chita, se encuentra cimentado directamente sobre afloramientos rocosos pertenecientes a la Formación Los Pinos (Kslp), los cuales confieren condiciones de alta competencia y estabilidad general al macizo de apoyo. La estructura presenta buen estado en sus estribos y muros frontales, sin evidencias de asentamientos, grietas o deformaciones que comprometan su funcionalidad estructural o geotécnica.

La única afectación significativa corresponde al colapso de la aleta aguas arriba del margen izquierdo (lado Chita), generado por un proceso de socavación localizada en la entrada del flujo hacia la estructura, producto de la contracción hidráulica y la concentración de energía en la esquina del estribo. Este fenómeno, de carácter puntual, no compromete la estabilidad global del puente pero requiere reconstrucción y reforzamiento de la aleta, con control hidráulico en el pie y costados expuestos para prevenir reincidencias.

El lecho rocoso y los afloramientos laterales actúan como elementos naturales de confinamiento y control de erosión, limitando el desarrollo de socavación general o desplazamientos laterales del cauce. Por tanto, el riesgo geotécnico e hidráulico actual se considera bajo, condicionado únicamente al adecuado manejo de la energía del flujo y a la reposición de la estructura colapsada.

Se recomienda implementar las obras definitivas de mitigación contempladas en el diagnóstico —reconstrucción de la aleta M-I aguas arriba, conformación del trasdós con material seleccionado, y protección con bolsacretos o enrocado disipador en el pie del cauce—, además de mantener un monitoreo periódico de las márgenes durante las épocas de creciente. Con estas acciones, se garantiza la estabilidad integral de la estructura, la funcionalidad hidráulica del cauce y la reducción del riesgo de daño o pérdida de servicio del puente a niveles aceptables.

Firmas

Geotecnista:	Yenser Antonio Cantero Serrano	**Revisor:**	
T.P.:	54202-363195 NTS	**T.P.:**	
Fecha:	09/09/2025	**Fecha:**	

CONSORCIO INTER MAP–LAR

PUENTE QUEBRADA GUATOQUE

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander
NIT: 901978204-1

CONSORCIO PEB – JI
901.977.234-8

INFORME PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO (PMT)

CONTRATO DE OBRA PÚBLICA No.
CO1.PCCNTR.8186181/2833 DE 2025

OBJETO: DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

ENTIDAD CONTRATANTE: GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

CONSORCIO PEB – JI
901.977.234-8

CONTRATO DE OBRA PÚBLICA No. CO1.PCCNTR.8186181/2833 DE 2025

DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIEGO DE DAÑO Y/O COLPASO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EL EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 DE 2024 DE 24 DE MAYO DE 2025

Contenido:

PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO DEL PUENTE QUEBRADA GUATOQUE EN EL MUNICIPIO DE SANTA SOFÍA UBICADO EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

BOYACÁ – 2025

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

Resumen: El presente Plan de Manejo de Tránsito tiene como propósito establecer las medidas necesarias para garantizar la seguridad y movilidad de todos los actores viales durante la ejecución del proyecto. Se busca proteger a conductores, pasajeros, peatones, ciclistas, usuarios de movilidad activa y personal de obra, mediante la implementación de señalización y dispositivos de control adecuados. Las medidas adoptadas pretenden asegurar una circulación segura en las zonas de intervención, minimizando las alteraciones a las condiciones normales de tránsito y garantizando, al mismo tiempo, la protección de los trabajadores y de los usuarios de la vía.

Palabras claves: Vía, plan, transito, señalización, vehículos.

Idioma: Español	Número de copias:	Número de páginas: 56
Documentos complementarios:		Clasificación de Seguridad:
Notas del destinario:		

REVISIÓN No. 0	**FECHA**	**NOMBRE**	
		CONSORCIO PEB-JI	
		PROYECTÓ	**CARGO**
AUTOR	11/12/2025	GIOVANNI FRANCISCO LAZARO CORREA	DIRECTOR DE OBRA
AVALA	11/12/2025	MAIRA ALEJANDRA PICÓN GARCIA	DIRECTOR DE INTERVENTORIA

1. INTRODUCCIÓN DEL COMPONENTE

El presente proyecto consiste en el informe del Plan de Manejo de Tránsito (PMT) el cual hace parte del CONTRATO DE OBRA PÚBLICA No. CO1.PCCNTR.8186181/2833 DE 2025 con el objeto de "DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025", todo esto con el propósito de mitigar el impacto generado por la alteración de las condiciones normales de circulación, garantizando la seguridad de los trabajadores y los trabajos, por tanto, se requiere la realización del Plan de Manejo de Tránsito (PMT), cuya implementación y desarrollo estará a cargo de la firma contratista, supervisada por la interventoría y la supervisión con el apoyo de la dirección de tránsito del departamento de Boyacá. El presente PMT se implementará armonizado con el cronograma de obra presentado por el contratista para la ejecución de las actividades del proyecto.

El PMT está basado en el Manual de Señalización Vial - Dispositivos para el control del tránsito en calles, carreteras y ciclo rutas de Colombia, del Ministerio de Transporte, edición 2024. Así mismo, El PMT que se expone en este informe corresponde a las situaciones que afectan el tránsito normal sobre las vías, derivado por las actividades a ejecutar sobre los puentes ubicados en el departamento de Boyacá.

Por tal razón es de impetuosa necesidad generar un plan de señalización y manejo de tránsito con el fin de dar seguridad y contar con la prevención y movilidad del tráfico existente, tanto vehicular como peatonal en el tiempo en que dure la ejecución de estas obras.

2. OBJETIVOS DEL COMPONENTE

2.1. OBJETIVO GENERAL

Mitigar el impacto generado por las obras durante la construcción del proyecto, con el propósito de brindar un ambiente seguro, ordenado, ágil y cómodo a los conductores, pasajeros, ciclistas, peatones, personal de la obra y vecinos del lugar, en cumplimiento a las normas establecidas para la regulación del tránsito.

El presente Plan de Manejo de Tránsito se refiere al proyecto de "DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025".

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Procurar la seguridad e integridad de los usuarios, peatones y trabajadores.
- Evitar en lo posible la restricción u obstrucción de los flujos vehiculares y peatonales.
- Ofrecer a los usuarios una señalización clara y de fácil interpretación, que les facilite la toma de decisiones en forma oportuna, ágil y segura.
- Prestar atención continua a la seguridad en las vías dentro del área de influencia de la obra en ejecución.

3. INFORMACION GENERAL

3.1. RESPONSABIIDAD DEL ESTUDIO:

ENTIDAD CONTRATANTE: GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

INTERVENTORÍA: CONSORCIO INTER MAP-LAR

EJECUTOR: CONSORCIO PEB-JI

3.2. INFORMACIÓN DE LA ZONA

La Secretaría de Infraestructura Pública de Boyacá ha establecido que, como consecuencia de la fuerte ola invernal que atraviesa el departamento, se han presentado graves afectaciones en la infraestructura vial, registrándose emergencias en más de 21 municipios. Las principales problemáticas corresponden a pérdidas de banca, deslizamientos, remoción de material y daños estructurales en puentes.

Ante la magnitud de los daños, y en el marco de los decretos de calamidad pública expedidos, se formuló un plan específico orientado a las fases de respuesta y recuperación, priorizando intervenciones inmediatas en los puntos críticos. Dicho plan contempla la ejecución de medidas de mitigación que garanticen la seguridad estructural y la continuidad en la conectividad vial del departamento.

El deterioro de estas infraestructuras impacta de forma directa el desarrollo económico y social de la región, afectando el transporte de productos agrícolas, pecuarios, mineros, turísticos y comerciales, así como el acceso oportuno a los servicios esenciales de salud y educación. Las restricciones o interrupciones en la red vial generan sobrecostos logísticos, pérdidas económicas, limitaciones en la atención de emergencias médicas, suspensión de jornadas escolares y mayor exposición de la población a riesgos asociados a la inestabilidad de la infraestructura.

Por lo anterior, resulta técnica y socialmente necesario ejecutar intervenciones inmediatas bajo la modalidad de obras por emergencia, en el marco de la atención al fenómeno de La Niña. El objetivo principal es restablecer de manera oportuna la operación segura de los puentes afectados, prevenir el agravamiento de los daños existentes y proteger la integridad de las comunidades directamente impactadas.

Dentro de los puentes priorizados para intervención, se han definido ocho frentes de obra, cuya ejecución se realizará conforme a la disponibilidad de recursos asignados. Cabe precisar que, debido a la magnitud de la afectación, es posible que los recursos no sean suficientes para atender la totalidad de las estructuras afectadas, por lo que se intervendrán de manera prioritaria aquellos puntos de mayor criticidad y riesgo para la movilidad y seguridad de los usuarios.

El Puente Quebrada Guatoque, objeto del presente Plan de Manejo de Tránsito, se localiza en el municipio de Santa Sofía, en un entorno de carácter predominantemente rural. La estructura permite el cruce sobre la quebrada Guatoque, constituyéndose en un elemento fundamental de la red vial municipal que conecta el casco urbano con veredas rurales y con corredores viales que comunican con municipios vecinos.

La localización del puente condiciona la ejecución de las obras y la regulación del tránsito, requiriendo medidas de señalización, control y advertencia que garanticen la seguridad de los usuarios y del personal de obra.

Para una mejor comprensión del área de intervención, la información geográfica se presentará de manera progresiva, a partir de un contexto nacional hasta el detalle específico:

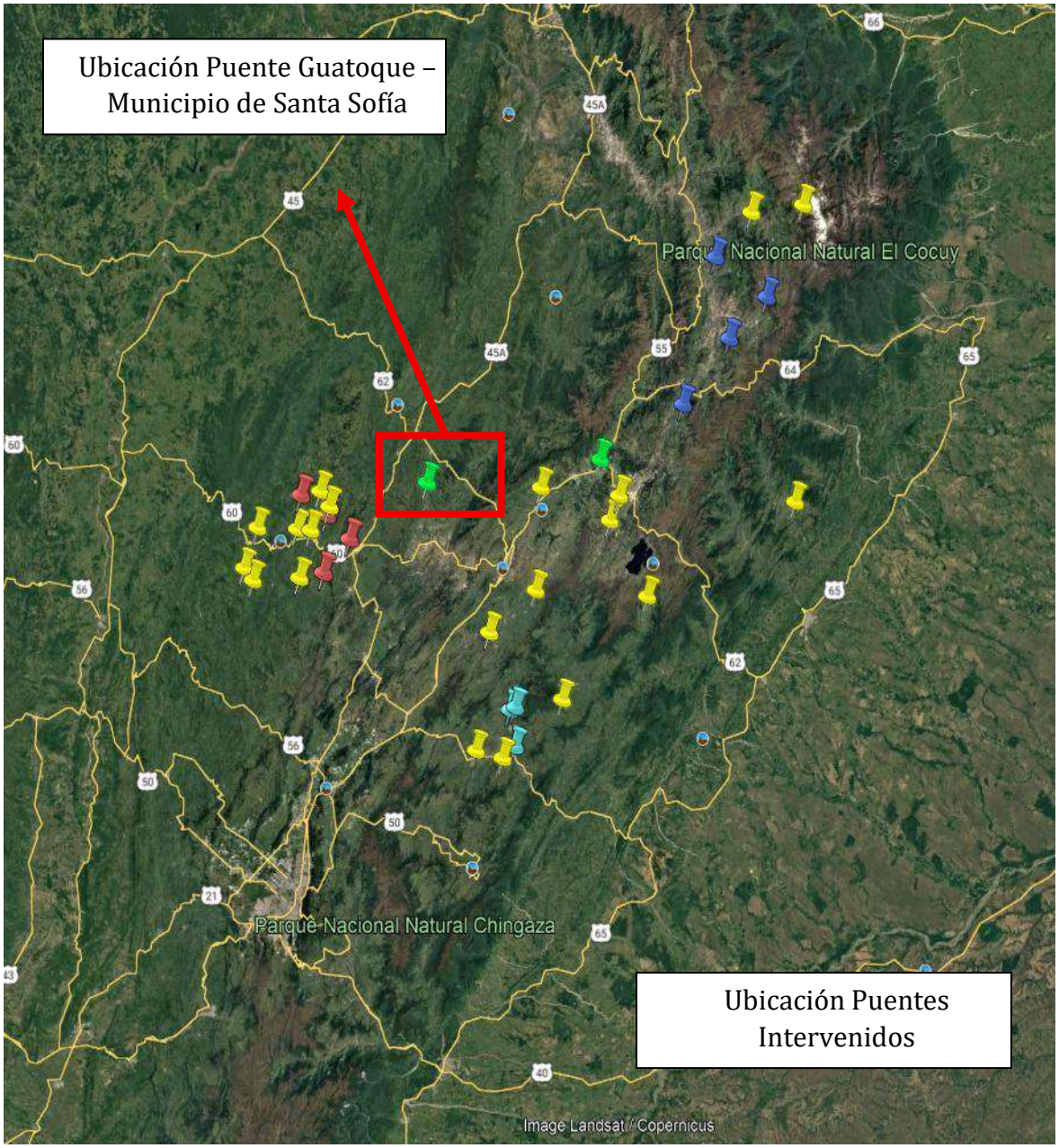
- Mapa de Colombia: Se ilustra la ubicación del departamento de Boyacá dentro del territorio nacional, como referencia inicial de localización.
- Mapa del Departamento de Boyacá: Se ilustran los municipios.
- Localización general de los puentes priorizados: Se ilustra un plano con la ubicación de los puentes que presentan afectaciones.

Figura 1. Macro Localización del Proyecto



Fuente: Google Earth

Figura 2. Micro Localización del proyecto



Fuente: Google Maps

3.3. TIPO DE OBRA:

La construcción de las obras del proyecto comprende en forma general las siguientes actividades:

- EXCAVACIÓNES MECANICAS VARIAS EN ROCA BAJO AGUA. (INCLUYE CARGUE Y ACARREO LIBRE HASTA 5 KM.)
- ROCERIA A CADA LA LADO DE LA VIA Y/0 ZONAS NECESARIAS PARA BUENA VISIBILIDAD. (INCLUYE ACARREO LIBRE HASTA 5 KM).
- ENTIBADOS EN MADERA TIPO 1 PARA EXCAVACIONES 1 A 7 USOS.
- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BARANDA METÁLICA. (INCLUYE ANTICORROSIVO PRIMER Y ESMALTE).
- LIMPIEZA DE PONTONES Y BOX COULVERT, INCLUYE RECTIFICACION DE DESCOLES CON RETIRO DE SOBRANTES Y OBSTACULOS. (INCLUYE ACARREO LIBRE HASTA 5 KM).
- CONCRETO SIMPLE DE 28 MPa - (4000 PSI) IMPERMEABILIZADO PARA PLACAS PISOS
- SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI 420 MPA
- EXCAVACIÓN DE CORTES, CANALES Y PRESTAMOS EN MATERIAL COMUN A MAQUINA.(INCLUYE CARGUE Y ACARREO LIBRE HASTA 5 KM.)
- RELLENO SUBBASE GRANULAR COMPACTADO CON PLANCHA VIBRADORA
- CONCRETO SIMPLE DE 28 MPa - (4000 PSI) IMPERMEABILIZADO PARA MUROS
- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NT 2500 PARA SEPARACION SUBRASANTE/CAPAS GRANULARES Y/O SUBDRENES/FILTROS
- BASE EN CONCRETO POBRE DE E = 0.05 M. 14 MPa - (2000 PSI)
- CARGUE Y TRANSPORTE DE MATERIALES SUELTOS, PRODUCTO DE SOBRANTES Y/O DERRUMBES (INCLUYE ACARREO LIBRE HASTA 5KM.).
- DEMOLICIÓN OBRAS EN CONCRETO REFORZADO, INCLUYE CARGUE Y RETIRO DE SOBRANTES CON ACARREO LIBRE HASTA 5 KM.).
- RELLENO CON MATERIAL DE AFIRMADO COMPACTADO RANA Y/O VIBROCOMPACTADOR.
- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE DEFENSAS VIALES TRAMO RECTO, CAL. 12. 2 POSTES DE 1.50M. Y TERMINALES INCLUYENDO TORNILLERIA, CAPTA- FAROS EN LÁMINA GALVANIZADA CAL. 22 EN CINTA REFLECTIVA GRADO INGENIERIA SEGUN NORMA INVIAS
- TRANSPORTE DE MATERIAL DE AFIRMADO Y/O GRANULAR SUELTO (MEDIDO EN BANCO) DESPUÉS DE 5 KM
- LOCALIZACION Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO PARA OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL
- SUMINISTRO E INSTALACIÓN TUBERÍA DE ALCANTARILLADO PVC D= 36"

- CONSTRUCCION DE FILTROS A CUALQUIER PROFUNDIDAD, CON MATERIAL FILTRANTE SEGÚN NORMA INVIAS. (NO INCLUYE EXCAVACIÓN NI GEOTEXTIL). (**)
- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC D = 4" PARA DRENAJE SIN FILTRO
- ENROCADO PARA PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS EN RÍOS
- LIMPIEZA O RECONFORMACION DE RIOS INCLUYE ELIMINACION DE SEDIMENTOS DEL CAUCE Y ACARREO (RETIRO LIBRE HASTA 5KM)

3.4. TIEMPOS DE EJECUCIÓN:

El tiempo de ejecución de las actividades de obra estará sujeto al cronograma general de construcción, el cual se encuentra organizado en ocho (8) frentes de trabajo bajo la modalidad de monto agotable. La priorización de las intervenciones se definirá a partir del diagnóstico a realizar sobre los puentes afectados, estableciéndose un plazo total estimado de cuatro (4) meses para la ejecución de las obras.

3.5. MAQUINAS POR EMPLEAR:

Para la construcción del proyecto se dispondrá de maquinaria y equipos especializados, los cuales estarán sujetos a inspecciones permanentes con el fin de verificar el adecuado estado de funcionamiento, el cumplimiento de la normatividad de señalización vial, el transporte seguro de maquinaria pesada y el manejo responsable de materiales. Todo ello se realizará en concordancia con lo establecido en el Código Nacional de Tránsito Terrestre y demás disposiciones vigentes.

Los principales equipos para utilizar son los siguientes:

- Compresor de capacidad para dos martillos neumáticos.
- Motobomba
- Retroexcavadora sobre orugas (capacidad 220 HP)
- Guadañadora (cilindraje 41.5 cm3)
- Compresor de aire portátil con accesorios.

- Equipo de corte de acero incluye consumibles
- Equipos de soldadura de 400 AMP.
- Vibrador portátil para concreto
- Vibrocompactador rana (HR)
- Retroexcavadora (capacidad 100 HP)
- Compresor de 250 CFM con martillo neumático
- Pulidora
- Equipo de topografía (estación total, nivel y accesorios)
- Retroexcavadora con martillo neumático (capacidad mínima 200 HP)
- Herramientas menores (martillos demoledores, taladros, vibradores de concreto, etc.).

3.6. USO PREDOMINANTE DEL SUELO:

En el área de influencia del proyecto, correspondiente al departamento de Boyacá, el uso del suelo presenta una alta diversidad derivada de sus condiciones geográficas, culturales y productivas. De manera general, se destacan los siguientes usos predominantes:

- Uso agrícola: Boyacá se caracteriza por ser uno de los principales productores agrícolas del país, con cultivos de papa, cebolla, maíz, trigo, cebada, hortalizas y frutales. Estos cultivos se desarrollan tanto en pequeñas parcelas campesinas como en áreas de producción a mayor escala.
- Uso pecuario: la ganadería bovina, ovina y caprina tiene una importante presencia en zonas rurales, complementada con actividades avícolas y de cría de especies.
- Uso minero: en diferentes municipios se adelantan procesos de extracción de carbón, esmeraldas, arcillas, calizas y materiales de construcción, actividad que constituye una fuente de ingresos significativa para el departamento.
- Uso residencial rural y urbano: se presenta en las cabeceras municipales,

centros poblados y en viviendas campesinas dispersas en veredas, que forman parte de la estructura social del territorio.

- Uso turístico y cultural: Boyacá posee una vocación turística importante gracias a su patrimonio histórico, arquitectónico, natural y religioso, con municipios de interés y de gran atractivo.
- Forestal: en zonas altas se encuentran coberturas boscosas naturales y áreas de reforestación.

El desarrollo de las intervenciones proyectadas sobre la infraestructura vial, particularmente en puentes y accesos, tiene incidencia directa sobre estos usos del suelo, al mejorar la movilidad, la conectividad y el acceso a servicios esenciales, dinamizando la economía local y regional.

En el área de influencia inmediata del Puente Quebrada Guatoque, el uso del suelo es predominantemente rural, con una fuerte vocación agrícola y pecuaria, destacándose cultivos tradicionales y actividades productivas de pequeña y mediana escala. El puente es un elemento clave para el transporte de productos del campo y la movilidad de la población rural, por lo que su adecuada operación resulta fundamental para el desarrollo económico y social del municipio de Santa Sofía.

3.7. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE INFLUENCIA:

La zona de influencia corresponde al proyecto de "DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025". Dichas vías por intervenir presentan tráfico de bajo, medio y alto impacto debido a que conecta a vías municipales, primarias, secundarias y terciarias del departamento de Boyacá.

La zona de influencia del proyecto, correspondiente a los distintos municipios del departamento de Boyacá donde se ubican los puentes priorizados, presenta una amplia diversidad en cuanto a usos del suelo, condiciones físicas y presencia de sitios especiales de interés ambiental, social y cultural.

La zona de influencia del Puente Quebrada Guatoque corresponde a un entorno rural disperso, con baja densidad poblacional y tránsito vehicular compuesto principalmente por vehículos livianos, motocicletas y transporte de carga agrícola. La vía cumple una función esencial en la articulación entre veredas, áreas productivas y el casco urbano del municipio, lo que hace indispensable garantizar su operación segura durante la ejecución de las obras.

3.8. SITIOS ESPECIALES:

En el área de influencia de los puentes se identifican sitios con valor ambiental, cultural y social, entre ellos:

- Áreas naturales y cuerpos hídricos: quebradas, ríos y microcuencas que cumplen funciones de abastecimiento hídrico y soporte ecosistémico (ej. río Negro, río Pisba, río Sáchica, quebrada Tobasía, quebrada Cacó, entre otras).
- Áreas de conservación y páramos: presencia de ecosistemas de alta montaña como el Páramo de Pisba, Páramo de La Cortadera y otros relictos boscosos que requieren especial protección.
- Patrimonio histórico y cultural: municipios con valor arquitectónico y cultural, así como resguardos indígenas en áreas puntuales.
- Centros poblados y equipamientos: escuelas rurales, centros de salud básicos, cascos urbanos de municipios y veredas que dependen de la conectividad vial.

En el entorno del Puente Quebrada Guatoque se identifican sitios de especial interés

ambiental, asociados principalmente a la quebrada Guatoque y a las áreas naturales circundantes. La presencia del cuerpo hídrico y de actividades agrícolas cercanas incrementa la sensibilidad del área frente a las intervenciones viales, lo que exige la implementación de medidas de señalización, control y prevención que protejan tanto a los usuarios de la vía como al entorno natural.

3.9. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

El territorio donde se desarrollan las intervenciones presenta las siguientes características físicas:

- Topografía: El municipio de Santa Sofía presenta una topografía ondulada a quebrada, característica de la provincia de Ricaurte, con laderas, colinas y valles estrechos asociados a los cuerpos hídricos. En el sector del Puente Quebrada Guatoque, el terreno presenta pendientes moderadas y accesos condicionados por la geomorfología del valle, lo que limita la sección de la vía y exige un manejo cuidadoso del tránsito durante la ejecución de las obras.
- Clima: Santa Sofía se ubica en un piso térmico templado, con temperaturas moderadas y una alta variabilidad climática, caracterizada por periodos de lluvia intensa durante las temporadas invernales. Estas condiciones favorecen el incremento de caudales, la saturación de suelos y la disminución de la visibilidad y adherencia de la calzada, factores que deben ser considerados en el Plan de Manejo de Tránsito.
- Hidrografía: La quebrada Guatoque hace parte de la red hidrográfica del municipio de Santa Sofía y presenta un comportamiento hidrológico variable, con incrementos significativos de caudal durante eventos de lluvia intensa. Este comportamiento representa un factor de riesgo para la estabilidad del puente y de sus accesos, lo que justifica la adopción de medidas de advertencia, control y señalización dentro del PMT.

- Geología y suelos: Los suelos del sector corresponden a materiales de origen sedimentario y coluvial, con presencia de depósitos asociados a la quebrada. Bajo condiciones de saturación, estos suelos pueden perder capacidad portante, incrementando el riesgo de erosión, socavación y afectaciones en la banca vial, razón por la cual se hace necesaria la intervención y el control del tránsito durante la ejecución de las obras.
- Accesibilidad: El Puente Quebrada Guatoque hace parte de una vía de carácter municipal–terciario, con volúmenes de tránsito bajos a moderados y ausencia de rutas alternas inmediatas. Esta condición convierte a la estructura en un punto crítico para la conectividad rural del municipio de Santa Sofía, por lo que el Plan de Manejo de Tránsito debe priorizar la continuidad controlada del paso vehicular y la seguridad de los usuarios.

La intervención de dicha estructura es prioritaria para garantizar la movilidad segura, la integración territorial y la reducción del riesgo de aislamiento en comunidades vulnerables afectadas por la ola invernal.

4. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

Las estrategias para el manejo temporal del tránsito por obras civiles deben apoyarse en los siguientes principios fundamentales:

- La seguridad de los usuarios en áreas de control temporal del tránsito, debe ser un elemento integral y de alta prioridad de todo proyecto.
- La circulación vial deberá ser restringida u obstruida lo menos posible.
- Los conductores y los peatones deben ser guiados de manera clara mediante dispositivos, mientras se aproximan y atraviesan la zona de las obras.
- Con el propósito de asegurar niveles de operación aceptables, se deben realizar inspecciones rutinarias de los elementos de regulación del tránsito.
- Debido al incremento potencial de riesgos, durante la regulación temporal del tránsito, la seguridad en la zona debe tener constante atención.
- Para la toma de decisiones de trabajo, cada persona, cuyas acciones afectan el control temporal del tránsito, debe recibir entrenamiento adecuado, desde el nivel superior del personal administrativo hasta el personal de campo.
- La regulación del tránsito a través de las áreas de trabajo es una parte esencial en la ejecución de obras.

Es importante considerar la difusión de los trabajos por desarrollar, con el propósito de que se tenga un conocimiento por parte de los usuarios de las vías y los habitantes de la zona.

5. METODOLOGÍA

El desarrollo del plan de manejo del tránsito en la zona de influencia de las obras comprende las etapas siguientes:

- Conocimiento de las características de las obras.
- Identificación de las características generales de la zona de influencia de la obra.
- Toma de información básica requerida para elaborar el plan de manejo del tránsito.
- Diseño del plan de manejo del tránsito.
- Puesta en marcha del plan de manejo del tránsito.
- Supervisión del plan de manejo del tránsito.

6. PLAN DE SEÑALIZACIÓN DENTRO DEL ÁREA A INTERVENIR

Cuando se ejecuten obras en la vía de construcción, rehabilitación, mantenimiento y las actividades relacionadas con las intervenciones inmediatas bajo la modalidad de obras por emergencia, y que de acuerdo a la necesidad se priorizarán para inicio de obras, de acuerdo a los ocho frentes de obras definidos (intervenciones que se harán hasta agotar el recurso disponible para tal fin), por un lapso de 4 meses, se presentan condiciones especiales y transitorias que pueden afectar la circulación normal de los usuarios de la vía.

Dichas situaciones serán atendidas aplicando normas y medidas técnicas apropiadas, que se incorporan al desarrollo del proyecto, cualquiera sea su importancia o magnitud, con el objeto de reducir el riesgo de siniestros viales y hacer más segura y expedita la circulación de los usuarios.

Para facilitar el manejo de la obra y acorde con la infraestructura disponible, en el plan general de manejo de tráfico se utilizará la señalización de acuerdo con lo estipulado en las normas del ministerio de transporte y el tránsito municipal de la siguiente forma:

- Se dispondrá de señales del tipo informativas y de precaución, instaladas en sitios específicos localizados a lo largo del proyecto, que sirvan para informar en forma general que se construirá determinada obra.
- Se dispondrá de señales tipo preventivas temporales en el sitio específico donde se desarrollará el tramo a construir en el día a día del proyecto.
- Se dispondrán de señales tipo preventivas en los puntos donde por motivo de razones constructivas se deban tener holguras en el desarrollo de las actividades.

- Se dispondrá de barricadas, delineadores tubulares, cinta preventiva e iluminación reflectiva (sea el caso), en el tramo a ejecutar actividades por los horarios programados y en el momento que no se ejecuten obras.

El Plan general de Manejo de Tránsito tiene como objetivo mitigar el impacto que puedan ejercer las actividades a ejecutar por el proyecto de "DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025", de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Manual de Señalización Vial 2024 y con lo relacionado en planes de manejo de tránsito, la zona de influencia para obras de interferencia considerables como lo es este proyecto.

Manejo del Tránsito Vehicular: Para efectos de contrarrestar los impactos negativos sobre la circulación vehicular particular, que inevitablemente se generaran en el desarrollo de la obra, este PMT propone un horario de restricción vehicular temporal de la siguiente manera:

- La vía será intervenida en diferentes jornadas de trabajo. En horario diurno, las labores se realizarán de lunes a viernes entre las 7:00 a.m. y las 5:00 p.m., y los sábados de 7:00 a.m. a 12:00 p.m. Adicionalmente, debido a las condiciones de la obra, se prevé que en ciertos períodos se trabaje de lunes a domingo, en los horarios previamente indicados o en jornada extendida.

- La intervención se llevará a cabo en los 8 frentes de trabajo de acuerdo con el cronograma de obra. Durante las obras, se implementarán cierres parciales por carril con una duración de 15 minutos, coordinados por auxiliares de

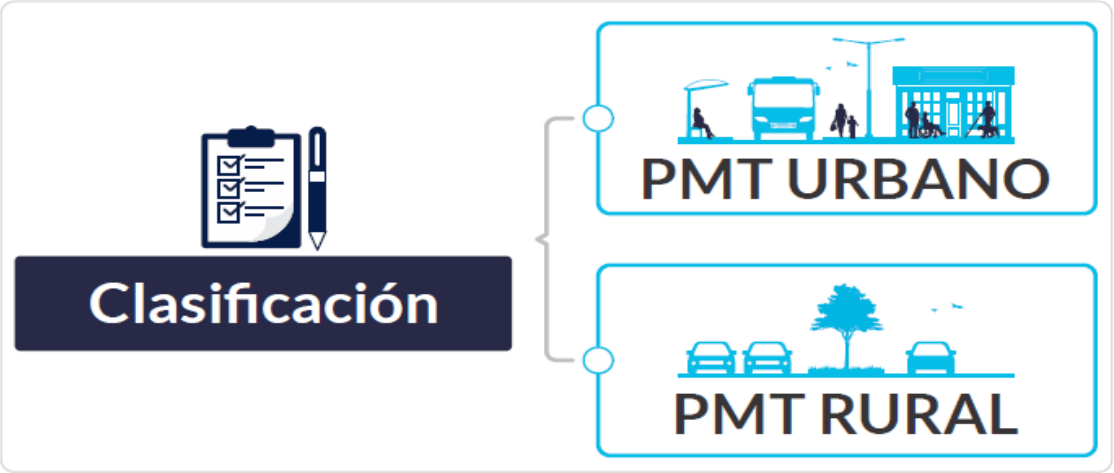
tránsito ubicados en cada extremo, quienes permitirán el paso alternado de los vehículos. Todo el proceso contará con señalización vertical y será supervisado por controladores viales abanderados.

Así mismo, teniendo en cuenta la diversidad de ubicaciones a definir en la priorización, se prevé regular el tránsito mediante señalización de "Ceda el paso" en aquellos puntos con bajo volumen vehicular.

Por lo tanto, como se menciona anteriormente la vía a intervenir tendrá cierre parcial por carril en el tiempo en que se ha especificado en ítems anteriores hasta que se finalicen las actividades de obra.

Teniendo en cuenta que la ejecución de obras se puede desarrollar en vías urbanas o rurales, de acuerdo con la clasificación de cada puente, el plan de manejo de tránsito se clasifica en PMT urbano y PMT rural.

Figura 3. Clasificación PMT



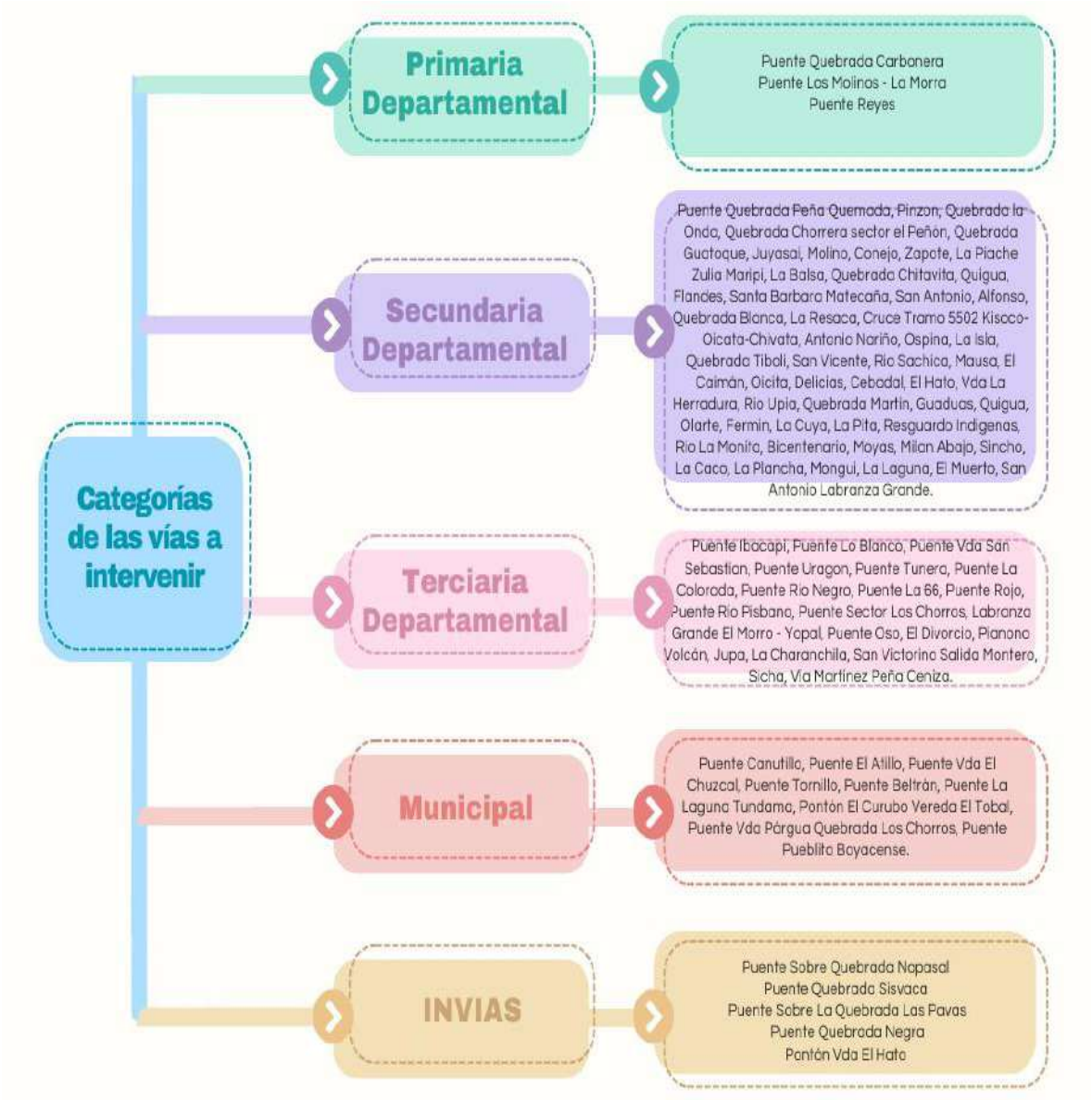
Fuente: MSV INVIAS 2024

De acuerdo con la complejidad en el análisis, estudio y diseño del PMT, que depende de la magnitud e impacto de la obra a ejecutarse, se establece en:

Categoría II. Obras de mediano impacto, Intervenciones o interferencias viales de mediana afectación a la movilidad y accesibilidad de los residentes y comercio del sector, ocasionadas por actividades, obras civiles, disposición de materiales u objetos y/o eventos que afecten el desplazamiento de los usuarios y/o a vías colectoras, que requieren la adecuación de un carril en contraflujo.

Teniendo en cuenta el listado de puentes a intervenir presentado en la Tabla 1, en la cual se especifica la categoría de cada uno, se presenta a continuación el resumen correspondiente.

Figura 4. Clasificación de las vías a intervenir.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Porcentaje categorías de las vías a intervenir



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la clasificación de las estructuras analizadas, se concluye que la mayor proporción de puentes se localiza en la red secundaria departamental, con un 58,89% del total, lo que refleja la relevancia de este tipo de vías dentro del sistema de conectividad regional. En segundo lugar, se encuentran los puentes en la red terciaria departamental (22,22%), los cuales, aunque de menor participación porcentual, cumplen un papel fundamental en la integración de las zonas rurales con los centros urbanos. El porcentaje restante corresponde a las vías municipales (10%), las vías a cargo del INVÍAS (5,56%) y la red primaria departamental (3,33%), evidenciando que, si bien su participación es menor, constituyen corredores estratégicos de movilidad.

En particular, el Puente Quebrada Guatoque, ubicado en el municipio de Santa Sofía, se clasifica dentro de la red vial municipal–terciaria, dado que su función principal es garantizar la conectividad rural y el acceso de las comunidades veredales al casco urbano municipal. Aunque presenta volúmenes de tránsito bajos a moderados, la estructura cumple un papel fundamental en la integración territorial y productiva del municipio.

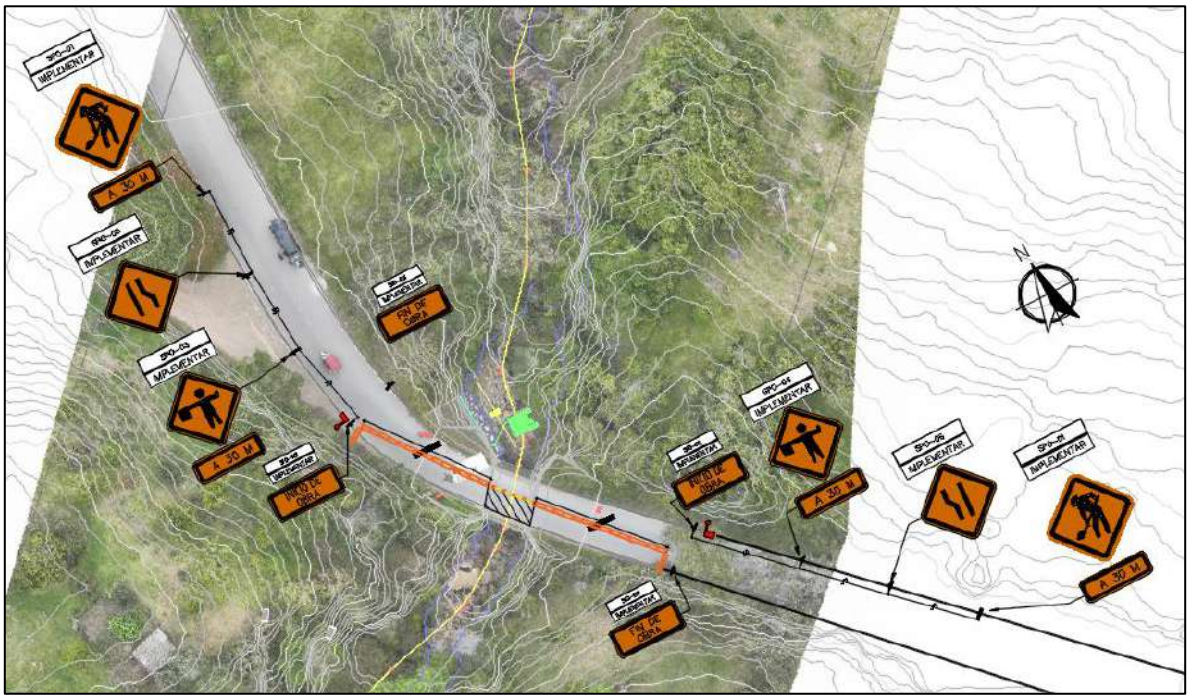
En consecuencia, la intervención del puente requiere la implementación de un Plan de Manejo de Tránsito de categoría II, acorde con una afectación de mediano impacto, considerando la cercanía al cuerpo hídrico y las condiciones topográficas y climáticas propias del sector.

Sin embargo, como se indicó previamente, dado que se trata de un recurso con monto limitado, la ejecución del proyecto se iniciará con ocho (8) frentes de trabajo, priorizando aquellos puentes cuyo diagnóstico técnico determine la necesidad de intervención inmediata. En consecuencia, el esquema típico de ejecución será aplicable a la totalidad de los puentes objeto del contrato, por tanto, la implementación de cada Plan de Manejo de Tránsito (PMT) se llevará a cabo de manera progresiva, en función de los avances obtenidos en la ejecución de las obras y de la programación establecida en el cronograma de obra.

6.1. ESQUEMA DE SEÑALIZACION A EJECUTAR

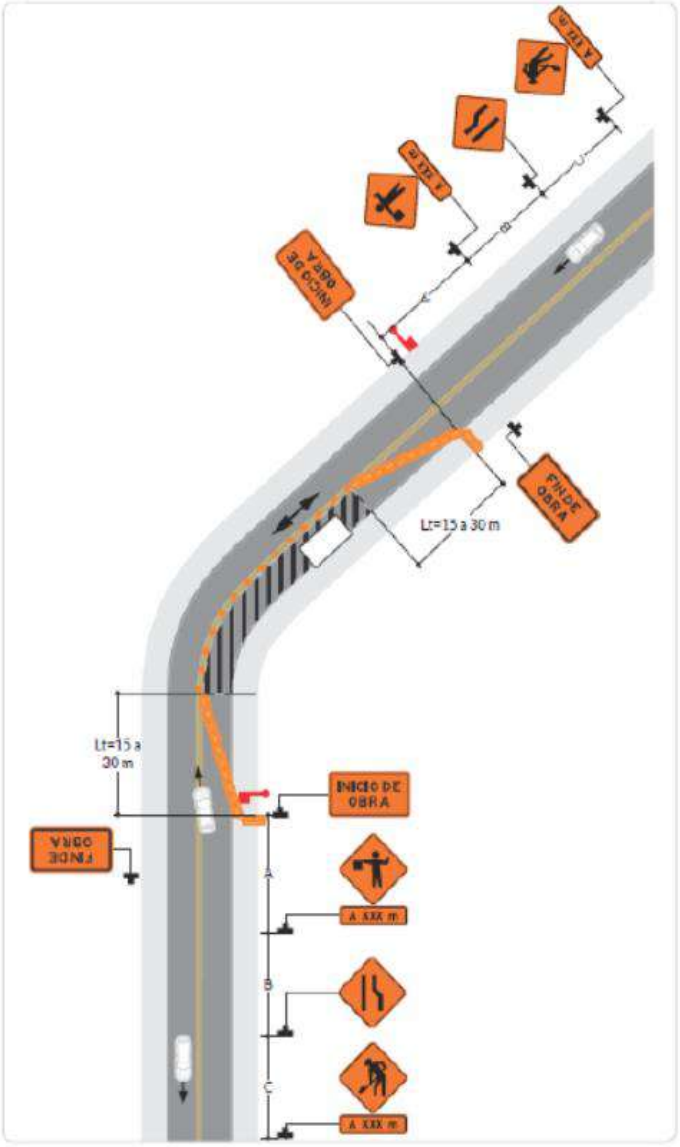
El esquema típico más idóneo para implementar, en concordancia con los principios fundamentales expuestos en el presente capítulo, corresponde al cierre de un carril en una vía bidireccional de dos carriles, apoyado con la presencia de auxiliares de tránsito (Esquema Típico 9). Esta alternativa permite garantizar la continuidad del flujo vehicular en ambos sentidos, aunque de manera alternada, reduciendo el riesgo de congestión y aumentando la seguridad de los usuarios de la vía y del personal de obra.

Figura 6. PMT a implantar



La aplicación de este esquema resulta particularmente conveniente en zonas donde no es posible habilitar desvíos o rutas alternas, asegurando así la funcionalidad de la infraestructura durante el periodo de intervención. Asimismo, la incorporación de auxiliares de tránsito facilita el control operativo en campo, brindando mayor flexibilidad para responder a condiciones cambiantes de tráfico y a situaciones imprevistas que puedan surgir durante la ejecución de los trabajos.

Figura 7. Esquema típico para implementar



DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

Figura 8. PMT a implementar









DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

CONSORCIO PEB – JI

901.977.234-8





DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

El significado de los códigos de letras empleados en el esquema típico a implementar se establece en función de la velocidad máxima permitida de cada vía (km/h). De esta manera, cada letra corresponde a un rango de velocidades que sirve como referencia para definir las dimensiones, ubicación y características de la señalización y dispositivos de control de tránsito. A continuación, se presenta la relación de códigos y su respectiva interpretación:

Tabla 1. Significado de códigos de letras en esquemas típicos de aplicación

Velocidad Máxima Permitida en la vía (km/h)	Distancia entre señales (m)		
	A	B	C
≤ a 50	30	30	30
60 o 70	60	60	60
80 o 90	100	100	100
> a 90	200	200	200

* Los títulos de las columnas A, B y C son las dimensiones que aparecen en los esquemas de Aplicaciones Típicas.
** La dimensión A es la distancia desde el inicio de la zona de transición o restricción hasta la última señal (en dirección del tránsito) en la zona de prevención.
*** La dimensión B es la distancia entre la última y penúltima señal en la zona de prevención.
**** La distancia C es la distancia entre la primera y segunda señal (en dirección del tránsito) en la zona de prevención.
***** Lt: Factor de longitud de transición (m), en función del tipo de transición

Fuente: MSV INVIAS 2024

Por tanto, teniendo en cuenta las categorías viales establecidas en la **Tabla 1.** Listado de puentes objeto de intervención, se consideran los siguientes tipos de vías:

- Vías primarias: comprenden las troncales, transversales y acceso a la capital del departamento. Su función principal es integrar las principales zonas de producción y consumo del país, así como garantizar la conexión con los demás países.

- Vías secundarias: corresponden a aquellas que comunican cabeceras municipales entre sí y/o conectan una cabecera municipal con una carretera primaria.
- Vías terciarias: son las vías de acceso que enlazan las cabeceras municipales con sus veredas, o bien interconectan veredas entre sí.
- Vías municipales: corresponden a la red de carácter local, destinada a la movilidad interna del municipio y a la conexión con la red terciaria.

Por tanto, se aplicará el esquema teniendo en cuanto las velocidades de operación, donde se ha identificado que, las vías primarias de doble calzada presentan rangos entre 70 km/h y 110 km/h, mientras que las vías primarias de una calzada oscilan entre 60 km/h y 100 km/h. Para las vías secundarias la velocidad de operación se sitúa entre 40 km/h y 80 km/h; en las vías terciarias varía entre 20 km/h y 40 km/h; y en las vías municipales, entre 30 km/h y 60 km/h.

La longitud de transición se efectuará en 30 metros para las vías primarias y secundarias, y en 15 metros para las vías terciarias y municipales.

Valores sujetos a ajustes dependiendo de las condiciones topográficas del tramo en intervención, así como de situaciones especiales de carácter residencial, escolar o urbano, en las cuales se aplican restricciones adicionales por motivos de seguridad vial.

El esquema de manejo de tránsito adoptado corresponde al cierre de un carril en una vía bidireccional de dos carriles, con regulación alternada del flujo vehicular mediante auxiliares de tránsito, conforme al Esquema Típico No. 9 del Manual de Señalización Vial – Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras.

Este esquema se define como el más idóneo, en tanto preserva la seguridad de los usuarios de la vía y del personal de obra, garantiza la funcionalidad de la infraestructura durante la intervención y optimiza el uso de los recursos disponibles.

Jornadas de Intervención:

La ejecución de las actividades se desarrollará en diferentes jornadas de trabajo:

- Horario diurno: de lunes a viernes entre las 7:00 a.m. y 5:00 p.m., y los sábados de 7:00 a.m. a 12:00 p.m.
- Horarios extendidos o continuos: dependiendo de las condiciones particulares de obra, se podrán realizar labores de lunes a domingo, ya sea en el horario diurno regular o en jornadas extendidas, garantizando siempre la presencia de señalización y personal de control vial durante el tiempo de intervención.
- Para la intervención de las actividades en la estructura metálica, la vía se cerrará en intervalos de una hora, permitiéndose un paso vehicular de veinte minutos entre cada cierre

Implementación en Frentes de Trabajo:

La intervención de los ocho (8) frentes de trabajo se efectuará conforme al cronograma de obra, aplicando el esquema típico de manera simultánea en cada uno de ellos. En todos los frentes se dispondrá la señalización preventiva, reglamentaria e informativa, junto con el apoyo de controladores viales en ambos sentidos de circulación, quienes operarán con paletas "PARE – SIGA" y sistemas de comunicación coordinada.

Dispositivos de Control y Señalización:

La señalización se instalará siguiendo las disposiciones del esquema típico base y las distancias establecidas de acuerdo con la velocidad máxima permitida en el tramo intervenido. Entre los principales dispositivos a utilizar se encuentran:

- Señales verticales preventivas y reglamentarias:
    - "Trabajos en la vía" (ubicada antes de la zona de transición o canalización).
    - "Inicio de obra" y "Fin de obra".
    - "Auxiliar de tránsito".
    - "Angostamiento a la derecha".
    - "Angostamiento a la izquierda".
- Elementos de canalización y contención:
    - Delineadores tubulares compuestos ("Colombina").
    - Cintas plásticas.

Operación del Esquema:

Durante la ejecución, se realizarán cierres parciales de carril con duración aproximada de 15 minutos, administrados por auxiliares de tránsito en cada frente, quienes mediante el sistema "PARE – SIGA" garantizarán el paso alternado de vehículos en ambos sentidos.

Se implementarán medidas específicas para:

- Guiar de forma segura a peatones, conductores y demás usuarios a través de la zona de obra.
- Advertir sobre riesgos previstos y eventuales, mitigando la posibilidad de incidentes en el área de influencia.
- Proteger al personal de obra, visitantes y proveedores, reduciendo la exposición a flujos vehiculares.

Consideraciones para Peatones:

Se dispondrán senderos peatonales canalizados, debidamente señalizados con elementos plásticos, garantizando la accesibilidad y seguridad de los transeúntes.

Estos corredores estarán delimitados por dispositivos de canalización, evitando la interacción directa con los vehículos y las zonas de obra.

6.1.1. Inventario de señalización vial a implementar dentro del área a intervenir:

Para cada frente de trabajo, la señalización se dispondrá conforme al Esquema Típico Base establecido en el Manual de Señalización Vial – Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras. El inventario de elementos a implementar por frente es el siguiente:

Señales preventivas y reglamentarias:

- 2 señales SPO-01 "Trabajos en la vía".
- 2 señales SPO-03 "Auxiliar de tránsito".
- 1 señal SPO-05 "Angostamiento a la derecha".
- 1 señal SPO-06 "Angostamiento a la izquierda".
- 2 señales SIO-02 "Inicio de obra".
- 2 señales SIO-03 "Fin de obra".
- 2 señales SRO-04 "PARE – SIGA".

Elementos de canalización y contención:

- 6 delineadores tubulares.
- 16 barricadas tipo maletín.
- 1 cinta de demarcación.

Equipos y control de apoyo:

- 1 equipo de comunicación.
- 2 auxiliares de tránsito.

Es importante aclarar que, en el caso de intervenciones sobre vías terciarias con bajos volúmenes de tránsito, no se contará con auxiliares de tránsito físicos. En su lugar, la señal SPO-03 "Auxiliar de tránsito" será reemplazada por la señal reglamentaria de "Ceda el paso", atendiendo a las condiciones particulares de estas vías y en cumplimiento de las disposiciones normativas aplicables.

Se aclara que, dado el carácter agotable de los recursos asignados, la ejecución se focalizará en los puentes priorizados de acuerdo con los resultados del diagnóstico técnico a realizar. En este sentido, la aplicación del Plan de Manejo de Tránsito (PMT) estará orientada inicialmente a dichos frentes de intervención, garantizando la correcta implementación de las medidas de señalización, canalización y control vial. Adicionalmente, se establece que el PMT podrá ser objeto de modificaciones y ajustes conforme a las condiciones específicas que se presenten durante la ejecución del contrato. Dichos ajustes estarán asociados al avance de obra, a variaciones en los frentes de trabajo o a necesidades operativas que requieran optimizar la movilidad y la seguridad vial en el área de influencia de las intervenciones. Con ello se asegura que el plan mantenga su carácter dinámico y flexible, respondiendo de manera oportuna a las exigencias técnicas y operativas del proyecto.

7. SEÑALIZACIÓN IMPLEMENTADA

Cuando se ejecuten los trabajos para el proyecto de "DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025".

Para dicha situación se deben implementar medidas técnicas apropiadas, que se incorporan a lo largo de la ejecución del proyecto, esto con el objeto de reducir el riesgo de accidentes del flujo vehicular (conductores), el flujo peatonal como el personal de la obra que intervienen en el mismo.

Los dispositivos para la regulación del tránsito, en cada puente a intervenir deberán ubicarse con anterioridad al inicio de la obra, permanecer durante la ejecución de esta y serán retirados una vez cesen las condiciones que dieron origen a su instalación.

7.1. Señales preventivas en zonas de obras

Tienen por objeto advertir a los usuarios de la vía sobre los peligros potenciales existentes en la zona, cuando existe una obra que afecta el tránsito y puede presentarse un cierre parcial de la vía. Las señales preventivas deberán ubicarse con suficiente anticipación al lugar de inicio de la obra. Las señales preventivas tienen forma de rombo y sus colores serán naranja para el fondo y negro para símbolos, textos, flechas y orla. Se colocarán a el (los) lado(s) (derecho y/o izquierdo) de la vía que se afecte por la obra.

Figura 9. SPO-01 Trabajos en la vía



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Su instalación es obligatoria, previa a zonas de obra, y se utiliza para advertir a los conductores que las condiciones de circulación se modifican transitoriamente a una distancia determinada. Se ubicará antes de la zona de transición o canalización, a una distancia que depende de la velocidad máxima permitida, antes de la zona de prevención y de las demás señales consideradas para dicha zona. Esta señal debe ser de color anaranjado fluorescente.

Figura 10. SPO-03 Auxiliar de tránsito



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Esta señal se utiliza para advertir que, más adelante, la circulación por el área de obras está controlada por un auxiliar de tránsito que utiliza señales manuales tipo "banderero".

Figura 11. SPO-05 Angostamiento a la derecha



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Esta señal es usada para advertir un estrechamiento al costado derecho de la calzada. Cuando dicho estrechamiento implique la eliminación de uno o más carriles, puede utilizarse la leyenda "A XXX CARRIL (ES)" que indica el número de carriles disponibles más adelante en la vía.

Figura 12. SPO-06 Angostamiento a la izquierda



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Esta señal será usada para advertir un estrechamiento al costado izquierdo de la calzada.

7.1.1. Señales informativas:

Las señales informativas tienen como propósito orientar y guiar a los usuarios de la vía a través de la zona de obras, entregándoles la información necesaria con suficiente anticipación para que puedan transitar por ella de la forma más segura, simple y directa posible.

Las señales informativas para obras en la vía, de acuerdo con su función, se clasifican en:

- Señales que guían al usuario a través de un desvío (ITD)
- Señales que informan sobre carriles de circulación (ITP)
- Otras (ITO)

7.1.2. Información de inicio y fin de obra:

Figura 13. SIO-02 Inicio de obra



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Esta señal anuncia el inicio de la obra en la vía. Por tanto, indica a todos los usuarios la necesidad de extremar las precauciones con motivo de las modificaciones a las condiciones habituales de circulación. Se debe instalar al inicio de la zona de transición.

Esta señal anuncia el inicio de la obra en la vía. Por tanto, indica a todos los usuarios la necesidad de extremar las precauciones con motivo de las modificaciones a las condiciones habituales de circulación. Se debe instalar al inicio de la zona de transición.

Figura 14. SIO-03 Fin de obra



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Esta señal se utiliza para indicar que las condiciones transitorias dadas por las zonas de obra en la vía se restablecen por la terminación de las obras, y se indica mediante la leyenda "FIN DE OBRA".

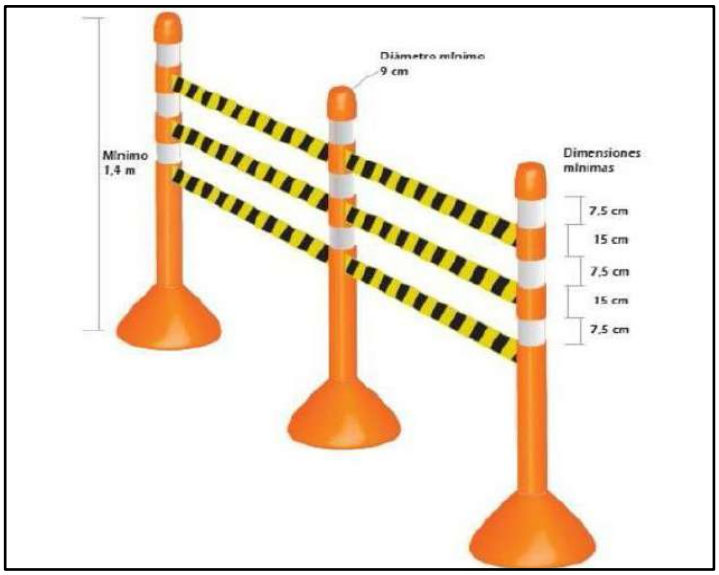
7.1.3. Dispositivos para la canalización del tránsito:

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

7.1.4. Delineadores tubulares:

Delineadores Tubulares son dispositivos de canalización vehicular y peatonal serán fabricados en material plástico anaranjado y unido por cinta de señalización (CINTA PELIGRO).

Figura 15. Delineadores tubulares



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Para garantizar su estabilidad y funcionamiento, se recomienda una separación entre ellos de aproximadamente 2 m.

7.1.5. Cinta plástica:

La cinta plástica de demarcación es un dispositivo temporal de señalización y seguridad vial contemplado dentro de los elementos auxiliares de canalización para zonas de obra o mantenimiento vial. Su función principal es delimitar áreas de tránsito restringido, guiar a los usuarios de la vía y reforzar la seguridad de peatones y trabajadores en los frentes de intervención.

Figura 16. Cinta plástica

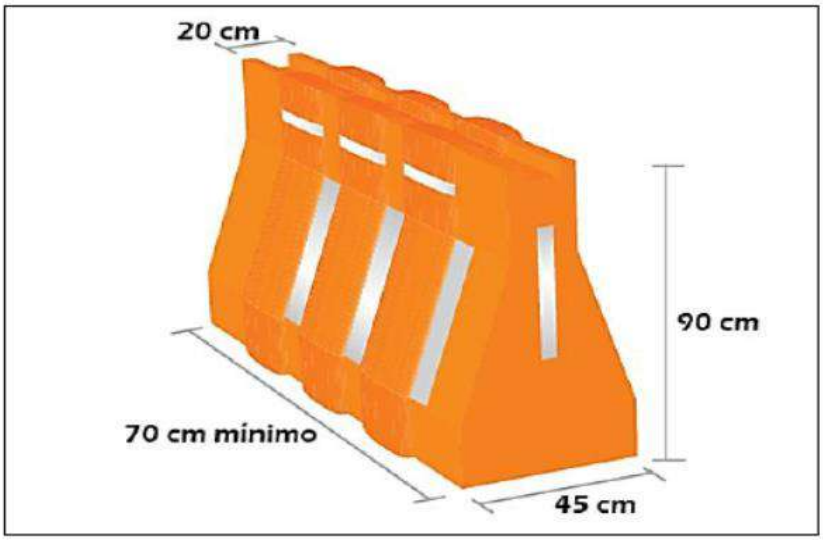


Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

7.1.6. Barreras plásticas:

La barrera tipo maletín es un dispositivo plástico modular y rellenable (con agua/arena) para señalización vial, color naranja y cintas reflectivas, que se unen para delimitar obras, desvíos o separar flujos de tráfico, ofreciendo seguridad y fácil transporte.

Figura 17. Barrera plástica



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

7.1.7. Dispositivos manuales

En este proyecto por sus características puntuales, la regulación del tránsito alternado se realizará mediante bandereo en cada en cada extremo de la obra, con radios que permitan la comunicación entre ellos.

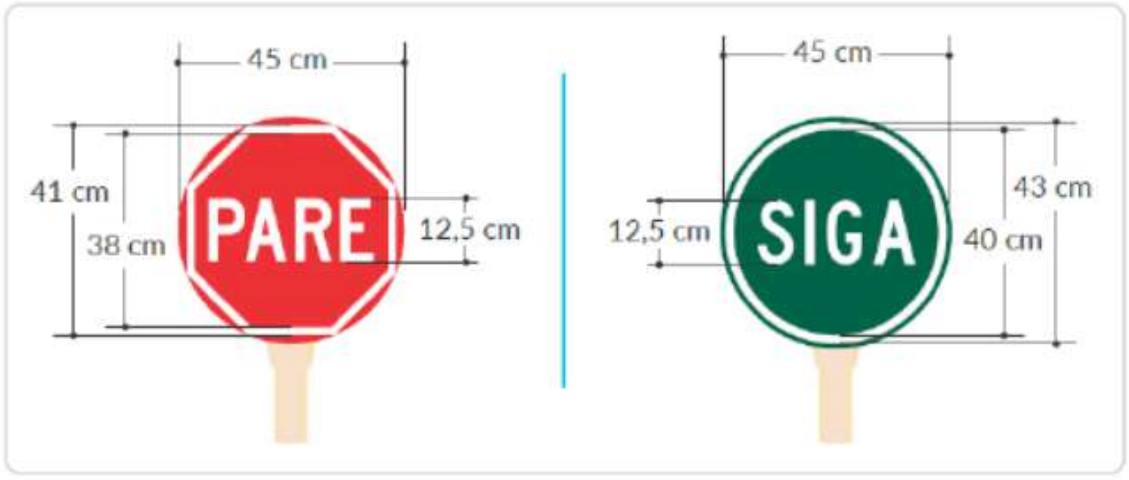
Con el fin de que el auxiliar de tránsito conozca cuándo permitir el tránsito por el acceso que controla, empleará algunos de los siguientes sistemas:

- Identificar por medio de la placa de la matrícula o describir el último vehículo, al Bandereo del otro extremo.
- Empleo de equipos de comunicación.
- Los bandereaos emplean banderas o paletas. Las banderas son franjas de tela de color rojo, de 60 por 60 cm, sujetas a una estaca de 100 cm de longitud. Son dispositivos que se usan comúnmente en las horas del día para efectos de regulación del tránsito en vías afectadas por la ejecución de obras.

Las paletas son elementos fabricados en madera, plástico u otros materiales semirrígidos livianos, que tienen la misma forma y características de la señal SR-01 pare y que contiene los mensajes de "PARE" por una cara y de "SIGA" o "LENTO" en la otra cara. El tamaño mínimo de la paleta corresponderá a la inscripción de un octágono dentro de un círculo mínimo de 45 cm de diámetro.

El fondo de la cara de "PARE", será de color rojo con letras y bordes blanco y el fondo de la cara "SIGA", será de color verde con letras y bordes blancos, todos ellos fabricados en lámina reflectiva Tipo 1. El soporte de la paleta tendrá como mínimo 1,20 m de longitud y será de color blanco.

Figura 18. SRO-04 Pare/Siga



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Figura 19. Señalización Pare/Siga



Fuente. Manual de señalización vial INVIAS 2024

7.1.8. Esquemas típicos:

En esta sección se presentan esquemas tipo de señalización y de medidas de seguridad, tanto para vías urbanas como rurales, a través de los cuales se ilustra cómo aplicar los criterios enunciados en las secciones anteriores.

En la práctica, se debe incorporar el criterio profesional para adaptar estos esquemas a las características y condiciones de cada caso en particular. Asimismo, es probable que en algunos casos las señales y medidas de seguridad que en definitiva deban implementarse correspondan a combinaciones de uno o más esquemas de los aquí presentados.

Figura 20. Convenciones de señales de tránsito



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

El presente Plan de Manejo de Tránsito se realizó teniendo en cuenta el esquema típico emitido por el Manual de Señalización Vial 2024 en la Figura 7-40 Cierre de un carril en una vía bidireccional de dos carriles, con auxiliares de tránsito (esquema típico).

8. INFORMACIÓN Y DIVULGACIÓN DEL PLAN

Una vez aprobado el Plan de Manejo de Tránsito y señalización para el proyecto de "DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025". Se adelantará una campaña de divulgación de este, con el fin de informar oportunamente a los usuarios que transitan por los diferentes corredores viales, el cual se realiza por medio de piezas de divulgación masivas.

Esta divulgación será realizada de la siguiente manera:

- ✓ Entrega de boletines e información al transporte público, particular y especial.
- ✓ Reuniones con la comunidad.
- ✓ Avisos parroquiales (cuando sea posible)
- ✓ Aviso por medio de las redes sociales.

8.1. CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PMT:

Una vez puesto en marcha el Plan de Manejo de Tráfico, se dispondrá del personal suficiente y los elementos necesarios para llevar un adecuado seguimiento de este. De este seguimiento y de las acciones a realizar durante el mismo, dependerá el buen funcionamiento del Plan de Manejo de Tráfico.

Se contará con planes de contingencia que le permitan aplicar acciones oportunas que den solución a las diferentes alteraciones al tráfico que puedan presentarse durante la ejecución de las obras.

8.1.1. Acciones de contingencia:

Con el fin de desplegar acciones de contingencia que permitan atender en forma oportuna las diferentes alteraciones al tráfico ocasionadas por choques, accidentes o vehículos varados, entre otros, se debe contar de forma permanente, en la obra como mínimo con el siguiente equipo:

Equipos de comunicación en cantidad mínima de 2 unidades para el grupo de trabajo para mantener constante información y solicitar apoyo a la Policía Nacional cuando haya lugar.

Tabla 2. Acciones de contingencia

ALTERACION	PLAN DE CONTINGENCIA
1. Por obra 1.1 Cierre parcial de carril, debido a mayor área requerida por la obra, por ejemplo para reposición de redes. En este caso debe garantizarse la circulación mínimo por un carril.	Acciones recomendadas: 1.1.1 Reporte a la autoridad correspondiente. 1.1.2 Colocar abanderado que alterne el derecho de paso, uno a uno, en la reducción de dos a un carril, durante el tiempo que dure la restricción. 1.1.3 Instalar señal móvil SP-31 o SP-30 según sea el caso. 1.1.4 Restablecimiento de las condiciones normales de circulación lo antes posible.
1.2 Ocupación temporal de carril debido a vehículos de la obra que es indispensable ubicar al costado del cerramiento. Su duración es menor de una hora y sólo se podrá realizar en horas de baja demanda vehicular	1.2.1 Colocar abanderado que alterne el derecho de paso uno a uno a la altura del inicio de la ocupación del carril, durante el tiempo que dure la utilización parcial de la vía.
1.3Cierre total de la calzada debido a reposición de redes u otra eventualidad que pueda llegar a requerirlo.	1.3.1 Reporte a la autoridad correspondiente. 1.3.2 Implementar Plan de desvíos propuesto pero notificando del cierre total a la autoridad competente. 1.3.3 Restablecimiento de las condiciones normales de circulación lo antes posible.
2 Ajenos a la obra 2.1 Cierre parcial de calzada por vehículo varado o accidente de tránsito	2.2.1 Reporte a la autoridad correspondiente.

Fuente: Elaboración propia

9. PRESUPUESTO DEFINIDO DENTRO DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO (PMT)

Tabla 3. Cantidades para la implementación del PMT

CANTIDADES PARA LA IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO		
MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL 2024-MINTRANSPORTE		
SEÑALIZACIÓN VERTICAL PREVENTIVA		
TIPO	**NOMBRE**	**CANTIDAD**
SPO-01	TRABAJOS EN LA VÍA	2
SPO-03	AUXILIAR DE TRÁNSITO	2
SPO-05	ANGOSTAMIENTO A LA DERECHA	1
SPO-06	ANGOSTAMIENTO A LA IZQUIERDA	1
SEÑALIZACIÓN VERTICAL INFORMATIVA		
TIPO	**NOMBRE**	**CANTIDAD**
SIO-02	INICIO DE OBRA	2
SIO-03	FIN DE OBRA	2
DISPOSITIVOS PARA LA CANALIZACIÓN DEL TRÁNSITO		
NOMBRE		**CANTIDAD**
DELINEADORES TUBULARES		5
BARRICADA TIPO MALETIN		16
CINTA PLASTICA (ML)		500
SEÑAL SRO-04 (PARE Y SIGA)		2
EQUIPO DE COMUNICACIÓN X2		1
PERSONAL PARA IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO		
NOMBRE		**CANTIDAD**
AUXILIAR DE TRÁNSITO O CONTROLADOR VIAL		2

Fuente: Elaboración propia.

CONSORCIO PEB – JI

901.977.234-8

DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTAR EL PMT

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	MESES	VALOR UNITARIO	IVA (1.19)	VALOR MATERIAL	TRANSPORTE	VALOR PARCIAL
1	**SEÑALIZACIÓN VERTICAL**								
1.1	TRABAJOS EN LA VÍA (REFLECTIVAS)	UND	2		$ 192,051.00	$ 45,049.00	$ 237,100.00	$ 70,000.00	$ 544,200.00
1.2	AUXILIAR DE TRÁNSITO	UND	2		$ 192,051.00	$ 45,049.00	$ 237,100.00	$ 70,000.00	$ 544,200.00
1.3	ANGOSTAMIENTO A LA DERECHA	UND	1		$ 192,051.00	$ 45,049.00	$ 237,100.00	$ 70,000.00	$ 307,100.00
1.4	ANGOSTAMIENTO A LA IZQUIERDA	UND	1		$ 192,051.00	$ 45,049.00	$ 237,100.00	$ 70,000.00	$ 307,100.00
1.5	INICIO DE OBRA (REFLECTIVAS)	UND	2		$ 192,051.00	$ 45,049.00	$ 237,100.00	$ 70,000.00	$ 544,200.00
1.6	FIN DE OBRA (REFLECTIVAS)	UND	2		$ 192,051.00	$ 45,049.00	$ 237,100.00	$ 70,000.00	$ 544,200.00
2	**DISPOSITIVOS PARA LA CANALIZACIÓN DEL TRÁNSITO**								
2.1	BARRERA TIPO MALETÍN PLÁSTICO REFLECTIVO Y ARENA	UND	16		$ 391,343.40	$ 91,796.60	$ 483,140.00	$ 340,340.00	$ 8,070,580.00
2.3	SEÑAL SRO-04 (PARE Y SIGA)	UND	2		$ 21,222.00	$ 4,978.00	$ 26,200.00	$ 40,000.00	$ 92,400.00
2.4	CINTA DEMARCACIÓN PELIGRO-NO PASE 500M	UND	1		$ 23,409.00	$ 5,491.00	$ 28,900.00	$ 40,000.00	$ 68,900.00
2.5	DELINEADORES TUBULARES	UND	5		$ 35,883.00	$ 8,417.00	$ 44,300.00	$ 350,000.00	$ 571,500.00
2.7	EQUIPO DE COMUNICACIÓN	UND	1		$ 97,929.00	$ 22,971.00	$ 120,900.00	$ 40,000.00	$ 160,900.00
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**UND**	**CANTIDAD**	**MESES**	**VALOR UNITARIO**	**PRESTACIONES**		**TRANSPORTE**	**VALOR PARCIAL**
3	**PERSONAL PARA IMPLEMENTACIÓN DEL PMT**								
3.1	AUXILIAR DE TRÁNSITO	UND	2	1.50	$ 1,423,500.00	$ 4,153,570		$ 200,000.00	$ 5,908,892.50
VALOR TOTAL DEL PRESUPUESTO									**$ 17,664,173.00**

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

10. RECOMENDACIONES

- Implementar todas las medidas que se plantean en el PMT para diferentes frentes de trabajo, con el fin de mitigar el impacto de las obras y reducir los riesgos de ocurrencia de accidentes.
- Socializar el proyecto con la comunidad por medio de campañas de divulgación con el fin de informar oportunamente a los usuarios que transitan por el corredor vial, el cual se realiza por medio de piezas de divulgación masivas.
- Previo a la implementación del PMT se debe adelantar una capacitación en la cual se socializarán entre otros los relacionados con: Riesgos en el área de influencia del PMT, las características generales de la obra a ejecutar (Tipo de actividad a realizar, cierres, desvíos, maquinaria y equipo a utilizar, zonas de acopios temporales, tiempos programados) y finalmente los lineamientos dados por la Secretaria de Tránsito en la aprobación del PMT y las recomendaciones a tener en cuenta para la correcta implementación del mismo, principalmente en lo relacionado con la integridad personal y la seguridad vial de los usuarios de las vías.
- Una vez se haya realizado la implementación del PMT, el director de Obra junto con el Residente de Obra y el inspector procederán a realizar un recorrido de verificación del correcto funcionamiento de: Desvíos, cierres vehiculares, senderos peatonales, zonas de cargue y descargue; y muy importante, las condiciones de tránsito de las personas en condiciones de movilidad reducida, con el objetivo de prevenir posibles accidentes de tránsito y/o determinar acciones de mejora.
- Para la circulación interna de obra las rutas de circulación de los equipos de movimientos de tierras deberán estar perfectamente definidas y planificadas. Esta planificación tendrá en cuenta el condicionante de que no haya máquinas cuyos radios de acción interfieran mutuamente ni afecte la movilidad de

personas y vehículos en caso de que se realicen trabajos en jornadas diurnas.

- En primer lugar, los caminos de circulación interna de obra deberán estar perfectamente señalizados y delineados, diferenciando el paso de maquinaria del de operarios a pie.
- En aquellos trabajos en los que concurra la presencia de trabajadores, como medida para mejorar la percepción por parte de los maquinistas, éstos deberán utilizar ropa de alta visibilidad, especialmente en el caso de los señalistas de maquinaria y personal de topografía.
- Los caminos de circulación tendrán como pendiente máxima la que condicione la máquina más restrictiva que circule por ellas. En general, es una buena práctica que estas pendientes no sobrepasen el 20%.

Responsable:



GIOVANNI FRANCISCO LAZARO CORREA

C.C. 13.472.455 de Cúcuta

T.P. 54202-80117 NDS

DIRECTOR DE OBRA INGENIERO CIVIL

ESPECIALISTA EN VÍAS Y TRANSPORTE

PLAN DE MANEJO DE TRANSITO

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander
NIT: 901978204-1

PUENTE LA BALSA

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander
NIT: 901978204-1

COMPONENTE ESTRUCTURAL

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander
NIT: 901978204-1

PROYECTO

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

CONTIENE

ANALISIS, CALCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL

BARANDA VEHICULAR

CONSULTOR

VICTOR A. HERNANDEZ G.
Ingeniero Civil_U de C
Especialista Estructuras_ECI

Octubre de 2025

PROYECTO
DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

ANALISIS, CALCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL BARANDA VEHICULAR

VHG-MT - BRD MET. VH-PTE La Balsa_v0.0

ORIGINAL

BOGOTA D.C, octubre de 2025

VERSIÓN 0.0 Vigente desde: 24/10/2025		
Elaboró: Ing. Víctor Hernández G. Fecha: 22/10/2025	Revisó: Fecha:	Aprobó: Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo: Especialista en Estr...	Cargo: Especialista en Estr. Interv.	Cargo:

VHG & ASOCIADOS LTDA.	Proyecto: **PTE LA BALSA**	Calculó: Ing. Jrz	Fecha: 24/10/2025
	Asunto: Análisis, calculo y diseño estructural BARANDA VEHICULAR	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de __
			Ver. 0,0

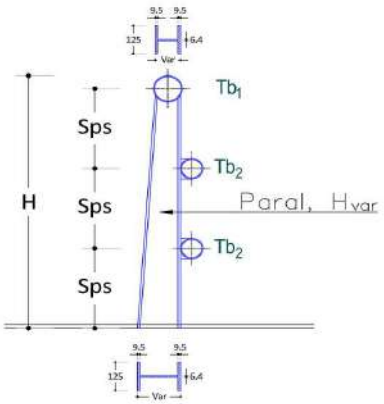
NORMA APLICABLE: CCP-24_2015, Sección 13 - Numeral 13.7, Apéndice A13

1.- DATOS GENERALES

1.- Geometría

Conformada por pasamanos en tubería circular estructural Tipo Colmena (o de características equivalentes) separados 35 cm c/c, apoyados en postes de 1,10m separados entre ellos 1.60 m c/c. La estructura metálica de baranda se apoya borde plca en concreto existente

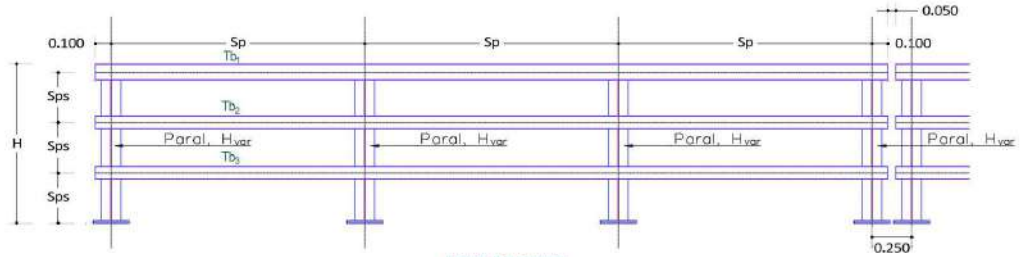
Tipo de baranda:	Vehicular - TL1	
H=	1,05	m
h_b=	0,00	m
h_p=	1,05	m
Sp=	1,60	m
No. Pasamanos=	3	
Sps=	0,35	m



ALZADO BARANDA

1.2.- Secciones

Tb_1:	4" x 4mm
h_b=	3" x 4mm
h_p=	3" x 4mm
hvar=	170 a 100mm



LONG. BARANDA

1.3- Materiales

Acero Platinas:	ASTM-572 GR 50		
Limite fluencia, **fy=**		345	Mpa
Resistencia a Tracción, **Fu=**		450	Mpa
Acero TBs:	ASTM-A 500 Gr C		
Limite fluencia, **fy=**		345	Mpa
Resistencia a Tracción, **Fu=**		430	Mpa
Pernos, Anclajes:	ASTM-A 500 Gr C		
Calidad		AST A325	

VHG & ASOCIADOS LTDA.	Proyecto: PTE LA BALSA	Calculó: Ing. Jrz	Fecha: 24/10/2025
	Asunto: Análisis, calculo y diseño estructural BARANDA VEHICULAR	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de __
			Ver. 0,0

2.- CARGAS Y SOLICITACIONES

2.1- Sección 13, Tabla A13.2-1- Fuerzas de diseño para barandas vehiculares

Fuerzas de diseño y simbología	Niveles de Ensayo para las Barandas					
	TL-1	TL-2	TL-3	TL-4	TL-5	TL-6
Transversal F_t (N)	60.000	120.000	240.000	240.000	550.000	780.000
Longitudinal F_L (N)	20.000	40.000	80.000	80.000	183.000	260.000
Vertical descendente F_v (N)	20.000	20.000	20.000	80.000	355.000	355.000
L_t y L_L (mm)	1220	1220	1220	1070	2440	2440
L_v (mm)	5500	5500	5500	5500	12.200	12.200
H_e (mín.) (mm)	460	510	610	810	1070	1420
Mínima altura del riel H (mm)	685	685	685	810	1070	2290

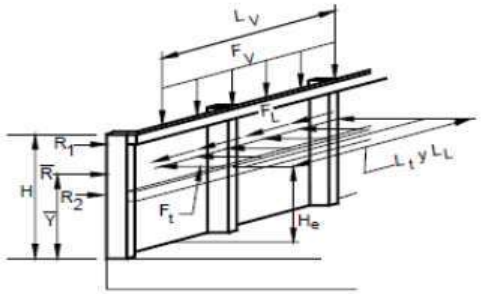
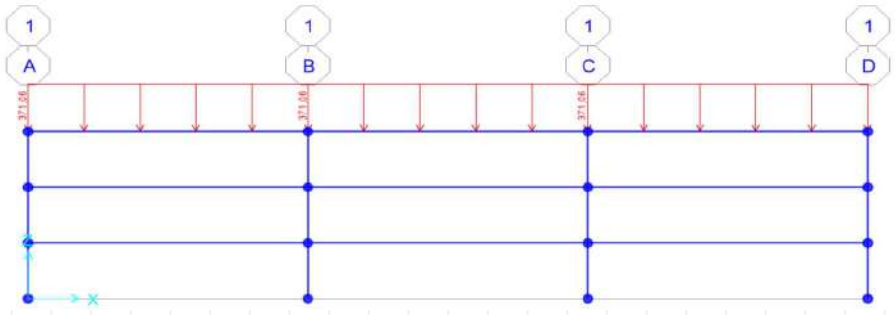


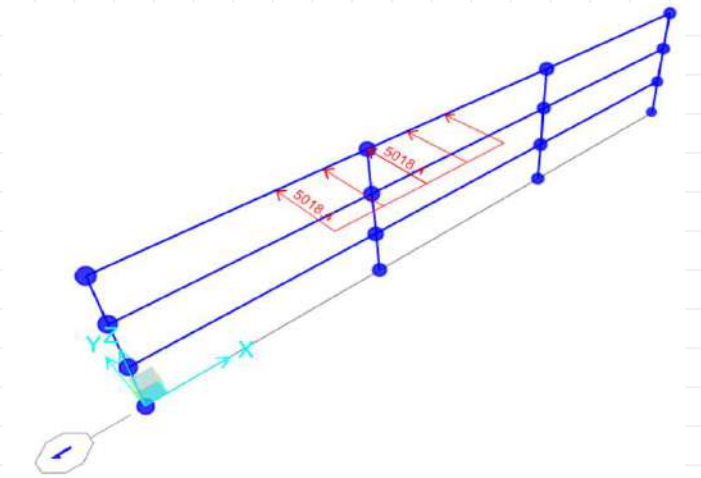
Figura A13.2-1 — Fuerzas de diseño en una baranda metálica, ubicación en altura y longitud de distribución horizontal

Nivel de ensayo:	Vehicular - TL1									
Fza Transv., F_t (N)=	60.000	o	6.122	kg	L_t =	1.220	mm	=>	5.018,40	kg/m
Fza Long. F_L (N)=	20.000	o	2.041	kg	L_L =	1.220	mm	=>	1.672,80	
Fza Vh. Dsc. F_v (N)=	20.000	o	2.041	kg	L_V =	5.500	mm	=>	371,06	kg/m

2.2- Fzas aplicadas al modelo matemático



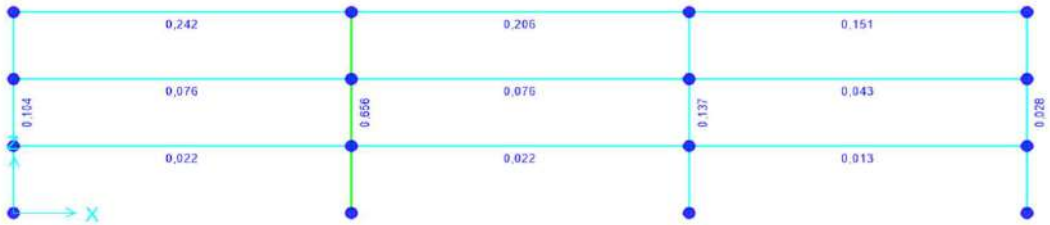
Frame Span Loads (Fv) (GLOBAL CSys)



Analysis Model - Frame Span Loads (Ft) (GLOBAL CSys)

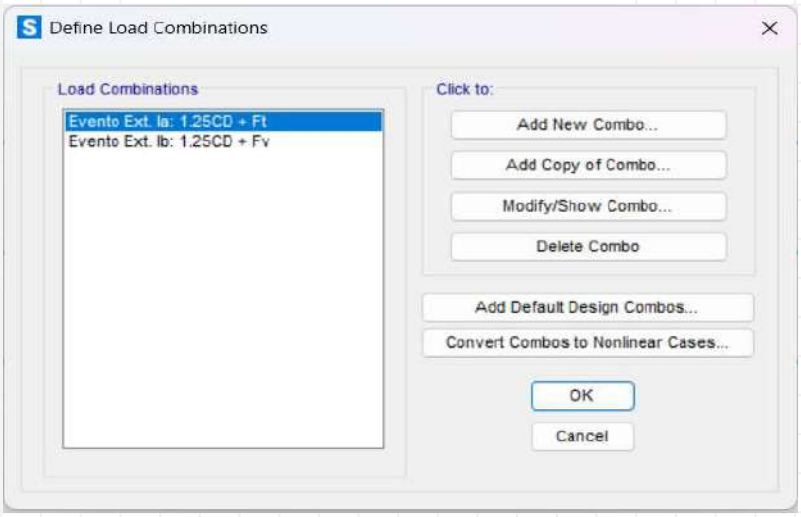
3.- DISEÑO ELEMENTOS

3.1- Elementos Baranda



Maximum Stress Ratios (AISC 360-10)

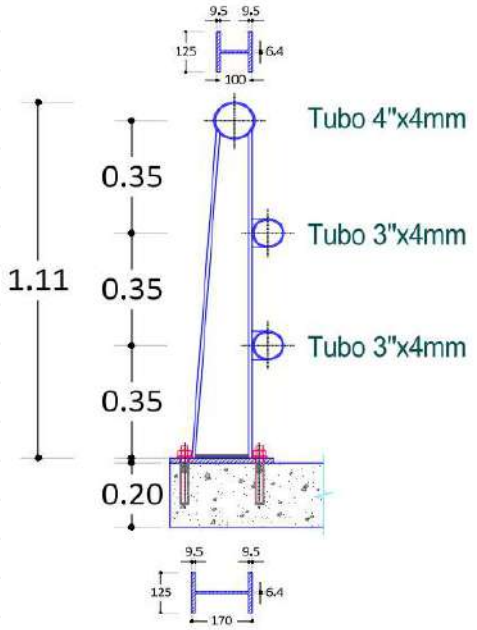
Relación D/C < 1,0 => Ok



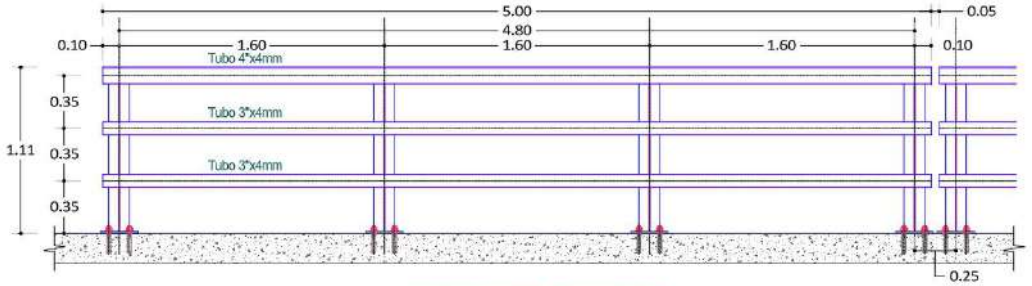
3.2- Placa base

Nota: Ver anexo análisis y diseño placa base mediante IDEA StatiCa

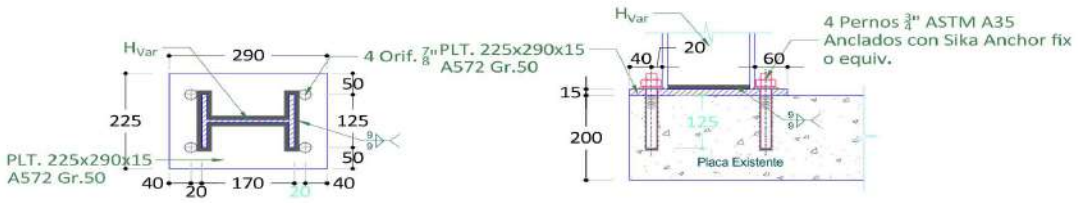
3.3- Detalles diseño



BARANDA METALICA VEHICULAR
SECCION TRANSV.



BARANDA METALICA VEHICULAR
Modulo x 5m



DETALLES PLACA BASE

ANEXO

Análisis, Cálculo y Diseño Estructural

PLACA BASE

Datos del proyecto

Nombre del proyecto	Pte La Balsa
Número del Proyecto	24FIV-PUENTES v5 - LA BALSA
Autor	VHG
Descripción	Dis Placa Base
Fecha	24/10/2025
Normativa de cálculo	AISC 360-10

Material

Acero	A500, Gr. C, A572 Gr.50
Hormigón	Editar de 4000 psi

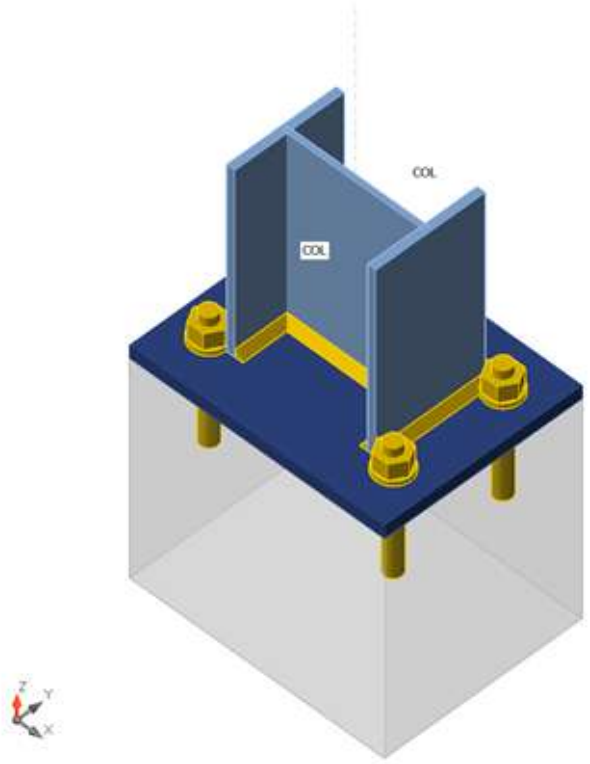
Ítem del proyecto CON1

Diseño

Nombre	CON1
Descripción	
Análisis	Diseño por capacidad
Normativa de cálculo	AISC - LRFD 2010

Elementos estructurales

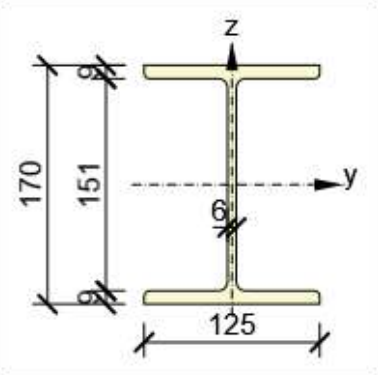
Nombre	Sección transversal	β – Dirección [°]	γ - Inclinación [°]	α - Rotación [°]	Desplazamiento ex [mm]	Desplazamiento ey [mm]	Desplazamiento ez [mm]	Fuerzas en
COL	2 - Hvar(I170)	0	-90	0	0	0	0	Nodo



Secciones

Nombre	Material
2 - Hvar(I170)	A500, Gr. C

Secciones

Nombre	Material	Dibujo
2 - Hvar(I170)	A500, Gr. C	

Anclajes

Nombre	Conjunto de tornillo	Diámetro [mm]	fu [MPa]	Área bruta [mm^2]
3/4 A325	3/4 A325	19	827	285

Cargas

Nombre	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE-MC1	COL	-1	0	49	0	47	0

Bloque de la cimentación

Ítem	Valor	Unidad
CB 1		
Dimensiones	225 x 290	mm
Profundidad	250	mm
Anclaje	3/4 A325	
Longitud del anclaje	100	mm
Transferencia de la fuerza cortante	Anclajes	

Verificación

Resumen

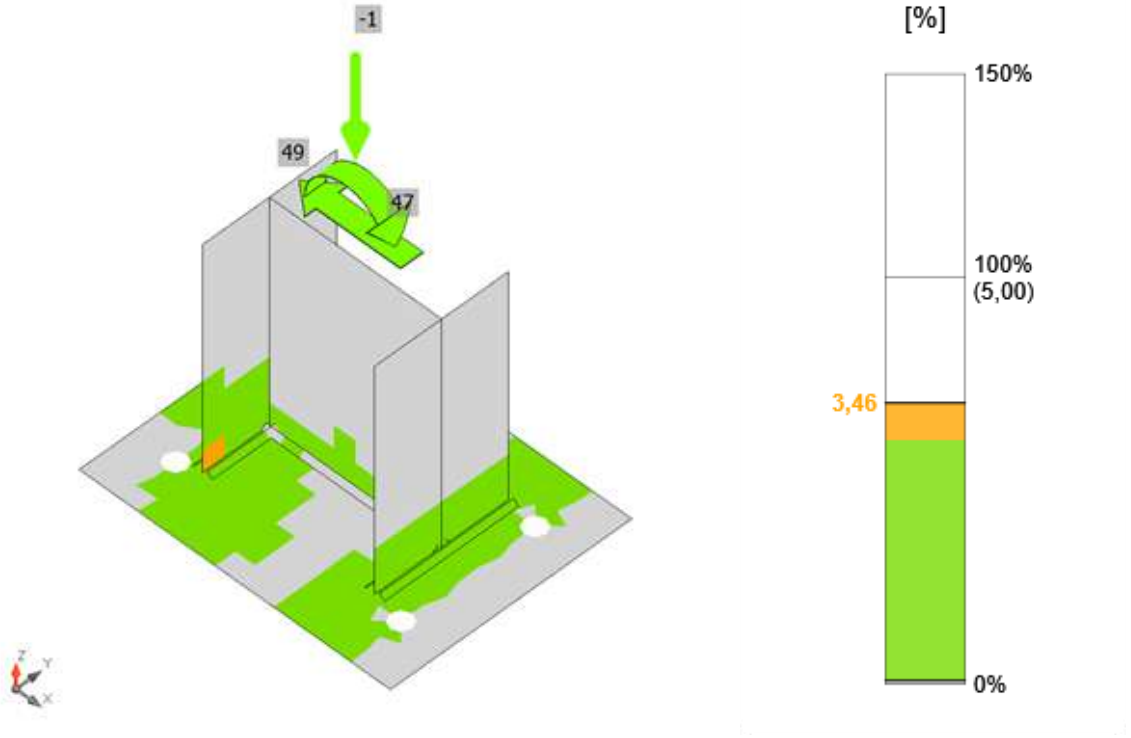
Nombre	Valor	Estado de la verificación
Análisis	100,0%	OK
Placas	3,5 < 5,0%	OK
Anclajes	90,3 < 100%	OK
Soldaduras	90,8 < 100%	OK
Bloque de hormigón	82,9 < 100%	OK
Pandeo	No calculado	

Placas

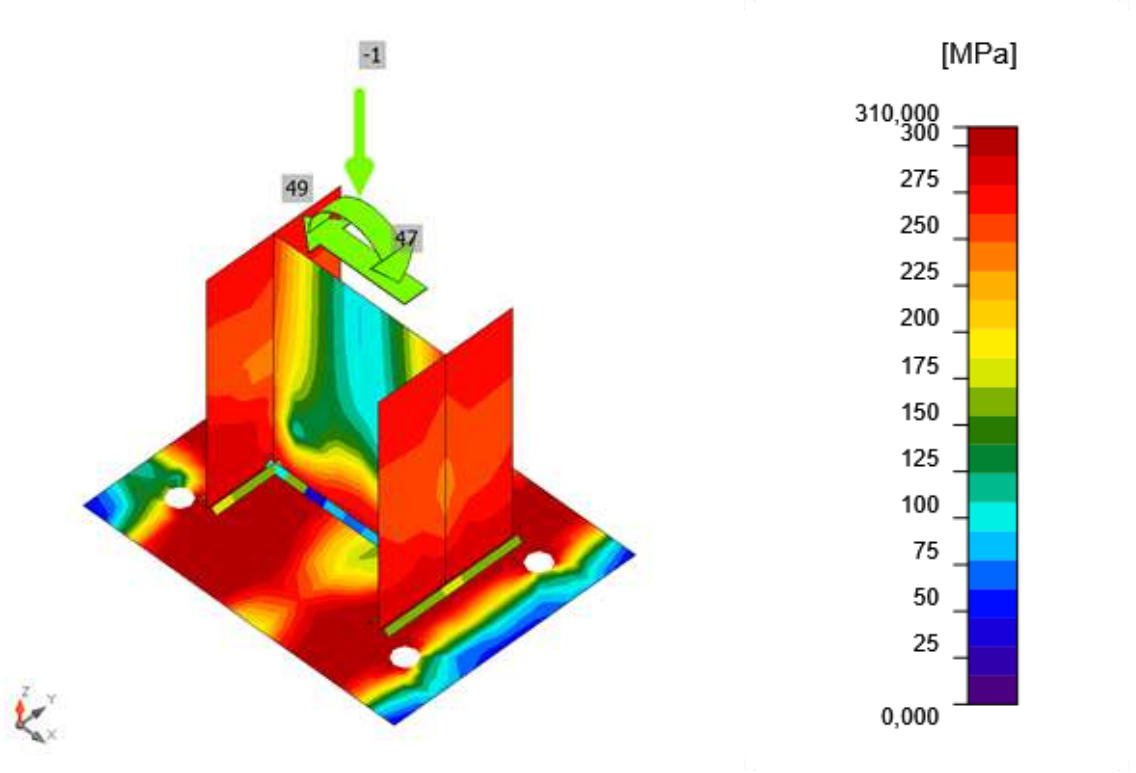
Nombre	Material	f_y [MPa]	Espesor [mm]	Cargas	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	σc_{Ed} [MPa]	Estado de la verificación
COL-bfl 1	A500, Gr. C	317	10	LE-MC1	287	0,84	0	OK
COL-tfl 1	A500, Gr. C	317	10	LE-MC1	292	3,46	0	OK
COL-w 1	A500, Gr. C	317	6	LE-MC1	270	0,21	0	OK
BP1	A572 Gr.50	345	15	LE-MC1	315	2,40	0	OK

Datos de diseño

Material	Ry [-]	f_y [MPa]	Cpr [-]	ε_{lim} [%]
A500, Gr. C	1	317	1	5,00
A572 Gr.50	1	345	1	5,00

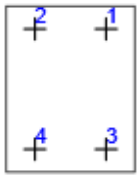


Verificación de deformación, LE-MC1



Tensión equivalente, LE-MC1

Anclajes

Forma	Ítem	Cargas	N_f [kN]	V [kN]	Ut_t [%]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Detallado	Estado
	A1	LE-MC1	113	12	90,27	17,34	89,71	Aceptar	OK
	A2	LE-MC1	113	12	90,28	17,34	89,72	Aceptar	OK
	A3	LE-MC1	0	13	0,00	18,31	5,90	Aceptar	OK
	A4	LE-MC1	0	13	0,00	18,31	5,90	Aceptar	OK

Datos de diseño

ϕN_{sa} [kN]	ϕV_{sa} [kN]
125	70

Resultado detallado para A1

Resistencia a tracción del anclaje (ACI 318-14 – 17.4.1)

$\phi N_{sa} = \phi \cdot A_{se,N} \cdot f_{uta} =$ 125 kN ≥ $N_f =$ 113 kN

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,N} =$ 215 mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Resistencia a cortante (ACI 318-14 – 17.5.1)

$\phi V_{sa} = \phi \cdot 0,6 \cdot A_{se,V} \cdot f_{uta} =$ 70 kN ≥ $V =$ 12 kN

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,V} =$ 215 mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Interacción tracción-cortante (ACI 318-14 – R17.6)

${U_{tt}}^{5/3} + {U_{ts}}^{5/3} =$ 1 ≤ 1,0

Donde:

$U_{tt} = 1$ – máxima ratio entre fuerza de tracción factorizada y resistencia a tracción determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

$U_{ts} = 0$ – máxima ratio entre esfuerzo cortante factorizado y resistencia a cortante determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

Armado suplementario (ACI 318-14 – 17.4.2.9; ACI 318-14 – 17.5.2.9)

El refuerzo suplementario debe resistit la fuerza de: 225 kN en tracción y 49 kN a cortante

Resultado detallado para A2

Resistencia a tracción del anclaje (ACI 318-14 – 17.4.1)

$\phi N_{sa} = \phi \cdot A_{se,N} \cdot f_{uta} =$ 125 kN ≥ $N_f =$ 113 kN

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,N} =$ 215 mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Resistencia a cortante (ACI 318-14 – 17.5.1)

$\phi V_{sa} = \phi \cdot 0,6 \cdot A_{se,V} \cdot f_{uta} =$ 70 kN ≥ $V =$ 12 kN

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,V} =$ 215 mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Interacción tracción-cortante (ACI 318-14 – R17.6)

${U_{tt}}^{5/3} + {U_{ts}}^{5/3} =$ 1 ≤ 1,0

Donde:

$U_{tt} = 1$ – máxima ratio entre fuerza de tracción factorizada y resistencia a tracción determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

$U_{ts} = 0$ – máxima ratio entre esfuerzo cortante factorizado y resistencia a cortante determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

Armado suplementario (ACI 318-14 – 17.4.2.9; ACI 318-14 – 17.5.2.9)

El refuerzo suplementario debe resistit la fuerza de: 225 kN en tracción y 49 kN a cortante

Resultado detallado para A3

Resistencia a tracción del anclaje (ACI 318-14 – 17.4.1)

$\phi N_{sa} = \phi \cdot A_{se,N} \cdot f_{uta} =$ 125 kN ≥ $N_f =$ 0 kN

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,N} =$ 215 mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Resistencia a cortante (ACI 318-14 – 17.5.1)

$\phi V_{sa} = \phi \cdot 0,6 \cdot A_{se,V} \cdot f_{uta} =$ 70 kN ≥ $V =$ 13 kN

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,V} =$ 215 mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Interacción tracción-cortante (ACI 318-14 – R17.6)

${U_{tt}}^{5/3} + {U_{ts}}^{5/3} =$ 0 ≤ 1,0

Donde:

$U_{tt} = 0$ – máxima ratio entre fuerza de tracción factorizada y resistencia a tracción determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

$U_{ts} = 0$ – máxima ratio entre esfuerzo cortante factorizado y resistencia a cortante determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

Armado suplementario (ACI 318-14 – 17.4.2.9; ACI 318-14 – 17.5.2.9)

El refuerzo suplementario debe resistit la fuerza de: 225 kN en tracción y 49 kN a cortante

Resultado detallado para A4

Resistencia a tracción del anclaje (ACI 318-14 – 17.4.1)

$$\phi N_{sa} = \phi \cdot A_{se,N} \cdot f_{uta} = \quad 125 \quad \text{kN} \quad \geq \quad N_f = \quad 0 \quad \text{kN}$$

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,N} = 215$ mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} = 827$ MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Resistencia a cortante (ACI 318-14 – 17.5.1)

$$\phi V_{sa} = \phi \cdot 0,6 \cdot A_{se,V} \cdot f_{uta} = \quad 70 \quad \text{kN} \quad \geq \quad V = \quad 13 \quad \text{kN}$$

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,V} = 215$ mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} = 827$ MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Interacción tracción-cortante (ACI 318-14 – R17.6)

$$U_{tt}{}^{5/3} + U_{ts}{}^{5/3} = \quad 0 \quad \leq \quad 1,0$$

Donde:

$U_{tt} = 0$ – máxima ratio entre fuerza de tracción factorizada y resistencia a tracción determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

$U_{ts} = 0$ – máxima ratio entre esfuerzo cortante factorizado y resistencia a cortante determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

Armado suplementario (ACI 318-14 – 17.4.2.9; ACI 318-14 – 17.5.2.9)

El refuerzo suplementario debe resistit la fuerza de: 225 kN en tracción y 49 kN a cortante

Weld sections

Ítem	Borde	Xu	T_h [mm]	L_s [mm]	L [mm]	L_c [mm]	Cargas	F_n [kN]	ϕR_n [kN]	Ut [%]	Detallado	Estado
BP1	COL-bfl 1	E70xx	◢6◣	◢9◣	124	18	LE-MC1	28	37	75,14	Aceptar	OK
		E70xx	◢6◣	◢9◣	124	18	LE-MC1	30	37	80,96	Aceptar	OK
BP1	COL-tfl 1	E70xx	◢6◣	◢9◣	125	18	LE-MC1	30	33	90,77	Aceptar	OK
		E70xx	◢6◣	◢9◣	125	18	LE-MC1	28	34	84,46	Aceptar	OK
BP1	COL-w 1	E70xx	◢6◣	◢9◣	160	18	LE-MC1	21	37	57,52	Aceptar	OK
		E70xx	◢6◣	◢9◣	160	18	LE-MC1	20	26	75,96	Aceptar	OK

Resultado detallado para BP1 / COL-bfl 1 - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-10: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 37 kN ≥ $F_n =$ 28 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 434 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 483 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 89° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 113 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / COL-bfl 1 - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-10: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 37 kN ≥ $F_n =$ 30 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 434 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 483 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 89° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 113 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / COL-tfl 1 - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-10: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 33 kN ≥ $F_n =$ 30 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 394 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 483 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 53° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 113 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / COL-tfl 1 - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-10: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 34 kN ≥ $F_n =$ 28 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 395 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 483 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 54° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 113 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / COL-w 1 - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-10: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 37 kN ≥ $F_n =$ 21 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 431 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 483 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 80° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 113 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / COL-w 1 - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-10: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 26 kN ≥ $F_n =$ 20 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 305 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 483 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 13° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 113 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Bloque de hormigón

Ítem	Cargas	A_1 [mm2]	A_2 [mm2]	σ [MPa]	Ut [%]	Estado
CB 1	LE-MC1	19221	18618	12	82,92	OK

Resultado detallado para CB 1

Comprobación de la resistencia a compresión del bloque de hormigón (AISC 360-10 Section J8)

$\phi_c f_{p,max} =$ 15 MPa ≥ $\sigma =$ 12 MPa

Donde:

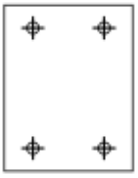
$f_{p,max} =$ 23 MPa – resistencia de cálculo a aplastamiento del bloque de hormigón:

- $f_{p,max} = 0,85 \cdot f'_c \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1,7 \cdot f'_c$, donde:
  - $f'_c =$ 28 MPa – resistencia a compresión del hormigón
  - $A_1 =$ 19221 mm^2 – Área de la placa base en contacto con la superficie de hormigón
  - $A_2 =$ 18618 mm^2 – Superfície de apoyo del hormigón

$\phi_c = 1$ – factor de resistencia para el hormigón

Listado de material

Operaciones

Nombre	Placas [mm]	Forma	Nº	Soldaduras [mm]	Longitud [mm]	Tornillos	Nº
BP1	P15x225,0-290,0 (A572 Gr.50)		1	Doble tendón de soldadura: a = 6	410,5	3/4 A325	4

Soldaduras

Tipo	Material	Espesor de garganta [mm]	Tamaño de pierna [mm]	Longitud [mm]
Doble tendón de soldadura	E70xx	6	9	410,5

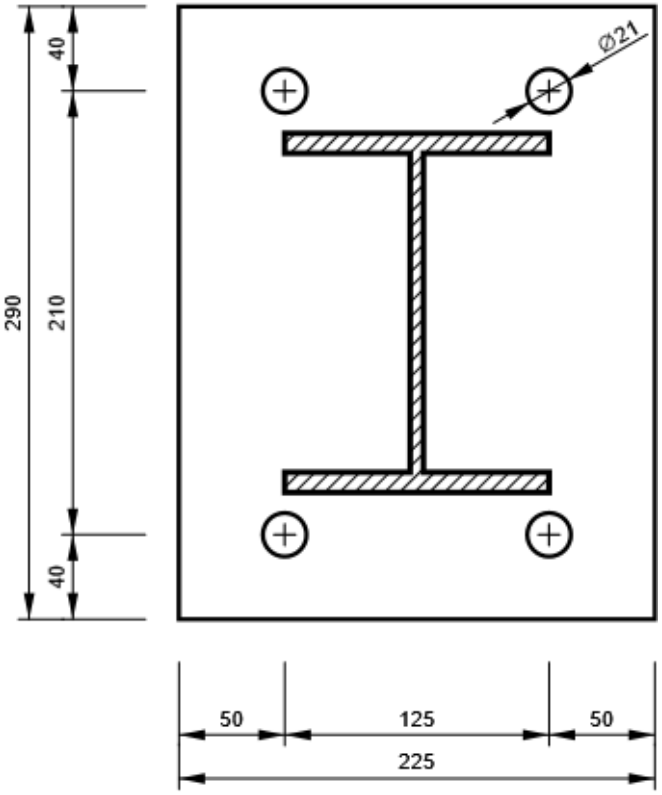
Anclajes

Nombre	Longitud [mm]	Longitud del taladro [mm]	Cuenta
3/4 A325	115	100	4

Dibujo

BP1

P15x290-225 (A572 Gr.50)



Explicación del símbolo

Símbolo	Explicación del símbolo
R_y	Factor de sobrerresistencia del material
ε_{Pl}	Deformación
f_y	Límite elástico
ε_{lim}	Límite de la deformación plástica
γ_{sh}	Endurecimiento por deformación
*	Elemento disipado
N_f	Fuerza de tracción
V	Resultante de las fuerzas cortantes Vy, Vz en el tornillo.
Ut	Utilización
Ut_s	Utilización a cortante
Ut_{ts}	Utilización a tensión y cortante EN 1993-1-8 tabla 3.4
ϕN_{sa}	Resistencia del acero a tracción – ACI 318-14 – 17.4.1
φV_{sa}	Resistencia del acero a cortante – ACI 318-14 – 17.5.1
T_h	Espesor de garganta de soldadura
L_s	Tamaño de la soldadura
L	Longitud de la soldadura
L_c	Longitud del elemento de soldadura crítico
F_n	Fuerza en el elemento crítico de la soldadura
Rn/Ω_w	Resistencia de la soldadura, AISC 360-10 J2.4
A_1	Área cargada
A_2	Área de soporte
σ	Tensión media en el hormigón

Configuración de la norma

Ítem	Valor	Unidad	Referencia
Coeficiente de fricción - hormigón	0	-	ACI 349 – B.6.1.4
Coeficiente de fricción en la resistencia a deslizamiento	0	-	AISC 360-10 J3.8
Deformación plástica límite	0	-	
Evaluación de la tensión de la soldadura	Redistribución plástica		
Detallado	Sí		
Distancia entre tornillos [d]	3	-	AISC 360-10 – J3.3
Distancia entre tornillos y el borde [d]	1	-	AISC 360-10 – J.3.4
Resistencia al arrancamiento del cono de hormigón	Ninguno		
Resistencia del metal base en la cara de fusión de la soldadura	No		AISC 360-10: J2-2
Hormigón fisurado	Sí		ACI 318-14 – Chapter 17
Comprobación de la deformación local	Sí		
Deformación límite local	0	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
No linealidad geométrica (GMNA)	Sí		Grandes deformaciones para secciones huecas

PROYECTO

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

CONTIENE

ANALISIS, CALCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL

BARANDA VEHICULAR

CONSULTOR

VICTOR A. HERNANDEZ G.
Ingeniero Civil_U de C
Especialista Estructuras_ECI

Octubre de 2025

PROYECTO
DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

ANALISIS, CALCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL BARANDA VEHICULAR

VHG-MT - BRD MET. VH-PTE La Balsa_v0.0

ORIGINAL

BOGOTA D.C, octubre de 2025

VERSIÓN 0.0 Vigente desde: 24/10/2025		
Elaboró: Ing. Víctor Hernández G. Fecha: 22/10/2025	Revisó: Fecha:	Aprobó: Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo: Especialista en Estr...	Cargo: Especialista en Estr. Interv.	Cargo:

VHG & ASOCIADOS LTDA.	Proyecto:	PTE LA BALSA	Calculó: Ing. Jrz	Fecha: 24/10/2025
	Asunto:	Análisis, calculo y diseño estructural BARANDA	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de __
				Ver. 0,0

Pte LA BALSA - DESCRIPCION

La superestructura está conformada por cuatro (4) vigas principales en concreto reforzado, sobre las cuales se apoya una losa en concreto que conforma el tablero. En los extremos de dicha losa se disponen bordillos longitudinales en concreto, acompañados por barandas metálicas en tubería que, sin embargo, no cumplen con las condiciones de uso y seguridad requeridas actualmente para la estructura. Por tal motivo, se propone su reemplazo por una baranda metálica vehicular que cumpla con las exigencias establecidas en el CCP-24_2015, Sección 13 - Numeral 13.7, Apéndice A13.



Pte LA BALSA -Se observa baranda mtalica que no cumple no cumplen con las condiciones de uso y seguridad requeridas actualmente para la estructura

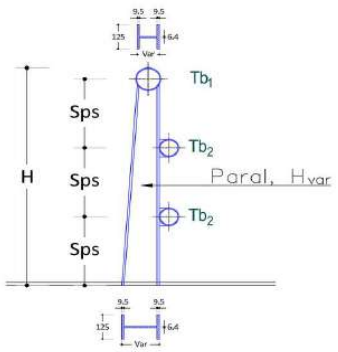
NORMA APLICABLE: CCP-24_2015, Sección 13 - Numeral 13.7, Apéndice A13

1.- DATOS GENERALES

1.- Geometría

Conformada por pasamanos en tubería circular estructural Tipo Colmena (o de características equivalentes) separados 35 cm c/c, apoyados en postes de 1,10m separados entre ellos 1.60 m c/c. La estructura metálica de baranda se apoya borde plca en concreto existente

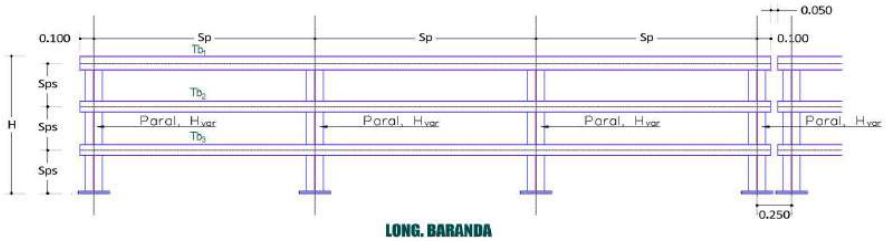
Tipo de baranda:	Vehicular - TL1	
H=	1,05	m
h_b=	0,00	m
h_p=	1,05	m
Sp=	1,60	m
No. Pasamanos=	3	
Sps=	0,35	m



ALZADO BARANDA

1.2.- Secciones

Tb_1:	4" x 4mm
h_b=	3" x 4mm
h_p=	3" x 4mm
hvar=	170 a 100mm



LONG. BARANDA

VHG & ASOCIADOS LTDA.	Proyecto: PTE LA BALSA	Calculó: Ing. Jrz	Fecha: 24/10/2025	
	Asunto: Análisis, calculo y diseño estructural BARANDA	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de __	
			Ver. 0,0	

1.3- Materiales

Acero Platinas:	ASTM-572 GR 50		
Limite fluencia, **fy=**	345	Mpa	
Resistencia a Tracción, **Fu=**	450	Mpa	
Acero TBs:	ASTM-A 500 Gr C		
Limite fluencia, **fy=**	345	Mpa	
Resistencia a Tracción, **Fu=**	430	Mpa	
Pernos, Anclajes:	ASTM-A 500 Gr C		
Calidad	AST A325		

2.- CARGAS Y SOLICITACIONES

2.1- Sección 13, Tabla A13.2-1- Fuerzas de diseño para barandas vehiculares

Fuerzas de diseño y simbología	Niveles de Ensayo para las Barandas					
	TL-1	TL-2	TL-3	TL-4	TL-5	TL-6
Transversal F_t (N)	60.000	120.000	240.000	240.000	550.000	780.000
Longitudinal F_L (N)	20.000	40.000	80.000	80.000	183.000	260.000
Vertical descendente F_v (N)	20.000	20.000	20.000	80.000	355.000	355.000
L_t y L_L (mm)	1220	1220	1220	1070	2440	2440
L_v (mm)	5500	5500	5500	5500	12.200	12.200
H_e (mín.) (mm)	460	510	610	810	1070	1420
Mínima altura del riel H (mm)	685	685	685	810	1070	2290

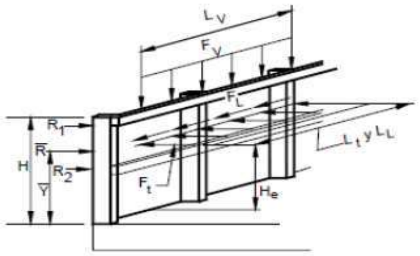
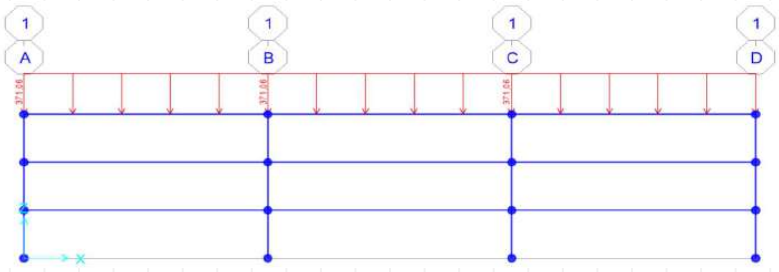


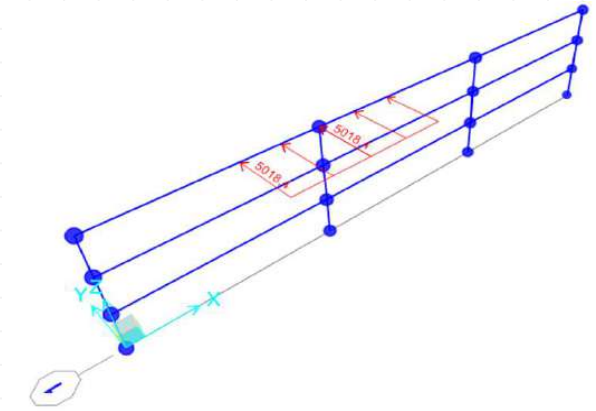
Figura A13.2-1 — Fuerzas de diseño en una baranda metálica, ubicación en altura y longitud de distribución horizontal

Nivel de ensayo:	Vehicular - TL1									
Fza Transv., F_t (N)=	60.000	o	6.122	kg	**L_t =**	1.220	mm	=>	5.018,40	kg/m
Fza Long. F_L (N)=	20.000	o	2.041	kg	**L_L =**	1.220	mm	=>	1.672,80	
Fza Vh. Dsc. F_v (N)=	20.000	o	2.041	kg	**L_V =**	5.500	mm	=>	371,06	kg/m

2.2- Fzas aplicadas al modelo matemático



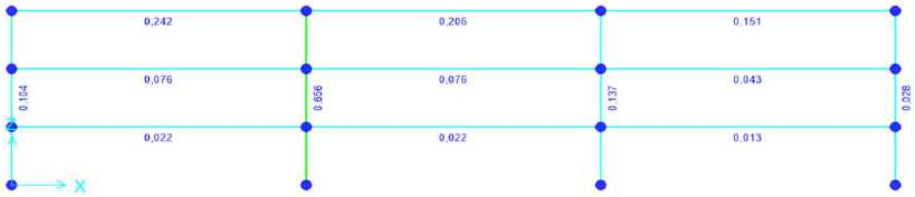
Frame Span Loads (Fv) (GLOBAL CSys)



Analysis Model - Frame Span Loads (Ft) (GLOBAL CSys)

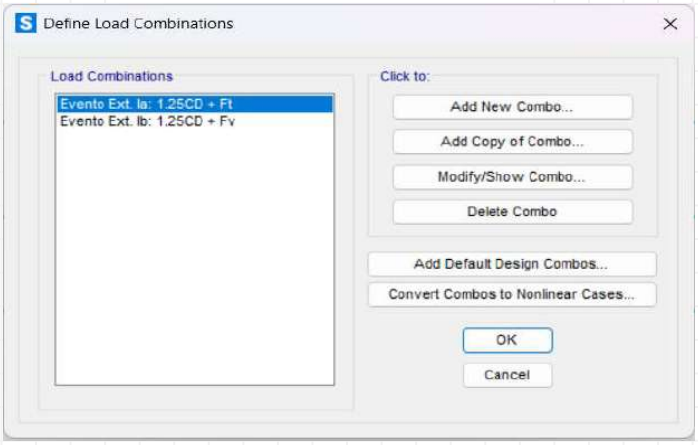
3.- DISEÑO ELEMENTOS

3.1- Elementos Baranda



Maximum Stress Ratios (AISC 360-10)

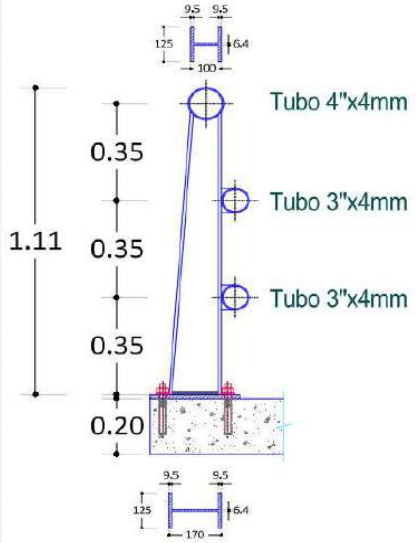
Relación D/C < 1,0 => Ok



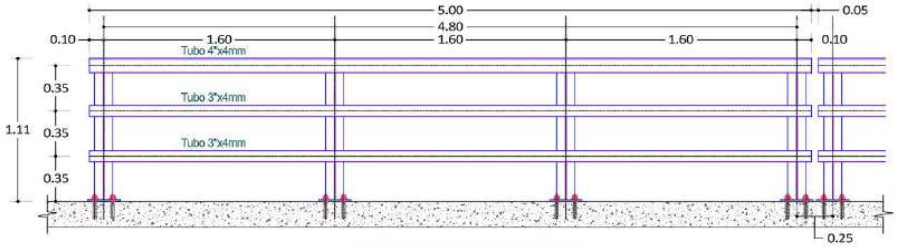
3.2- Placa base

Nota: Ver anexo análisis y diseño placa base mediante IDEA StatiCa

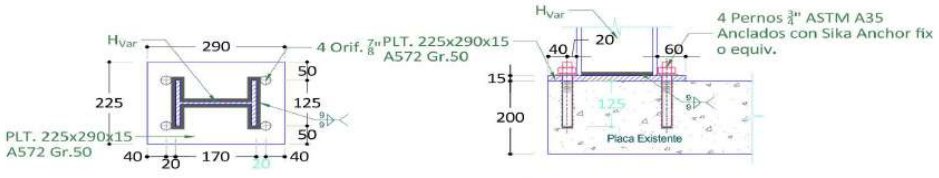
3.3- Detalles diseño



BARANDA METALICA VEHICULAR
SECCION TRANSV.



BARANDA METALICA VEHICULAR
Modulo x 5m



DETALLES PLACA BASE

ANEXO

Análisis, Cálculo y Diseño Estructural

PLACA BASE

Datos del proyecto

Nombre del proyecto	Pte La Balsa
Número del Proyecto	24FIV-PUENTES v5 - LA BALSA
Autor	VHG
Descripción	Dis Placa Base
Fecha	24/10/2025
Normativa de cálculo	AISC 360-10

Material

Acero	A500, Gr. C, A572 Gr.50
Hormigón	Editar de 4000 psi

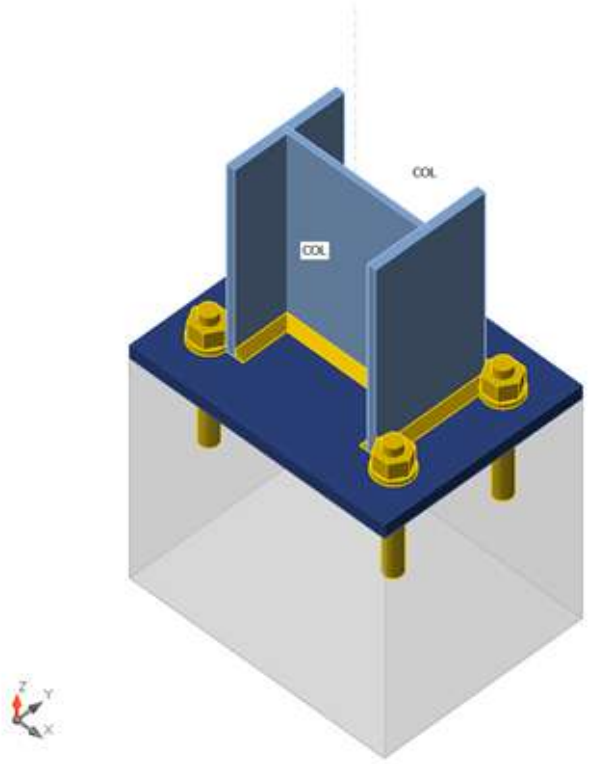
Ítem del proyecto CON1

Diseño

Nombre	CON1
Descripción	
Análisis	Diseño por capacidad
Normativa de cálculo	AISC - LRFD 2010

Elementos estructurales

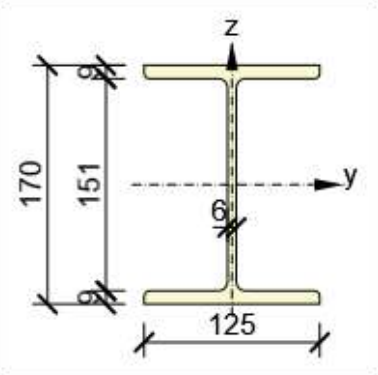
Nombre	Sección transversal	β – Dirección [°]	γ - Inclinación [°]	α - Rotación [°]	Desplazamiento ex [mm]	Desplazamiento ey [mm]	Desplazamiento ez [mm]	Fuerzas en
COL	2 - Hvar(I170)	0	-90	0	0	0	0	Nodo



Secciones

Nombre	Material
2 - Hvar(I170)	A500, Gr. C

Secciones

Nombre	Material	Dibujo
2 - Hvar(I170)	A500, Gr. C	

Anclajes

Nombre	Conjunto de tornillo	Diámetro [mm]	fu [MPa]	Área bruta [mm^2]
3/4 A325	3/4 A325	19	827	285

Cargas

Nombre	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE-MC1	COL	-1	0	49	0	47	0

Bloque de la cimentación

Ítem	Valor	Unidad
CB 1		
Dimensiones	225 x 290	mm
Profundidad	250	mm
Anclaje	3/4 A325	
Longitud del anclaje	100	mm
Transferencia de la fuerza cortante	Anclajes	

Verificación

Resumen

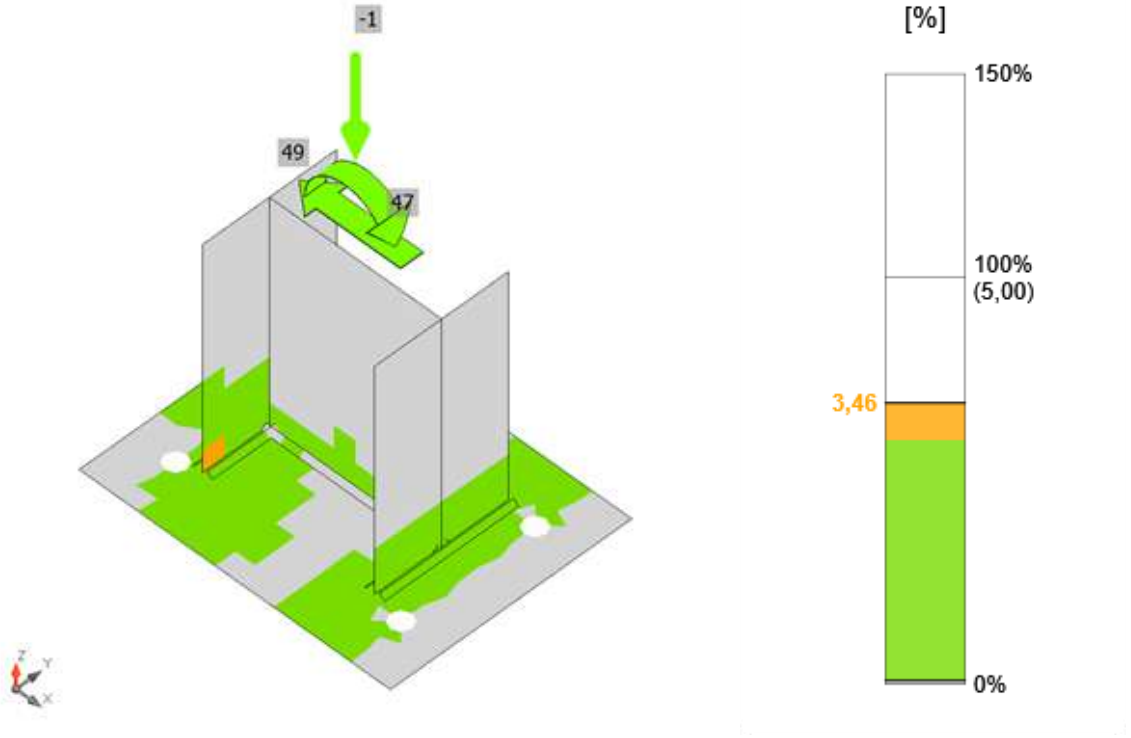
Nombre	Valor	Estado de la verificación
Análisis	100,0%	OK
Placas	3,5 < 5,0%	OK
Anclajes	90,3 < 100%	OK
Soldaduras	90,8 < 100%	OK
Bloque de hormigón	82,9 < 100%	OK
Pandeo	No calculado	

Placas

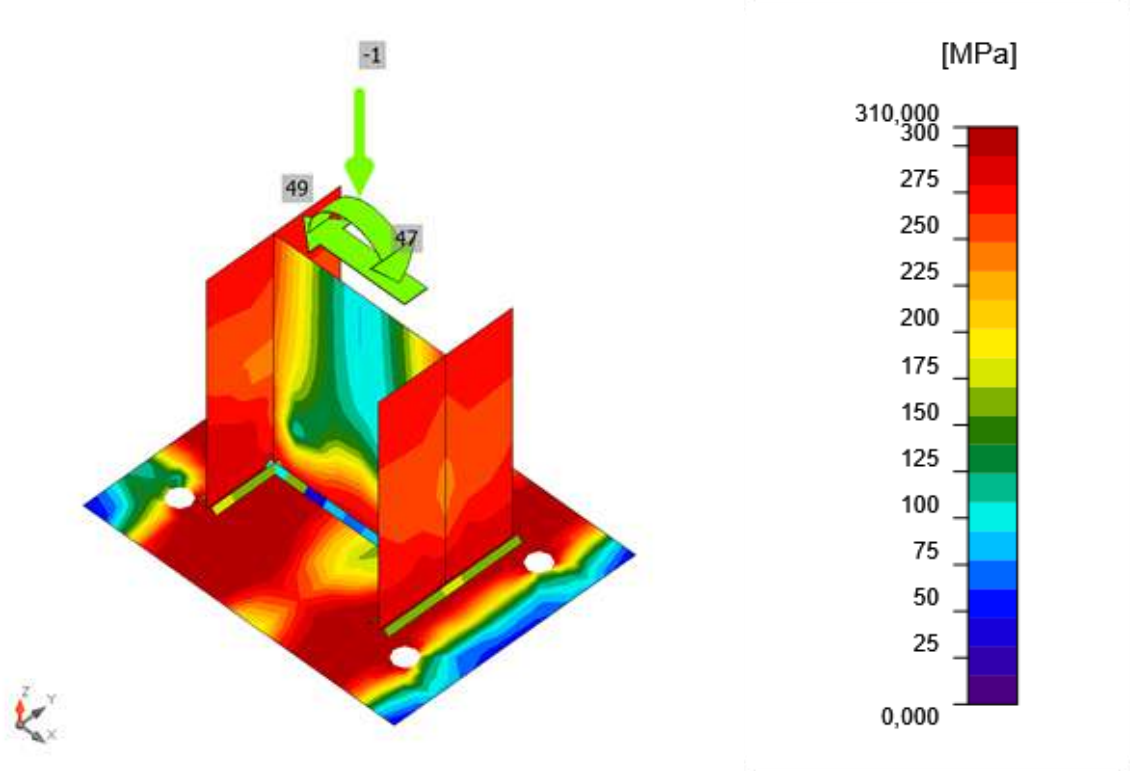
Nombre	Material	f_y [MPa]	Espesor [mm]	Cargas	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	σc_{Ed} [MPa]	Estado de la verificación
COL-bfl 1	A500, Gr. C	317	10	LE-MC1	287	0,84	0	OK
COL-tfl 1	A500, Gr. C	317	10	LE-MC1	292	3,46	0	OK
COL-w 1	A500, Gr. C	317	6	LE-MC1	270	0,21	0	OK
BP1	A572 Gr.50	345	15	LE-MC1	315	2,40	0	OK

Datos de diseño

Material	Ry [-]	f_y [MPa]	Cpr [-]	ε_{lim} [%]
A500, Gr. C	1	317	1	5,00
A572 Gr.50	1	345	1	5,00

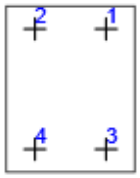


Verificación de deformación, LE-MC1



Tensión equivalente, LE-MC1

Anclajes

Forma	Ítem	Cargas	N_f [kN]	V [kN]	Ut_t [%]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Detallado	Estado
	A1	LE-MC1	113	12	90,27	17,34	89,71	Aceptar	OK
	A2	LE-MC1	113	12	90,28	17,34	89,72	Aceptar	OK
	A3	LE-MC1	0	13	0,00	18,31	5,90	Aceptar	OK
	A4	LE-MC1	0	13	0,00	18,31	5,90	Aceptar	OK

Datos de diseño

ϕN_{sa} [kN]	ϕV_{sa} [kN]
125	70

Resultado detallado para A1

Resistencia a tracción del anclaje (ACI 318-14 – 17.4.1)

$\phi N_{sa} = \phi \cdot A_{se,N} \cdot f_{uta} =$ 125 kN ≥ $N_f =$ 113 kN

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,N} =$ 215 mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Resistencia a cortante (ACI 318-14 – 17.5.1)

$\phi V_{sa} = \phi \cdot 0,6 \cdot A_{se,V} \cdot f_{uta} =$ 70 kN ≥ $V =$ 12 kN

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,V} =$ 215 mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Interacción tracción-cortante (ACI 318-14 – R17.6)

${U_{tt}}^{5/3} + {U_{ts}}^{5/3} =$ 1 ≤ 1,0

Donde:

$U_{tt} = 1$ – máxima ratio entre fuerza de tracción factorizada y resistencia a tracción determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

$U_{ts} = 0$ – máxima ratio entre esfuerzo cortante factorizado y resistencia a cortante determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

Armado suplementario (ACI 318-14 – 17.4.2.9; ACI 318-14 – 17.5.2.9)

El refuerzo suplementario debe resistit la fuerza de: 225 kN en tracción y 49 kN a cortante

Resultado detallado para A2

Resistencia a tracción del anclaje (ACI 318-14 – 17.4.1)

$\phi N_{sa} = \phi \cdot A_{se,N} \cdot f_{uta} =$ 125 kN ≥ $N_f =$ 113 kN

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,N} =$ 215 mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Resistencia a cortante (ACI 318-14 – 17.5.1)

$\phi V_{sa} = \phi \cdot 0,6 \cdot A_{se,V} \cdot f_{uta} =$ 70 kN ≥ $V =$ 12 kN

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,V} =$ 215 mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Interacción tracción-cortante (ACI 318-14 – R17.6)

${U_{tt}}^{5/3} + {U_{ts}}^{5/3} =$ 1 ≤ 1,0

Donde:

$U_{tt} = 1$ – máxima ratio entre fuerza de tracción factorizada y resistencia a tracción determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

$U_{ts} = 0$ – máxima ratio entre esfuerzo cortante factorizado y resistencia a cortante determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

Armado suplementario (ACI 318-14 – 17.4.2.9; ACI 318-14 – 17.5.2.9)

El refuerzo suplementario debe resistit la fuerza de: 225 kN en tracción y 49 kN a cortante

Resultado detallado para A3

Resistencia a tracción del anclaje (ACI 318-14 – 17.4.1)

$\phi N_{sa} = \phi \cdot A_{se,N} \cdot f_{uta} =$ 125 kN ≥ $N_f =$ 0 kN

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,N} =$ 215 mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Resistencia a cortante (ACI 318-14 – 17.5.1)

$\phi V_{sa} = \phi \cdot 0,6 \cdot A_{se,V} \cdot f_{uta} =$ 70 kN ≥ $V =$ 13 kN

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,V} =$ 215 mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Interacción tracción-cortante (ACI 318-14 – R17.6)

${U_{tt}}^{5/3} + {U_{ts}}^{5/3} =$ 0 ≤ 1,0

Donde:

$U_{tt} = 0$ – máxima ratio entre fuerza de tracción factorizada y resistencia a tracción determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

$U_{ts} = 0$ – máxima ratio entre esfuerzo cortante factorizado y resistencia a cortante determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

Armado suplementario (ACI 318-14 – 17.4.2.9; ACI 318-14 – 17.5.2.9)

El refuerzo suplementario debe resistit la fuerza de: 225 kN en tracción y 49 kN a cortante

Resultado detallado para A4

Resistencia a tracción del anclaje (ACI 318-14 – 17.4.1)

$$\phi N_{sa} = \phi \cdot A_{se,N} \cdot f_{uta} = \quad 125 \quad \text{kN} \quad \geq \quad N_f = \quad 0 \quad \text{kN}$$

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,N} = 215$ mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} = 827$ MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Resistencia a cortante (ACI 318-14 – 17.5.1)

$$\phi V_{sa} = \phi \cdot 0,6 \cdot A_{se,V} \cdot f_{uta} = \quad 70 \quad \text{kN} \quad \geq \quad V = \quad 13 \quad \text{kN}$$

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,V} = 215$ mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} = 827$ MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Interacción tracción-cortante (ACI 318-14 – R17.6)

$$U_{tt}{}^{5/3} + U_{ts}{}^{5/3} = \quad 0 \quad \leq \quad 1,0$$

Donde:

$U_{tt} = 0$ – máxima ratio entre fuerza de tracción factorizada y resistencia a tracción determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

$U_{ts} = 0$ – máxima ratio entre esfuerzo cortante factorizado y resistencia a cortante determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

Armado suplementario (ACI 318-14 – 17.4.2.9; ACI 318-14 – 17.5.2.9)

El refuerzo suplementario debe resistit la fuerza de: 225 kN en tracción y 49 kN a cortante

Weld sections

Ítem	Borde	Xu	T_h [mm]	L_s [mm]	L [mm]	L_c [mm]	Cargas	F_n [kN]	ϕR_n [kN]	Ut [%]	Detallado	Estado
BP1	COL-bfl 1	E70xx	◢6◣	◢9◣	124	18	LE-MC1	28	37	75,14	Aceptar	OK
		E70xx	◢6◣	◢9◣	124	18	LE-MC1	30	37	80,96	Aceptar	OK
BP1	COL-tfl 1	E70xx	◢6◣	◢9◣	125	18	LE-MC1	30	33	90,77	Aceptar	OK
		E70xx	◢6◣	◢9◣	125	18	LE-MC1	28	34	84,46	Aceptar	OK
BP1	COL-w 1	E70xx	◢6◣	◢9◣	160	18	LE-MC1	21	37	57,52	Aceptar	OK
		E70xx	◢6◣	◢9◣	160	18	LE-MC1	20	26	75,96	Aceptar	OK

Resultado detallado para BP1 / COL-bfl 1 - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-10: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 37 kN ≥ $F_n =$ 28 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 434 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 483 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 89° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 113 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / COL-bfl 1 - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-10: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 37 kN ≥ $F_n =$ 30 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 434 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 483 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 89° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 113 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / COL-tfl 1 - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-10: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 33 kN ≥ $F_n =$ 30 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 394 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 483 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 53° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 113 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / COL-tfl 1 - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-10: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 34 kN ≥ $F_n =$ 28 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 395 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 483 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 54° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 113 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / COL-w 1 - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-10: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 37 kN ≥ $F_n =$ 21 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 431 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 483 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 80° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 113 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / COL-w 1 - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-10: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 26 kN ≥ $F_n =$ 20 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 305 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 483 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 13° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 113 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Bloque de hormigón

Ítem	Cargas	A_1 [mm2]	A_2 [mm2]	σ [MPa]	Ut [%]	Estado
CB 1	LE-MC1	19221	18618	12	82,92	OK

Resultado detallado para CB 1

Comprobación de la resistencia a compresión del bloque de hormigón (AISC 360-10 Section J8)

$\phi_c f_{p,max} =$ 15 MPa ≥ $\sigma =$ 12 MPa

Donde:

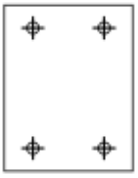
$f_{p,max} =$ 23 MPa – resistencia de cálculo a aplastamiento del bloque de hormigón:

- $f_{p,max} = 0,85 \cdot f'_c \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1,7 \cdot f'_c$, donde:
  - $f'_c =$ 28 MPa – resistencia a compresión del hormigón
  - $A_1 =$ 19221 mm^2 – Área de la placa base en contacto con la superficie de hormigón
  - $A_2 =$ 18618 mm^2 – Superfície de apoyo del hormigón

$\phi_c = 1$ – factor de resistencia para el hormigón

Listado de material

Operaciones

Nombre	Placas [mm]	Forma	Nº	Soldaduras [mm]	Longitud [mm]	Tornillos	Nº
BP1	P15x225,0-290,0 (A572 Gr.50)		1	Doble tendón de soldadura: a = 6	410,5	3/4 A325	4

Soldaduras

Tipo	Material	Espesor de garganta [mm]	Tamaño de pierna [mm]	Longitud [mm]
Doble tendón de soldadura	E70xx	6	9	410,5

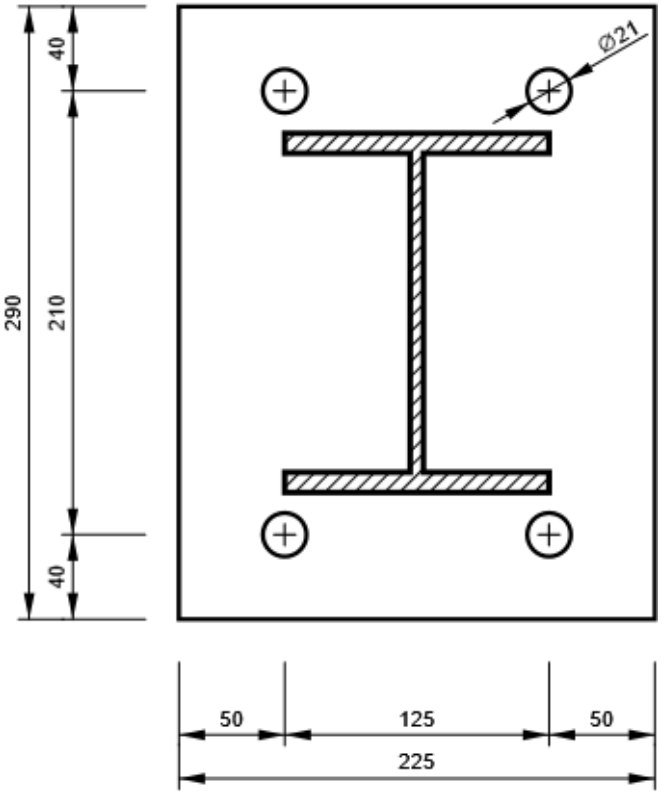
Anclajes

Nombre	Longitud [mm]	Longitud del taladro [mm]	Cuenta
3/4 A325	115	100	4

Dibujo

BP1

P15x290-225 (A572 Gr.50)



Explicación del símbolo

Símbolo	Explicación del símbolo
R_y	Factor de sobrerresistencia del material
ε_{Pl}	Deformación
f_y	Límite elástico
ε_{lim}	Límite de la deformación plástica
γ_{sh}	Endurecimiento por deformación
*	Elemento disipado
N_f	Fuerza de tracción
V	Resultante de las fuerzas cortantes Vy, Vz en el tornillo.
Ut	Utilización
Ut_s	Utilización a cortante
Ut_{ts}	Utilización a tensión y cortante EN 1993-1-8 tabla 3.4
ϕN_{sa}	Resistencia del acero a tracción – ACI 318-14 – 17.4.1
φV_{sa}	Resistencia del acero a cortante – ACI 318-14 – 17.5.1
T_h	Espesor de garganta de soldadura
L_s	Tamaño de la soldadura
L	Longitud de la soldadura
L_c	Longitud del elemento de soldadura crítico
F_n	Fuerza en el elemento crítico de la soldadura
Rn/Ω_w	Resistencia de la soldadura, AISC 360-10 J2.4
A_1	Área cargada
A_2	Área de soporte
σ	Tensión media en el hormigón

Configuración de la norma

Ítem	Valor	Unidad	Referencia
Coeficiente de fricción - hormigón	0	-	ACI 349 – B.6.1.4
Coeficiente de fricción en la resistencia a deslizamiento	0	-	AISC 360-10 J3.8
Deformación plástica límite	0	-	
Evaluación de la tensión de la soldadura	Redistribución plástica		
Detallado	Sí		
Distancia entre tornillos [d]	3	-	AISC 360-10 – J3.3
Distancia entre tornillos y el borde [d]	1	-	AISC 360-10 – J.3.4
Resistencia al arrancamiento del cono de hormigón	Ninguno		
Resistencia del metal base en la cara de fusión de la soldadura	No		AISC 360-10: J2-2
Hormigón fisurado	Sí		ACI 318-14 – Chapter 17
Comprobación de la deformación local	Sí		
Deformación límite local	0	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
No linealidad geométrica (GMNA)	Sí		Grandes deformaciones para secciones huecas

PROYECTO

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

CONTIENE

ANALISIS, CALCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL

BARANDA VEHICULAR

CONSULTOR

VICTOR A. HERNANDEZ G.
Ingeniero Civil_U de C
Especialista Estructuras_ECI

Noviembre de 2025

PROYECTO
DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

ANALISIS, CALCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL BARANDA VEHICULAR

VHG-MT - BRD MET. VH-PTE La Balsa_v1.0

ORIGINAL

BOGOTA D.C, noviembre de 2025

VERSIÓN 1.0 Vigente desde: 04/11/2025		
Elaboró: Ing. Víctor Hernández G. Fecha: 03/11/2025	Revisó: Fecha:	Aprobó: Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo: Especialista en Estr...	Cargo: Especialista en Estr. Interv.	Cargo:

VHG & ASOCIADOS LTDA.	Proyecto:	PTE LA BALSA	Calculó: Ing. Jrz	Fecha: 4/11/2025
	Asunto:	Análisis, calculo y diseño estructural BARANDA	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de __
				Ver. 1,0

Pte LA BALSA - DESCRIPCION

La superestructura está conformada por cuatro (4) vigas principales en concreto reforzado, sobre las cuales se apoya una losa en concreto que conforma el tablero. En los extremos de dicha losa se disponen bordillos longitudinales en concreto, acompañados por barandas metálicas en tubería que, sin embargo, no cumplen con las condiciones de uso y seguridad requeridas actualmente para la estructura. Por tal motivo, se propone su reemplazo por una baranda metálica vehicular que cumpla con las exigencias establecidas en el CCP-24_2015, Sección 13 - Numeral 13.7, Apéndice A13.



Pte LA BALSA -Se observa baranda mtalica que no cumple no cumplen con las condiciones de uso y seguridad requeridas actualmente para la estructura

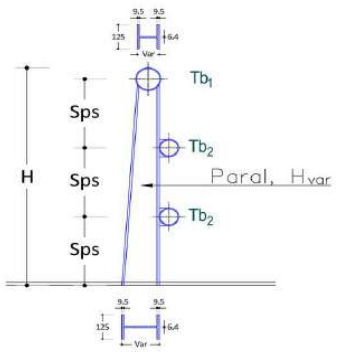
NORMA APLICABLE: CCP-14_2015, Sección 13 - Numeral 13.7, Apéndice A13

1.- DATOS GENERALES

1.- Geometría

Conformada por pasamanos en tubería circular estructural Tipo Colmena (o de características equivalentes) separados 35 cm c/c, apoyados en postes de 1,10m separados entre ellos 1.60 m c/c. La estructura metálica de baranda se apoya borde plca en concreto existente

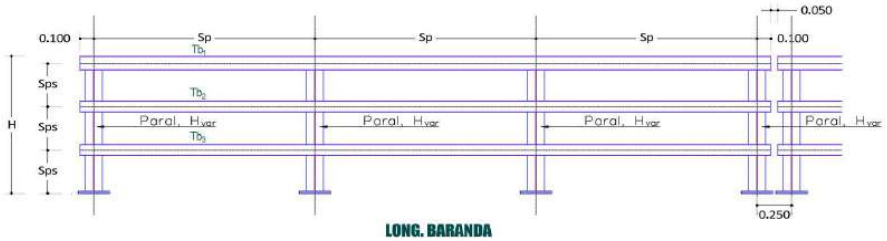
Tipo de baranda:	Vehicular - TL1	
H=	1,05	m
h_b=	0,00	m
h_p=	1,05	m
Sp=	1,60	m
No. Pasamanos=	3	
Sps=	0,35	m



ALZADO BARANDA

1.2.- Secciones

Tb_1:	4" x 4mm
h_b=	3" x 4mm
h_p=	3" x 4mm
hvar=	170 a 100mm



LONG. BARANDA

VHG & ASOCIADOS LTDA.	Proyecto: PTE LA BALSA	Calculó: Ing. Jrz	Fecha: 4/11/2025	
	Asunto: Análisis, calculo y diseño estructural BARANDA	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de __	
			Ver. 1,0	

1.3- Materiales

Acero Platinas:	ASTM-572 GR 50		
Limite fluencia, **fy=**	345	Mpa	
Resistencia a Tracción, **Fu=**	450	Mpa	
Acero TBs:	ASTM-A 500 Gr C		
Limite fluencia, **fy=**	345	Mpa	
Resistencia a Tracción, **Fu=**	430	Mpa	
Pernos, Anclajes:			
Calidad	AST A325		

2.- CARGAS Y SOLICITACIONES

2.1- Sección 13, Tabla A13.2-1- Fuerzas de diseño para barandas vehiculares

Fuerzas de diseño y simbología	Niveles de Ensayo para las Barandas					
	TL-1	TL-2	TL-3	TL-4	TL-5	TL-6
Transversal F_t (N)	60.000	120.000	240.000	240.000	550.000	780.000
Longitudinal F_L (N)	20.000	40.000	80.000	80.000	183.000	260.000
Vertical descendente F_v (N)	20.000	20.000	20.000	80.000	355.000	355.000
L_t y L_L (mm)	1220	1220	1220	1070	2440	2440
L_v (mm)	5500	5500	5500	5500	12.200	12.200
H_e (mín.) (mm)	460	510	610	810	1070	1420
Mínima altura del riel H (mm)	685	685	685	810	1070	2290

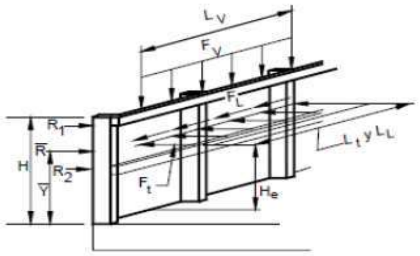
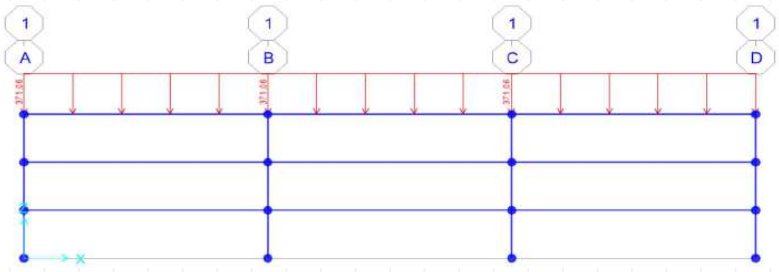


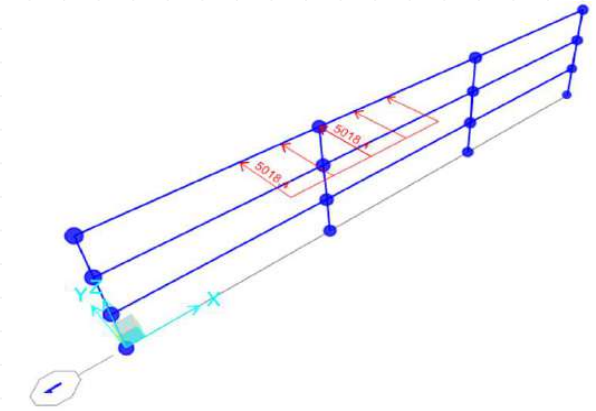
Figura A13.2-1 — Fuerzas de diseño en una baranda metálica, ubicación en altura y longitud de distribución horizontal

Nivel de ensayo:	Vehicular - TL1									
Fza Transv., F_t (N)=	60.000	o	6.122	kg	L_t =	1.220	mm	=>	5.018,40	kg/m
Fza Long. F_L (N)=	20.000	o	2.041	kg	L_L =	1.220	mm	=>	1.672,80	
Fza Vh. Dsc. F_v (N)=	20.000	o	2.041	kg	L_V =	5.500	mm	=>	371,06	kg/m

2.2- Fzas aplicadas al modelo matemático



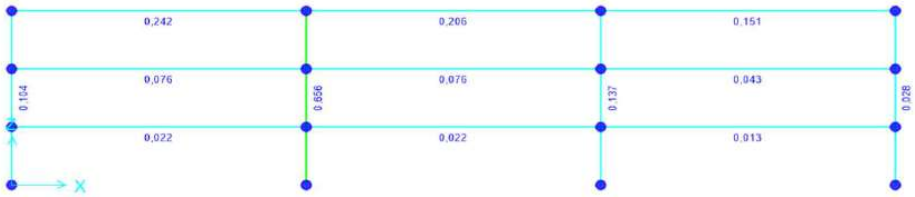
Frame Span Loads (Fv) (GLOBAL CSys)



Analysis Model - Frame Span Loads (Ft) (GLOBAL CSys)

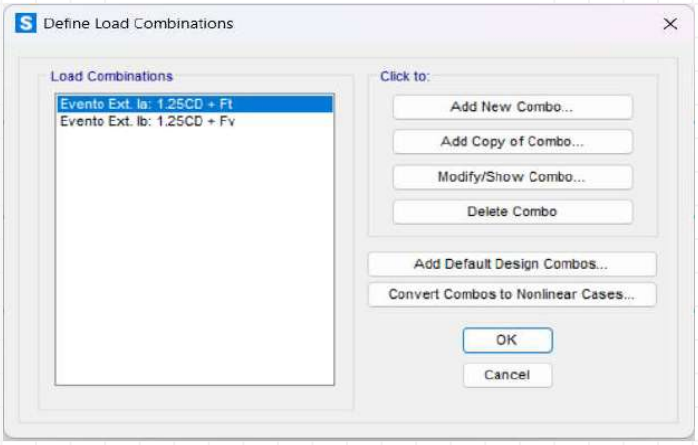
3.- DISEÑO ELEMENTOS

3.1- Elementos Baranda



Maximum Stress Ratios (AISC 360-10)

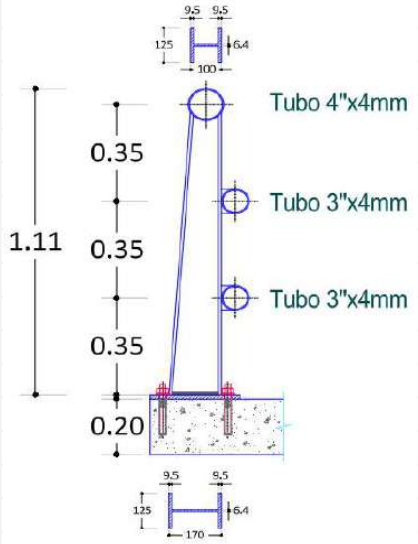
Relación D/C < 1,0 => Ok



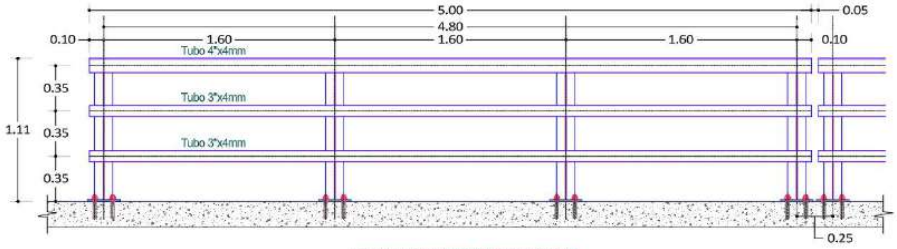
3.2- Placa base

Nota: Ver anexo análisis y diseño placa base mediante IDEA StatiCa

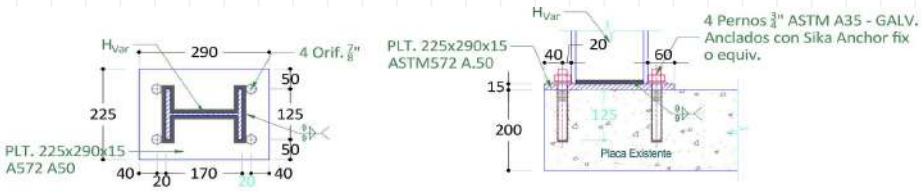
3.3- Detalles diseño



BARANDA METALICA VEHICULAR
SECCION TRANSV.



BARANDA METALICA VEHICULAR
Modulo x 5m



DETALLES PLACA BASE

	Proyecto:	PTE LA BALSA	Calculó:	Ing. Jrz	Fecha: 4/11/2025
VHG & ASOCIADOS LTDA.	Asunto:	Análisis, calculo y diseño estructural BARANDA	Revisó:	Ing. VHG	Hoja __ de __
					Ver. 1,0

4. - Cantidades

Modulo x 5,0 m

Largueros															
Tub. 4"x4mm				1	un	x	5,00	m	x	11,04	kg/ml	=	55,20	kg	
Tub. 3"x4mm				2	un	x	5,00	m	x	8,49	kg/ml	=	84,90	kg	
Parales	4	un	x	0,0031	m^2	x	1,00	m	x	7964,96	kg/m^3	=	98,77	kg	
PLT 1/4" apoyo Larg.				14	un	x	0,0040	m^2	x	49,84	kg/m^2	=	2,79	kg	
										SubTotal		=	**241,66**	**kg**	
										Sold	5,00%	=	**12,08**	**kg**	
										Total		=	**253,74**	**kg**	**Modulo**
										Total		=	**50,75**	**kg/ml**	
Placa Base															
PLT 15mm				1	un	x	0,0653	m^2	x	117,57	kg/m^2	=	7,67	kg	
Anclajes con SikaAnchor fix				4	un	x	0,1500	m	x	2,25	kg/m	=	1,35	kg	
										SubTotal		=	**9,02**	**kg**	
										Sold	5,00%	=	**0,45**	**kg**	
										Total		=	**9,47**	**kg**	**Base**

Nota: Incluir Pintura

ANEXO

Análisis, Cálculo y Diseño Estructural

PLACA BASE

Datos del proyecto

Nombre del proyecto	Pte La Balsa V1
Número del Proyecto	24FIV-PUENTES v5 - LA BALSA
Autor	VHG
Descripción	Dis Placa Base
Fecha	4/11/2025
Normativa de cálculo	AISC 360-10

Material

Acero	A500, Gr. C, A572 Gr.50
Hormigón	Editar de 4000 psi

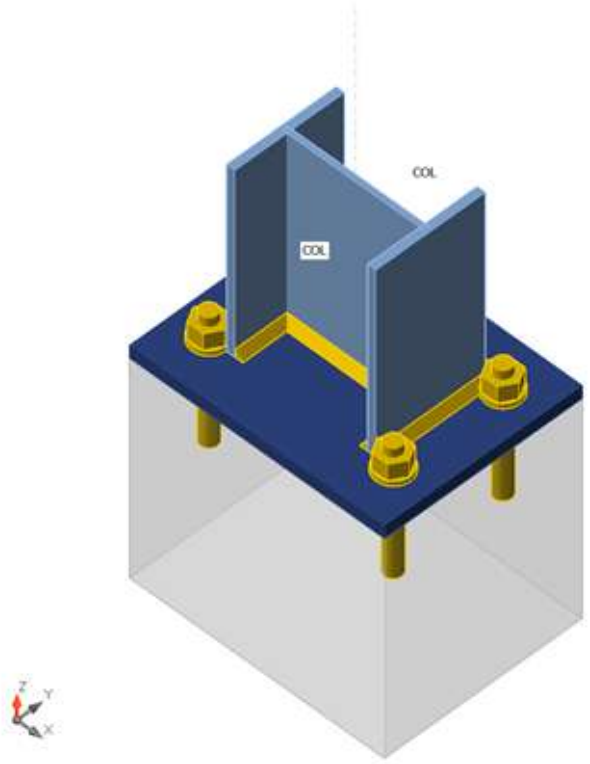
Ítem del proyecto CON1

Diseño

Nombre	CON1
Descripción	
Análisis	Diseño por capacidad
Normativa de cálculo	AISC - LRFD 2010

Elementos estructurales

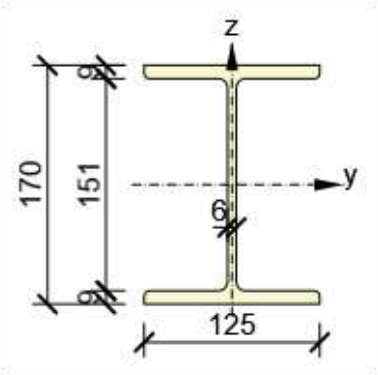
Nombre	Sección transversal	β – Dirección [°]	γ - Inclinación [°]	α - Rotación [°]	Desplazamiento ex [mm]	Desplazamiento ey [mm]	Desplazamiento ez [mm]	Fuerzas en
COL	2 - Hvar(I170)	0	-90	0	0	0	0	Nodo



Secciones

Nombre	Material
2 - Hvar(I170)	A500, Gr. C

Secciones

Nombre	Material	Dibujo
2 - Hvar(I170)	A500, Gr. C	

Anclajes

Nombre	Conjunto de tornillo	Diámetro [mm]	fu [MPa]	Área bruta [mm^2]
3/4 A325	3/4 A325	19	827	285

Cargas

Nombre	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE-MC1	COL	-1	0	49	0	47	0

Bloque de la cimentación

Ítem	Valor	Unidad
CB 1		
Dimensiones	225 x 290	mm
Profundidad	250	mm
Anclaje	3/4 A325	
Longitud del anclaje	100	mm
Transferencia de la fuerza cortante	Anclajes	

Verificación

Resumen

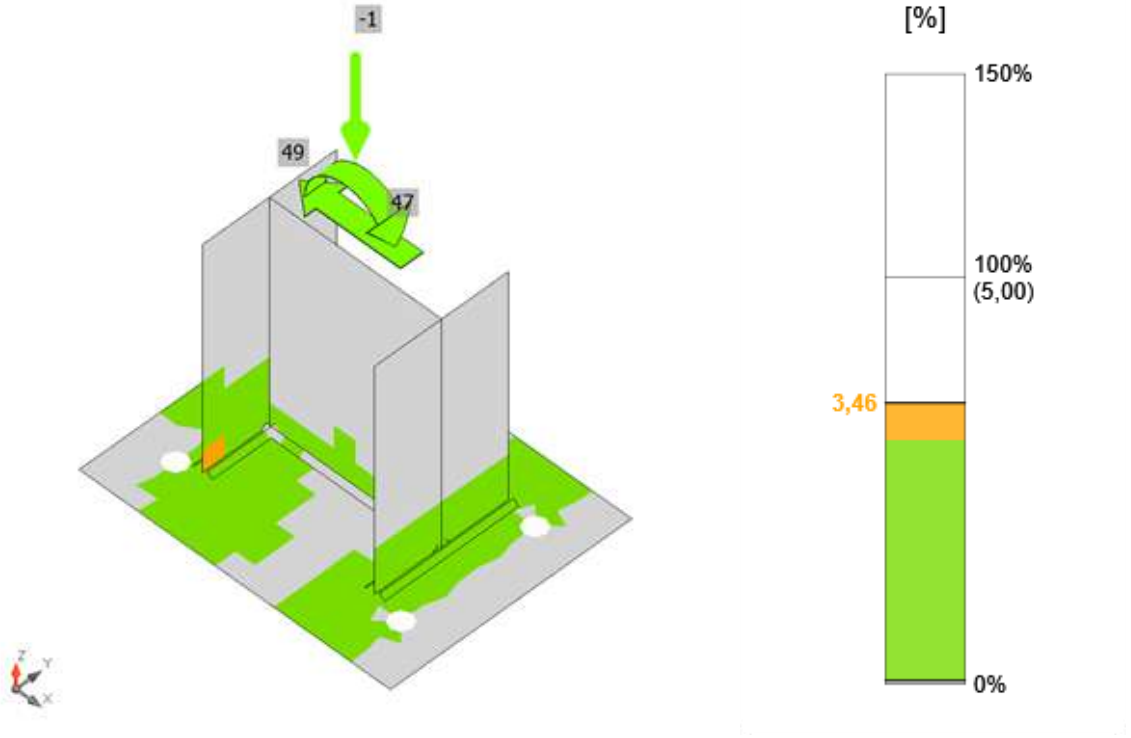
Nombre	Valor	Estado de la verificación
Análisis	100,0%	OK
Placas	3,5 < 5,0%	OK
Anclajes	90,3 < 100%	OK
Soldaduras	90,8 < 100%	OK
Bloque de hormigón	82,9 < 100%	OK
Pandeo	No calculado	

Placas

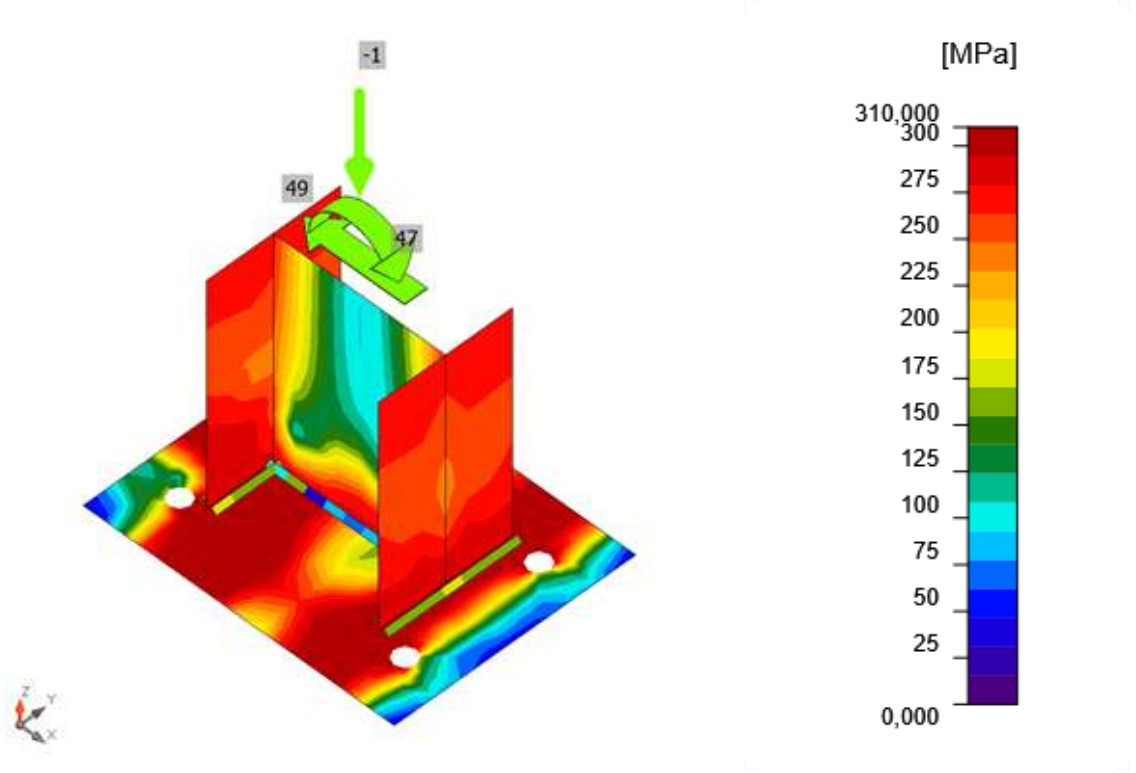
Nombre	Material	f_y [MPa]	Espesor [mm]	Cargas	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	σc_{Ed} [MPa]	Estado de la verificación
COL-bfl 1	A500, Gr. C	317	10	LE-MC1	287	0,84	0	OK
COL-tfl 1	A500, Gr. C	317	10	LE-MC1	292	3,46	0	OK
COL-w 1	A500, Gr. C	317	6	LE-MC1	270	0,21	0	OK
BP1	A572 Gr.50	345	15	LE-MC1	315	2,40	0	OK

Datos de diseño

Material	Ry [-]	f_y [MPa]	Cpr [-]	ε_{lim} [%]
A500, Gr. C	1	317	1	5,00
A572 Gr.50	1	345	1	5,00

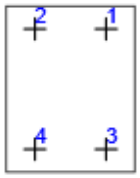


Verificación de deformación, LE-MC1



Tensión equivalente, LE-MC1

Anclajes

Forma	Ítem	Cargas	N_f [kN]	V [kN]	Ut_t [%]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Detallado	Estado
	A1	LE-MC1	113	12	90,27	17,34	89,71	Aceptar	OK
	A2	LE-MC1	113	12	90,28	17,34	89,72	Aceptar	OK
	A3	LE-MC1	0	13	0,00	18,31	5,90	Aceptar	OK
	A4	LE-MC1	0	13	0,00	18,31	5,90	Aceptar	OK

Datos de diseño

ϕN_{sa} [kN]	ϕV_{sa} [kN]
125	70

Resultado detallado para A1

Resistencia a tracción del anclaje (ACI 318-14 – 17.4.1)

$\phi N_{sa} = \phi \cdot A_{se,N} \cdot f_{uta} =$ 125 kN ≥ $N_f =$ 113 kN

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,N} =$ 215 mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Resistencia a cortante (ACI 318-14 – 17.5.1)

$\phi V_{sa} = \phi \cdot 0,6 \cdot A_{se,V} \cdot f_{uta} =$ 70 kN ≥ $V =$ 12 kN

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,V} =$ 215 mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Interacción tracción-cortante (ACI 318-14 – R17.6)

${U_{tt}}^{5/3} + {U_{ts}}^{5/3} =$ 1 ≤ 1,0

Donde:

$U_{tt} = 1$ – máxima ratio entre fuerza de tracción factorizada y resistencia a tracción determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

$U_{ts} = 0$ – máxima ratio entre esfuerzo cortante factorizado y resistencia a cortante determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

Armado suplementario (ACI 318-14 – 17.4.2.9; ACI 318-14 – 17.5.2.9)

El refuerzo suplementario debe resistit la fuerza de: 225 kN en tracción y 49 kN a cortante

Resultado detallado para A2

Resistencia a tracción del anclaje (ACI 318-14 – 17.4.1)

$$\phi N_{sa} = \phi \cdot A_{se,N} \cdot f_{uta} = \quad 125 \quad \text{kN} \quad \geq \quad N_f = \quad 113 \quad \text{kN}$$

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,N} = 215$ mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} = 827$ MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Resistencia a cortante (ACI 318-14 – 17.5.1)

$$\phi V_{sa} = \phi \cdot 0,6 \cdot A_{se,V} \cdot f_{uta} = \quad 70 \quad \text{kN} \quad \geq \quad V = \quad 12 \quad \text{kN}$$

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,V} = 215$ mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} = 827$ MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Interacción tracción-cortante (ACI 318-14 – R17.6)

$$U_{tt}{}^{5/3} + U_{ts}{}^{5/3} = \quad 1 \quad \leq \quad 1,0$$

Donde:

$U_{tt} = 1$ – máxima ratio entre fuerza de tracción factorizada y resistencia a tracción determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

$U_{ts} = 0$ – máxima ratio entre esfuerzo cortante factorizado y resistencia a cortante determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

Armado suplementario (ACI 318-14 – 17.4.2.9; ACI 318-14 – 17.5.2.9)

El refuerzo suplementario debe resistit la fuerza de: 225 kN en tracción y 49 kN a cortante

Resultado detallado para A3

Resistencia a tracción del anclaje (ACI 318-14 – 17.4.1)

$\phi N_{sa} = \phi \cdot A_{se,N} \cdot f_{uta} =$ 125 kN ≥ $N_f =$ 0 kN

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,N} =$ 215 mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Resistencia a cortante (ACI 318-14 – 17.5.1)

$\phi V_{sa} = \phi \cdot 0,6 \cdot A_{se,V} \cdot f_{uta} =$ 70 kN ≥ $V =$ 13 kN

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,V} =$ 215 mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Interacción tracción-cortante (ACI 318-14 – R17.6)

${U_{tt}}^{5/3} + {U_{ts}}^{5/3} =$ 0 ≤ 1,0

Donde:

$U_{tt} = 0$ – máxima ratio entre fuerza de tracción factorizada y resistencia a tracción determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

$U_{ts} = 0$ – máxima ratio entre esfuerzo cortante factorizado y resistencia a cortante determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

Armado suplementario (ACI 318-14 – 17.4.2.9; ACI 318-14 – 17.5.2.9)

El refuerzo suplementario debe resistit la fuerza de: 225 kN en tracción y 49 kN a cortante

Resultado detallado para A4

Resistencia a tracción del anclaje (ACI 318-14 – 17.4.1)

$$\phi N_{sa} = \phi \cdot A_{se,N} \cdot f_{uta} = \quad 125 \quad \text{kN} \quad \geq \quad N_f = \quad 0 \quad \text{kN}$$

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,N} = 215$ mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} = 827$ MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Resistencia a cortante (ACI 318-14 – 17.5.1)

$$\phi V_{sa} = \phi \cdot 0,6 \cdot A_{se,V} \cdot f_{uta} = \quad 70 \quad \text{kN} \quad \geq \quad V = \quad 13 \quad \text{kN}$$

Donde:

$\phi = 1$ – factor de resistencia

$A_{se,V} = 215$ mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} = 827$ MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Interacción tracción-cortante (ACI 318-14 – R17.6)

$$U_{tt}{}^{5/3} + U_{ts}{}^{5/3} = \quad 0 \quad \leq \quad 1,0$$

Donde:

$U_{tt} = 0$ – máxima ratio entre fuerza de tracción factorizada y resistencia a tracción determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

$U_{ts} = 0$ – máxima ratio entre esfuerzo cortante factorizado y resistencia a cortante determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

Armado suplementario (ACI 318-14 – 17.4.2.9; ACI 318-14 – 17.5.2.9)

El refuerzo suplementario debe resistit la fuerza de: 225 kN en tracción y 49 kN a cortante

Weld sections

Ítem	Borde	Xu	T_h [mm]	L_s [mm]	L [mm]	L_c [mm]	Cargas	F_n [kN]	ϕR_n [kN]	Ut [%]	Detallado	Estado
BP1	COL-bfl 1	E70xx	◢6◣	◢9◣	124	18	LE-MC1	28	37	75,14	Aceptar	OK
		E70xx	◢6◣	◢9◣	124	18	LE-MC1	30	37	80,96	Aceptar	OK
BP1	COL-tfl 1	E70xx	◢6◣	◢9◣	125	18	LE-MC1	30	33	90,77	Aceptar	OK
		E70xx	◢6◣	◢9◣	125	18	LE-MC1	28	34	84,46	Aceptar	OK
BP1	COL-w 1	E70xx	◢6◣	◢9◣	160	18	LE-MC1	21	37	57,52	Aceptar	OK
		E70xx	◢6◣	◢9◣	160	18	LE-MC1	20	26	75,96	Aceptar	OK

Resultado detallado para BP1 / COL-bfl 1 - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-10: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 37 kN ≥ $F_n =$ 28 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 434 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 483 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 89° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 113 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / COL-bfl 1 - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-10: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 37 kN ≥ $F_n =$ 30 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 434 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 483 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 89° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 113 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / COL-tfl 1 - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-10: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 33 kN ≥ $F_n =$ 30 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 394 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 483 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 53° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 113 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / COL-tfl 1 - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-10: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 34 kN ≥ $F_n =$ 28 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 395 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 483 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 54° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 113 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / COL-w 1 - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-10: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 37 kN ≥ $F_n =$ 21 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 431 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 483 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 80° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 113 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / COL-w 1 - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-10: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 26 kN ≥ $F_n =$ 20 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 305 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 483 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 13° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 113 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Bloque de hormigón

Ítem	Cargas	A_1 [mm2]	A_2 [mm2]	σ [MPa]	Ut [%]	Estado
CB 1	LE-MC1	19221	18618	12	82,92	OK

Resultado detallado para CB 1

Comprobación de la resistencia a compresión del bloque de hormigón (AISC 360-10 Section J8)

$\phi_c f_{p,max} =$ 15 MPa ≥ $\sigma =$ 12 MPa

Donde:

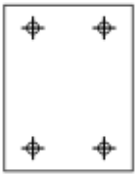
$f_{p,max} =$ 23 MPa – resistencia de cálculo a aplastamiento del bloque de hormigón:

- $f_{p,max} = 0,85 \cdot f'_c \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1,7 \cdot f'_c$, donde:
  - $f'_c =$ 28 MPa – resistencia a compresión del hormigón
  - $A_1 =$ 19221 mm^2 – Área de la placa base en contacto con la superficie de hormigón
  - $A_2 =$ 18618 mm^2 – Superfície de apoyo del hormigón

$\phi_c = 1$ – factor de resistencia para el hormigón

Listado de material

Operaciones

Nombre	Placas [mm]	Forma	Nº	Soldaduras [mm]	Longitud [mm]	Tornillos	Nº
BP1	P15x225,0-290,0 (A572 Gr.50)		1	Doble tendón de soldadura: a = 6	410,5	3/4 A325	4

Soldaduras

Tipo	Material	Espesor de garganta [mm]	Tamaño de pierna [mm]	Longitud [mm]
Doble tendón de soldadura	E70xx	6	9	410,5

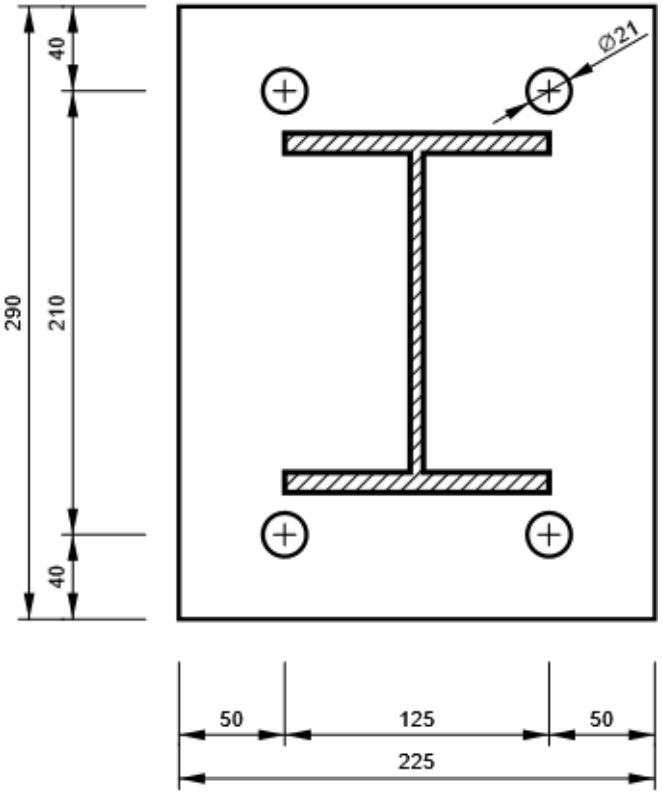
Anclajes

Nombre	Longitud [mm]	Longitud del taladro [mm]	Cuenta
3/4 A325	115	100	4

Dibujo

BP1

P15x290-225 (A572 Gr.50)



Explicación del símbolo

Símbolo	Explicación del símbolo
R_y	Factor de sobrerresistencia del material
ε_{Pl}	Deformación
f_y	Límite elástico
ε_{lim}	Límite de la deformación plástica
γ_{sh}	Endurecimiento por deformación
*	Elemento disipado
N_f	Fuerza de tracción
V	Resultante de las fuerzas cortantes Vy, Vz en el tornillo.
Ut	Utilización
Ut_s	Utilización a cortante
Ut_{ts}	Utilización a tensión y cortante EN 1993-1-8 tabla 3.4
ϕN_{sa}	Resistencia del acero a tracción – ACI 318-14 – 17.4.1
φV_{sa}	Resistencia del acero a cortante – ACI 318-14 – 17.5.1
T_h	Espesor de garganta de soldadura
L_s	Tamaño de la soldadura
L	Longitud de la soldadura
L_c	Longitud del elemento de soldadura crítico
F_n	Fuerza en el elemento crítico de la soldadura
Rn/Ω_w	Resistencia de la soldadura, AISC 360-10 J2.4
A_1	Área cargada
A_2	Área de soporte
σ	Tensión media en el hormigón

Configuración de la norma

Ítem	Valor	Unidad	Referencia
Coeficiente de fricción - hormigón	0	-	ACI 349 – B.6.1.4
Coeficiente de fricción en la resistencia a deslizamiento	0	-	AISC 360-10 J3.8
Deformación plástica límite	0	-	
Evaluación de la tensión de la soldadura	Redistribución plástica		
Detallado	Sí		
Distancia entre tornillos [d]	3	-	AISC 360-10 – J3.3
Distancia entre tornillos y el borde [d]	1	-	AISC 360-10 – J.3.4
Resistencia al arrancamiento del cono de hormigón	Ninguno		
Resistencia del metal base en la cara de fusión de la soldadura	No		AISC 360-10: J2-2
Hormigón fisurado	Sí		ACI 318-14 – Chapter 17
Comprobación de la deformación local	Sí		
Deformación límite local	0	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
No linealidad geométrica (GMNA)	Sí		Grandes deformaciones para secciones huecas

PROYECTO

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

CONTIENE

PROCEDIMIENTO REPARACION SUPERFICIAL, PLACA (DECK) PUENTES

CONSULTOR

VICTOR A. HERNANDEZ G.
Ingeniero Civil_U de C
Especialista Estructuras_ECI

Noviembre de 2025

PROYECTO
DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

PROCEDIMIENTO REPARACION SUPERFICIAL, PLACA (DECK) PUENTES

VHG-PRS DECK- PTE LA BALSA_V0.0

ORIGINAL

BOGOTA D.C, noviembre de 2025

VERSIÓN 0.0 Vigente desde: 10/11/2025		
Elaboró: Ing. Víctor Hernández G. Fecha: 09/11/2025	Revisó: Fecha:	Aprobó: Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo: Especialista en Estr...	Cargo: Especialista en Estr. Interv.	Cargo:

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETO 4
2. ALCANCE 5
3. DOCUMENTOS REFERENCIA 5
4. CAUSAS DEL DETERIORO 5
5. ACCIONES PARA SEGUIR 6
   - 5.1. Equipos y Herramientas 7
   - 5.2. Proceso reparación 7
   - 5.3. Control de Calidad 9
   - 5.4. Reapertura al trafico 9

PROCEDIMIENTO REPARACION SUPERFICIAL, PLACA (DECK) PUENTES

Reparación 1 – Afectaciones en espesores de losa ≤ H/3. H= Espesor Losa

1. OBJETO

La rehabilitación de la superficie expuesta de la placa (deck) del puente comprende un conjunto de actividades orientadas a la restauración, corrección y mejora de las zonas deterioradas, con el propósito de prolongar la vida útil del elemento y optimizar su desempeño estructural. El proceso se centra en atender daños superficiales donde se evidencia pérdida de recubrimiento del acero de refuerzo y desgaste superficial, tal como se observa en el registro presentado. Estas intervenciones buscan recuperar la capacidad estructural de la losa y garantizar su resistencia frente a las cargas y condiciones de servicio a las que se encuentra sometida.

Una rehabilitación adecuada, como la que aquí se define, no solo incrementa la durabilidad de la superficie intervenida, sino que también contribuye a mejorar la seguridad de la infraestructura y a reducir los costos asociados al mantenimiento en el largo plazo.

Alternativas como la aplicación de mezclas asfálticas sobre la condición actual de la placa no ofrecen una solución estructural. Aunque pueden mejorar temporalmente el aspecto superficial, no permiten restituir la capacidad portante comprometida por las patologías expuestas y documentadas en el registro previo.



Desgaste superficial y pérdida del concreto de recubrimiento del refuerzo en la placa (deck) del puente, evidenciándose acero de refuerzo expuesto.

2. ALCANCE

La presente especificación establece las disposiciones generales, los materiales, equipos y procedimientos de ejecución para el trabajo de reparar superficialmente la placa – deck del puente La BALSA, deteriorada la aplicación del mortero cementoso, siempre que no existan indicios de deterioro estructural profundo.

3. DOCUMENTOS REFERENCIA

- Inspección Ocular INF._VHG-PEB-JI_INSP. PTE La Balsa_v0.0. Ing. Victor Hernandez G.
- Especificaciones del INVIAS (última edición).
- ACI 546R – Concrete Repair Guide.
- ACI 224R – Control of Cracking in Concrete Structures.
- ASTM C1583 – Pull-off Strength of Coatings and Repairs.

4. CAUSAS DEL DETERIORO

Las principales **causas del deterioro en losas de concreto en puentes vehiculares** incluyen el desgaste por uso continuo, la exposición a condiciones climáticas adversas y los daños estructurales:

- **Desgaste por uso constante**

El **uso continuo** de pavimentos ya sea por tránsito de personas, vehículos o maquinaria, provoca un **desgaste progresivo** de la superficie. Este desgaste se manifiesta en la aparición de grietas, fisuras y pérdida de la capa superior. Con el tiempo, el pavimento disminuye su capacidad de soportar las cargas diarias, **afectando tanto a su funcionalidad como a su seguridad**.

- **Exposición a factores climáticos**

El pavimento está constantemente **expuesto a cambios climáticos** que aceleran su deterioro. La lluvia, el sol y los cambios bruscos de temperatura provocan **fisuras, deformaciones y erosión en la superficie**. En climas fríos, la congelación y descongelación del agua infiltrada en la placa agrava estos daños, mientras que, en los calurosos, la radiación solar constante hace que los materiales **pierdan flexibilidad**.

- **Daños estructurales o asentamientos**

Los **daños por movimiento de la placa al paso vehicular** generan asentamientos y grietas que comprometen su estabilidad. Estos daños estructurales **afectan a la capacidad de la placa para soportar el tráfico**, y si no se corrigen a tiempo, pueden derivar en fallos más graves.

5. ACCIONES PARA SEGUIR

El presente procedimiento aplica a losas afectadas en una profundidad no mayor a **H/3**, siendo **H** el espesor total de la losa. En estos casos, no es necesario demoler la losa en toda su sección.

Para el caso particular de la losa en concreto del puente vehicular **La Balsa**, la afectación superficial presenta un espesor promedio de aproximadamente **30 mm**. Este valor, comparado con el espesor total de la placa (**200 mm**, verificado en sitio), se encuentra por debajo de la limitante previamente establecida. En consecuencia, resulta procedente aplicar el **procedimiento de revestimiento general de la superficie** desarrollado en el presente documento.



Medidas sección transversal puente LA BALSA – Trabajo de campo.

Los revestimientos y recubrimientos consisten en la aplicación de una **nueva capa protectora sobre la superficie del pavimento** para restaurar su funcionalidad y mejorar su apariencia. Esta técnica **refuerza y renueva la estética** del pavimento, **aumentando su resistencia** a la humedad, el tráfico y la radiación solar. Es importante tener en cuenta que el revestimiento no solo mejorará la apariencia de la placa de concreto, sino que además permitirá recuperar su funcionalidad estructural. Al sellar fisuras, grietas y baches, se obtiene una superficie uniforme y segura, adecuada para las condiciones de servicio.

5.1. Equipos y Herramientas

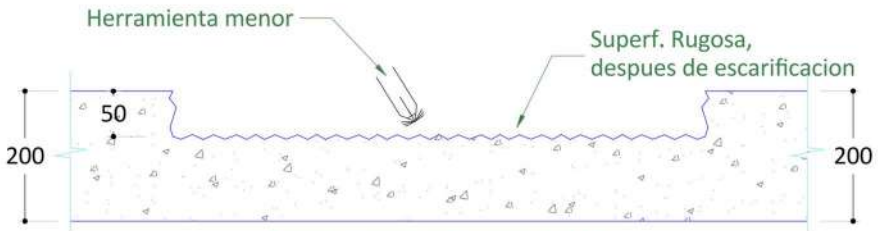
- Camión mezclador de concreto o equipo mezclador en obra
- Vibrador de concreto
- Herramienta menor

5.2. Proceso reparación

- **Preparación de Superficie**

Efectuar una **escarificación superficial** de manera manual hasta una profundidad de 50mm para eliminar toda la película de concreto intemperizado, o hasta encontrar afectación no más allá de H/3, para afectaciones más allá de H/3, se deberá efectuar sustitución de todo el espesor de la losa. Si se miden profundidades actuales del orden de **45mm +/- 5mm la escarificación** no será necesaria, bastara que se lave la superficie con detergente y cepillo de fibra para eliminar todos los elementos que pudieran evitar la adherencia del concreto nuevo; como polvo manchas de grasa o aceites, pinturas, etc. Y se aplique reparación con Mezcla Tipo C

Una vez concluida la **preparación de la superficie**, se deberán **identificar y localizar** los **defectos por fisuración y/o agrietamiento**. Posteriormente, según el tipo y la magnitud del daño detectado, se deberá aplicar el **procedimiento VHG-PRF-001-PTE-DECK_V0.0** o el **procedimiento VHG-PRG-001-PTE-DECK_V0.0**, según corresponda.



Escarificacion superficial

- **Material de adherencia**

Con el fin de generar una reparación monolítica se recomienda el uso de un adhesivo epóxico **tipo EPOTOC 1:1 (*) o DURALPREP AC (*)**, para la unión entre el mortero de reparación y el concreto existente, utilizar **EPOTOC L (*)** en caso de tener un tiempo prolongado de instalación del mortero.

(*) o producto de características equivalentes.



Impriacion superficial

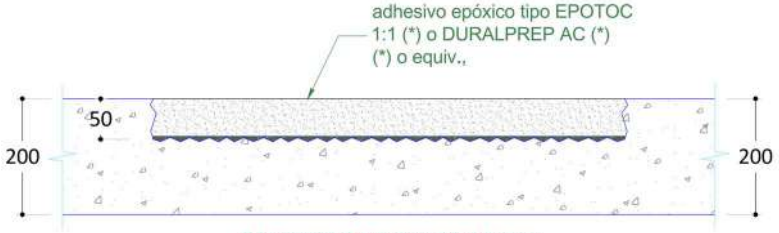
- **Concreto Hidráulico - Colocación del concreto.**

a) Mezcla Tipo A (concreto de alta resistencia inicial): Debe desarrollar resistencias que sean mayores o iguales a los 28 MPa (280 kg/cm2) en menos de 24 horas. Este se utiliza cuando se requiere una apertura rápida del tránsito.

b) Mezcla Tipo B (concreto de alta resistencia y fraguado normal): Debe desarrollar resistencias mayores o iguales a los 28 MPa (280 kg/cm2). Se puede usar cuando la zona intervenida puede protegerse del tránsito por al menos 24 horas.

c) Mezcla Tipo C (morteros de resina epóxica y concreto epóxico): Esta alternativa se utiliza para reparaciones menores a los 40 mm de profundidad. En estos casos se recomienda el uso del mortero **VERSASPEED 100(*)** "Mortero para reparación horizontal de rápido endurecimiento" o **EUCOFAST (*)** "Mortero de fragüe acelerado para parcheo y reparación".

(*) o producto de características equivalentes.



MORTERO DE REPARACION

Debe tomarse mayor cuidado en la **compactación y el curado**, porque estas dos operaciones son la clave final para la buena adherencia. Es muy importante la compactación por vibrado con regla vibratoria; el curado se puede lograr con membranas o con agua atomizada hasta que la endurezca la superficie lo suficiente, para recibir material húmedo (tela húmeda) sin dañar el acabado. Esta última es necesaria cuando la temperatura es mayor de 32° C, o la humedad relativa es baja y la velocidad del viento es alta.

- **Curado:**

Para asegurar una reparación con la resistencia y durabilidad especificada, es necesario curar adecuadamente el mortero instalado, se recomienda el uso de una membrana de curado tipo **CURASEAL PF (*).** Para evitar la pérdida rápida de humedad durante el proceso de colocación se debe hacer uso de un retardante de evaporación tipo **EUCOBAR (*)** como complemento, antes del proceso de curado.

(*) o producto de características equivalentes.

Nota: Cuando los daños causados por las fallas requieren de una reparación del todo el espesor de la losa, se requiere el levantamiento total de la losa del concreto.

5.3. Control de Calidad

- Verificación del perfil de rugosidad.
- Monitoreo del consumo y lote de materiales.
- Ensayo de adherencia “pull-off”, (mín. 1.0 MPa típico).
- Revisión de espesores y uniformidad del acabado.

5.4. Reapertura al trafico

- Solo después de que el material haya alcanzado la resistencia inicial especificada.
- Señalización temporal adecuada hasta la apertura.

PROYECTO

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

CONTIENE

PROCEDIMIENTO REPARACION FISURAS PLACA (DECK) PUENTES

CONSULTOR

VICTOR A. HERNANDEZ G.
Ingeniero Civil_U de C
Especialista Estructuras_ECI

Octubre de 2025

PROYECTO
DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

PROCEDIMIENTO REPARACION SUPERFICIAL, PLACA (DECK) PUENTES

VHG-PRF 001 - PTE - DECK_V0.0

ORIGINAL

BOGOTA D.C, octubre de 2025

VERSIÓN 0.0 Vigente desde: 08/10/2025		
Elaboró: Ing. Víctor Hernández G. Fecha: 06/10/2025	Revisó: Fecha:	Aprobó: Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo: Especialista en Estr...	Cargo: Especialista en Estr. Interv.	Cargo:

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETO 4
2. ALCANCE 4
3. DOCUMENTOS REFERENCIA 4
4. CAUSAS DEL DETERIORO 4
5. ACCIONES PARA SEGUIR 6
   5.1. Identificación y diagnóstico 6
   5.2. Definición del método de reparación 6
6. PROCEDIMIENTO 7
   6.1. Equipos y Herramientas 7
   6.2. Preparación de superficie 7
   6.3. Proceso reparación 7
      a) Inyección con resina epóxica 7
      b) Sellado superficial 7

PROCEDIMIENTO REPARACION FISURAS, PLACA (DECK) PUENTES REPARACION FISURAS

1. OBJETO

Restablecer la monoliticidad, estanqueidad, durabilidad y apariencia del concreto, garantizando el comportamiento estructural y funcional del elemento a lo largo de su vida útil.

2. ALCANCE

El presente procedimiento tiene por alcance establecer las **actividades, materiales, equipos, criterios y controles técnicos necesarios** para la **identificación, preparación y reparación de fisuras** en elementos de concreto estructural o no estructural, con el propósito de **restablecer la integridad, durabilidad y funcionalidad** del elemento afectado.

En el presente documento identificamos las fisuras como:

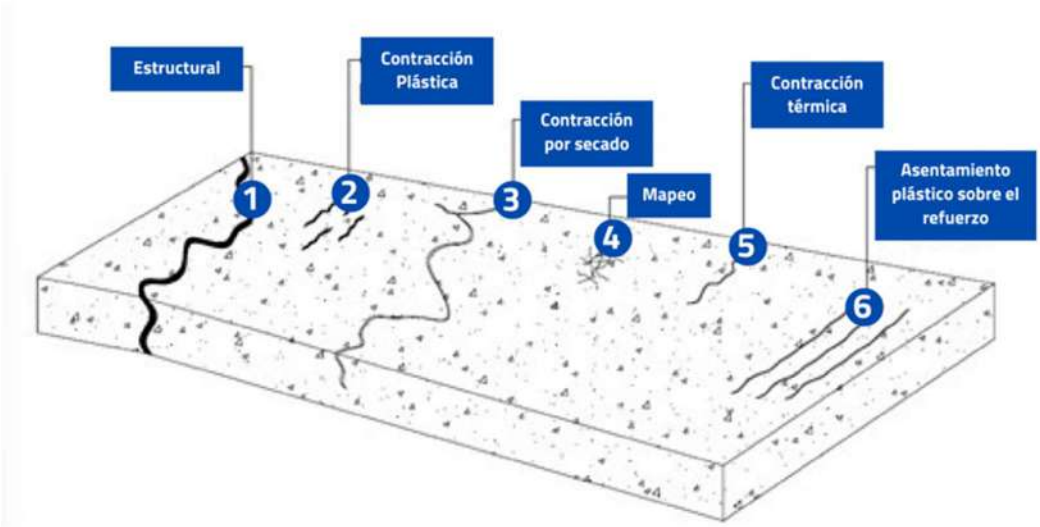
- **Abertura delgada**, generalmente **entre 0.3 y 0,8 mm** de ancho.
- Puede ser superficial o extenderse en parte del espesor del elemento.
- Indica tensiones internas (por retracción, cambios térmicos, cargas, asentamientos, etc.) pero no siempre implica falla estructural.

3. DOCUMENTOS REFERENCIA

Inspección Ocular INF._VHG_PEB-JI_INSP. PTE MARIANO OSPINA_v0.0

4. CAUSAS DEL DETERIORO

Las fisuras en el concreto pueden tener diversas causas y manifestaciones, y su clasificación proporciona información valiosa para abordar adecuadamente los problemas de integridad estructural y aplicar las estrategias de reparación necesarias. Algunos de los tipos de fisuras comunes en el concreto pueden ser:



Tomado de ADMIS – diciembre 15 de 2023

- **Fisuras por sobrecarga:** Cargas externas que exceden la capacidad de carga del concreto. también esfuerzos continuos por trafico
- **Contracción Plástica:** Perdida de agua durante la hidratación y endurecimiento inicial del concreto
- **Contracción por secado:** Perdida de agua por evaporación después del fraguado del concreto
- **Mapeo:** Diferencias en la absorción de agua de agregados o revestimientos.
- **Contracción Térmica:** Variaciones en la temperatura que causan expansión y contracción en el concreto
- **Asentamiento Plástico sobre el Concreto Estructural.:** Deformación plástica del concreto debido a cargas sostenidas
- **Corrosión de Armaduras:** Corrosión de las armaduras de refuerzo que expanden su volumen
- **Efecto de Alcalinidad – Agregado:** Reacciones químicas entre álcalis del cemento y ciertos agregados

5. ACCIONES PARA SEGUIR

5.1. Identificación y diagnóstico

- Inspeccionar visualmente **la estructura para ubicar y registrar las fisuras existentes.**
- Medir ancho, longitud y orientación **(fisurómetro o lupa graduada).**
- Determinar profundidad y continuidad **de la fisura (ensayo con aguja o líquidos penetrantes).**
- Evaluar si la fisura está activa o pasiva, observando si cambia con el tiempo o por variaciones térmicas/cargas.
- Analizar la causa (retracción, temperatura, asentamiento, carga estructural, corrosión, etc.).
- Clasificar según su severidad y tipo (estructural o no estructural).

5.2. Definición del método de reparación

Seleccionar el procedimiento según el tipo y severidad de la fisura:

- Superficiales / no estructurales: **sellado o recubrimiento. Aplican en este procedimiento**
- Finas / pasivas: **inyección con resina epóxica. Aplican en este procedimiento**
- Anchas / activas: **selladores flexibles o resinas de poliuretano. No Aplican en este procedimiento**
- Con filtraciones: **inyección de resinas hidrofílicas o hidrofóbicas. No Aplican en este procedimiento**
- **Considerar las** condiciones de servicio **(presencia de humedad, exposición, temperatura, cargas). Aplican en este procedimiento**

6. PROCEDIMIENTO

6.1. Equipos y Herramientas

- Camión mezclador de concreto o equipo mezclador en obra
- Vibrador de concreto
- Herramienta menor

6.2. Preparación de superficie

Objetivo: Garantizar una adecuada adherencia y limpieza de la zona.
Actividades:

- Eliminar polvo, grasa, pinturas o partículas sueltas.
- Ampliar levemente la fisura (en forma de "V" o "U") si se usará mortero o sellador superficial.

6.3. Proceso reparación

a) Inyección con resina epóxica

- Sellar superficialmente la fisura con epóxico tixotrópico dejando boquillas (puertos de inyección) cada 20–30 cm.
- Inyectar desde el punto más bajo (en posición vertical) o desde un extremo (en horizontal).
- Mantener presión constante hasta observar salida del material por el siguiente puerto.
- Curado según especificación del producto (usualmente 24–48 h).

b) Sellado superficial

- Aplicar sellador epóxico, poliuretano o mortero modificado con polímeros (ver nota)
- Extender al menos 2–3 cm a cada lado de la fisura.
- Permitir curado completo antes de aplicar recubrimientos o pinturas protectoras.

NOTA: El **mortero modificado con polímeros** es un material de construcción que resulta de combinar polímeros con el mortero de cemento tradicional. Mientras que el mortero convencional se compone principalmente de **cemento, arena y agua** en proporciones específicas, el mortero modificado incorpora aditivos poliméricos a la mezcla.

Entre los polímeros más utilizados se encuentran los **polvos poliméricos redispersables** y las **emulsiones poliméricas**, como las **acrílicas** y **estireno-acrílicas**. Estos polímeros se dispersan uniformemente dentro de la matriz del mortero, actuando de manera sinérgica con el cemento y los agregados para conferirle **propiedades mejoradas** en cuanto a **adherencia, flexibilidad, impermeabilidad y durabilidad**.

PROYECTO

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

CONTIENE

VERIFICACION ESTRUCTURAL MURO CORTINA EN PILOTES

(Base Jarillón - margen izquierda aguas abajo del puente La Balsa)

CONSULTOR

VICTOR A. HERNANDEZ G.
Ingeniero Civil_U de C
Especialista Estructuras_ECI

Diciembre de 2025

PROYECTO
DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

VERIFICACION ESTRUCTURAL MURO CORTINA EN PILOTES (Base Jarillón - margen izquierda aguas abajo del puente La Balsa)

VHG-MT_Pte La Balsa- MR Cortina Pilotes._v0

ORIGINAL

BOGOTA D.C, diciembre de 2025

VERSIÓN 0.0 Vigente desde: 15/12/2025		
Elaboró: Ing. Víctor Hernández G. Fecha: 13/12/2025	Revisó: Fecha:	Aprobó: Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo: Especialista en Estructuras	Cargo: Especialista en Estructuras.	Cargo:

VHG & ASOCIADOS LTDA.	Proyecto: Pte. La Balsa	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 15/12/2025
	Asunto: Verificación estructural CORTINA PILOTES	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

1.- OBJETO:

Verificación estructural de Muro Cortina conformado por tubería estructural

2. -LOCALZACION:

Base Jarillón de la margen izquierda aguas abajo del puente La Balsa

3. -NORMAS DISEÑO:

CCP-14

4. -DOCUMENTOS REFERENCIA:

Ficha Técnica GEOTECNIA: NT-001_GEOTEC_PTE-BALSA_DUI

INF._VHG-PEB-JI_INSP. PTE La Balsa_v0.0

5. -MATERIALES

Mortero Relleno: **f'c=** 28,00 Mpa

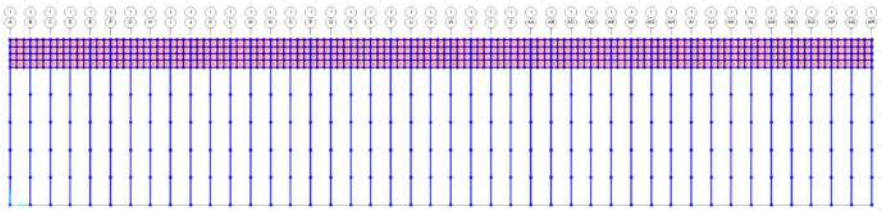
Tubería: **D=** 6" e= 7,11 mm **fy=** 350 Mpa **Fu=** 450 Mpa

6 -GEOMETRIA MURO

H= 1,00 m **(Expuesta)**

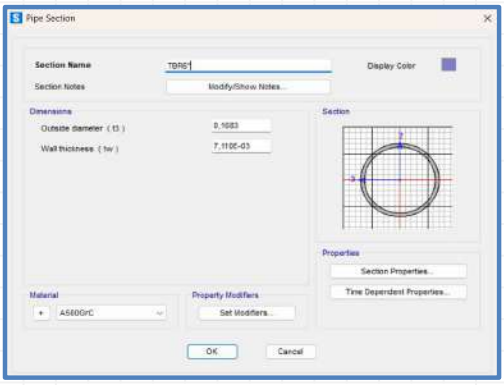
Hs= 5,00 m **(Enterrada)**

S= 0,50 m **(Separación TB Libre)**



Sap2000-V24.2.0 - Modelo Matemático

Nota: Se definió un elemento tipo "Shell" para en este aplicar la carga por empuje (EH) y por Sismo (EQ)

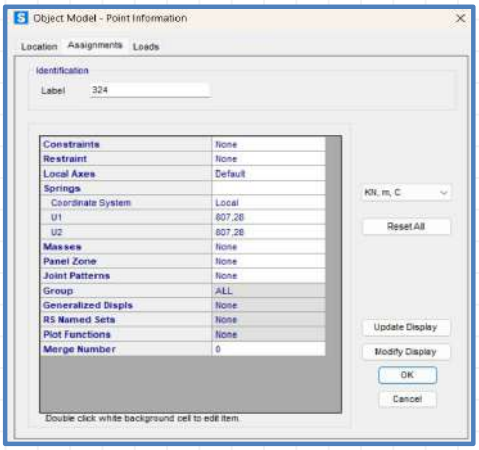


Sap2000-V24.2.0 - Sección Tubería

Nota: No se considero Tubo lleno. Se tiene en cuenta No para resistencia, si no para protección interior



Sap2000-V24.2.0 - Material Tubería



Sap2000-V24.2.0 - Asignación Ks

Ks (Nodo)= Ks * 1m * 0.67m=

Ks (Nodo)= 807,3 kN/m

7.- PROPIEDADES SUELO - CALCULO K_a y K_{AE}

θ=	90,00	o
β=	10,00	o
ι=	0,00	o
ϕ=	30,00	o
ϕ_r=	30,00	o
δ=	0,00	o
γ_s=	2.040,81	kg/m^3
Ks=	122.949,00	kg/m^2/m

$$\Gamma = \left[1 + \sqrt{\frac{sen(\phi+\delta)\,sen(\phi-\beta)}{sen(\theta-\delta)\,sen(\theta+\beta)}}\right]^2 = 2{,}01$$

$$k_a = \frac{sen^2(\theta+\phi)}{\Gamma\left[sen^2\theta\, sen(\theta-\delta)\right]} = 0{,}374$$

Fpga = 1,2 PGA = 0,2

K_{ho}= F_{pga} (PGA) = 0,24

$$\theta = arc\tan\left(\frac{k_h}{1-k_v}\right) = 6{,}84\ ^o$$

Kh= coef. De aceleración htal= 0.50 K_{ho}= 0,12 num. 11.6.5.2.1 - CCP14

Kv= coeficiente de aceleración vertical= 0,0 num. 11.6.5.2.2 - CCP14

Para ϕ =30° > i + v ==>> num. 11.6.5.2.3 - CCP14

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi-\theta-\beta)}{\cos\theta\cos^2\beta\cos(\delta+\beta+\theta)\left[1+\sqrt{\frac{sen(\phi+\delta)sen(\phi-\theta-i)}{\cos(\delta+\beta+\theta)\cos(i-\beta)}}\right]^2} = 0{,}485$$

8.0- EMPUJES

8.1 -PRESIONES LATERALES TERRENO

Lateral del terreno, **EH** = Ka γ_s H= **762,61** kg/m2/m

Lateral del terreno, _**EH_1** = 1/2*Ka γ_s H^2= **381,30** kg/m

8.2 -CARGA EQ (acción sísmica)

Efecto combinado de P_{AE} y P_{IR}

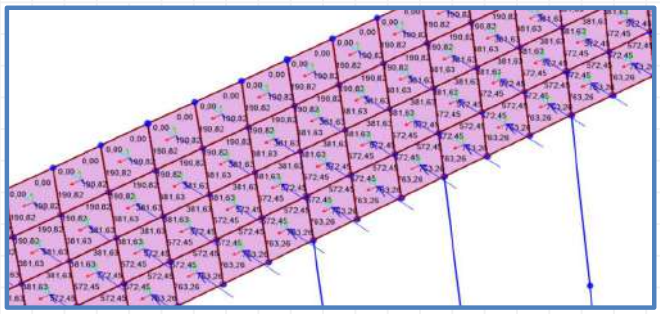
P_{AE} = **1/2 K_{AE} γ_t H^2=** 494,71 kg/m

Cargas EQ_{terr} **TIPO** **EQ**

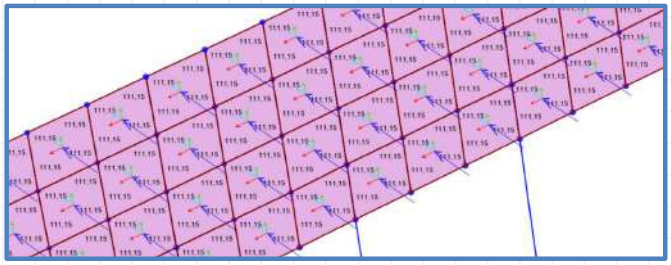
Acción sísmica del terreno, EQ_{terr}

$_EQ_{terr}$ = P_{AE} - $_EH_1$= 113,4 kg/m

Y_{EQ} = 0,5 m



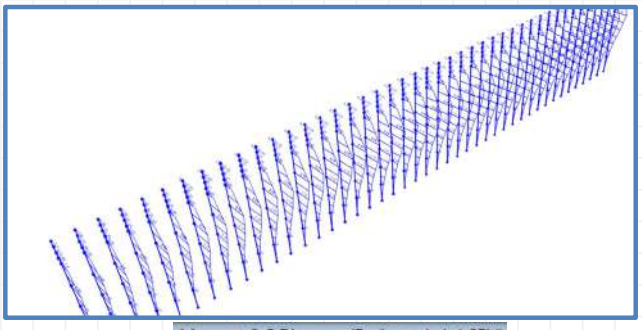
Sap2000-V24.2.0 - Asignación Carga EH



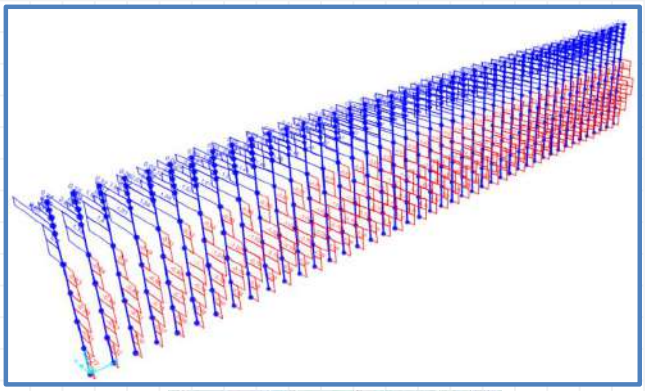
Sap2000-V24.2.0 - Asignación Carga EQ

9.0- ANALISIS Y DISEÑO - VERIFICACION

9.1 -Resultados Análisis



Moment 2-2 Diagram (Resistencia I: 1.5EH)



Shear Force 3-3 Diagram (Resistencia I: 1.5EH)

9.2 -Diseño - Verificación Resistencia

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame :	291	X Mid:	14,96	Combo:	Resistencia I: 1Design Type: Column
Length:	1,	Y Mid:	0,	Shape:	TBR6" Frame Type: OMF
Loc :	0,	Z Mid:	4,5	Class:	Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0, AlphaPr/Pe=0, Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=0,004 I33=1,172E-05 r33=0,057 S33=1,392E-04 Av3=0,002
J=2,343E-05 I22=1,172E-05 r22=0,057 S22=1,392E-04 Av2=0,002
E=199947978,8 Fy=344737,894 Ry=1,1 z33=1,849E-04 Cw = Not Required
RLLF=1, Fu=427474,989 z22=1,849E-04

HSS Welding: ERW Reduce HSS Thickness? No

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo Resistencia I: 1.5EH)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	0,	0,	2,747	0,	1,475	-7,149E-16

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
D/C Ratio: 0,048 = 0, + 0, + 0,048
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,785

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	0,	1092,272	1117,092

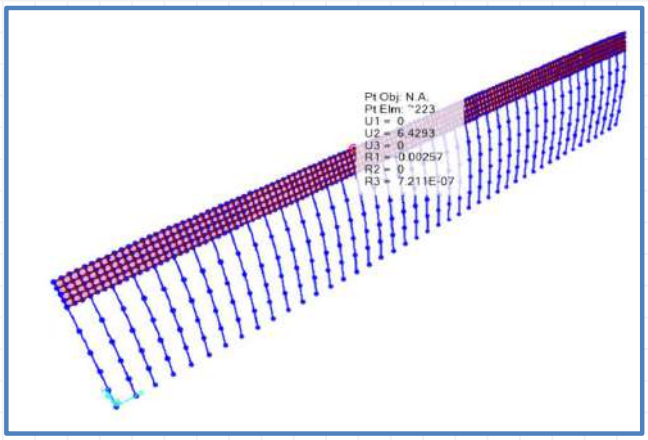
	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	0,	57,353	57,353	57,353
Minor Moment	2,747	57,353		

	Tu Moment	Tn Capacity	phi*Tn Capacity
Torsion	-7,149E-16	60,021	54,019

SHEAR CHECK

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	0,	335,128	0,	OK
Minor Shear	1,475	335,128	0,004	OK

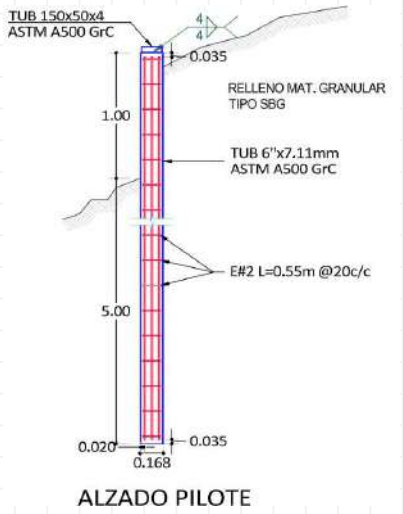
9.3 -Deformaciones



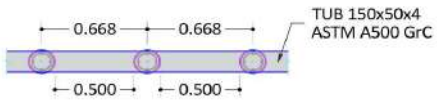
Deformed Shape (EH)

Dmax (criterio) =1%H= 10 mm > 6,43 mm OK

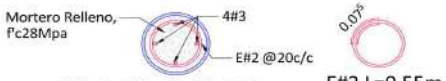
10 -DETALLES DISEÑO



ALZADO PILOTE



CORTINA PILOTES - PLANTA



Pilote, TB - D=6"x7.11mm
ASTM A500 Gr.C

E#2 L=0.55m

DETALLE PILOTE

11 -CONCLUSIONES

Se efectuó un análisis estructural a partir de la construcción de un modelo matemático, el cual fue estructurado conforme a las indicaciones establecidas en la ficha técnica de Geología, identificada en el numeral 4. DOCUMENTOS DE REFERENCIA.

Para los estados límite de resistencia a flexión y cortante, la sección de la tubería presenta niveles de solicitación muy inferiores a la capacidad nominal de los elementos, condición que se cumple incluso sin considerar la contribución de los morteros de relleno al interior de la sección.

Para los estados límite de servicio, se estableció como criterio una deformación máxima en la corona de la cortina equivalente al 1 % de la altura expuesta. El valor así definido resulta mayor que el obtenido a partir del análisis, de manera que la relación demanda/capacidad es de 0,643.
Como puede observarse, aunque este valor se aproxima al límite adoptado, se mantiene dentro de los rangos admisibles, lo que justifica la adopción de la sección propuesta.

Si bien el relleno al interior de la tubería no fue considerado en el análisis de capacidad ni en el de estados de servicio, se considera recomendable su inclusión como una medida de protección del interior de la sección tubular metálica. En consecuencia, dicho relleno deberá incorporarse, provisto de una cuantía mínima de refuerzo, conforme a lo indicado en el detalle constructivo.

Con el fin de que la cortina se comporte en toda su extensión como una unidad homogénea y compacta frente a la acción de las cargas de empuje, y de que el sistema estructural quede definido por la rigidez del conjunto y no por el comportamiento de elementos independientes, se recomienda enlazar todos los tubos mediante una viga continua en la corona de la cortina, tal como se propone en el detalle de diseño.

CONSORCIO INTER MAP–LAR

PLAN DE MANEJO DE TRANSITO

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander
NIT: 901978204-1

CONSORCIO PEB – JI
901.977.234-8

INFORME PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO (PMT)

CONTRATO DE OBRA PÚBLICA No.
CO1.PCCNTR.8186181/2833 DE 2025

OBJETO: DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

ENTIDAD CONTRATANTE: GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

CONSORCIO PEB – JI
901.977.234-8

CONTRATO DE OBRA PÚBLICA No. CO1.PCCNTR.8186181/2833 DE 2025

DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIEGO DE DAÑO Y/O COLPASO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EL EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 DE 2024 DE 24 DE MAYO DE 2025

Contenido:

PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO DEL PUENTE LA BALSA EN EL MUNICIPIO DE DUITAMA UBICADO EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

BOYACÁ – 2025

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

Resumen: El presente Plan de Manejo de Tránsito tiene como propósito establecer las medidas necesarias para garantizar la seguridad y movilidad de todos los actores viales durante la ejecución del proyecto. Se busca proteger a conductores, pasajeros, peatones, ciclistas, usuarios de movilidad activa y personal de obra, mediante la implementación de señalización y dispositivos de control adecuados. Las medidas adoptadas pretenden asegurar una circulación segura en las zonas de intervención, minimizando las alteraciones a las condiciones normales de tránsito y garantizando, al mismo tiempo, la protección de los trabajadores y de los usuarios de la vía.

Palabras claves: Vía, plan, transito, señalización, vehículos.

Idioma: Español	Número de copias:	Número de páginas: 56
Documentos complementarios:		Clasificación de Seguridad:
Notas del destinario:		

REVISIÓN No. 0	**FECHA**	**NOMBRE**	
		CONSORCIO PEB-JI	
		PROYECTÓ	**CARGO**
AUTOR	29/09/2025	GIOVANNI FRANCISCO LAZARO CORREA	DIRECTOR DE OBRA
AVALA	29/09/2025	MAIRA ALEJANDRA PICÓN GARCIA	DIRECTOR DE INTERVENTORIA

1. INTRODUCCIÓN DEL COMPONENTE

El presente proyecto consiste en el informe del Plan de Manejo de Tránsito (PMT) el cual hace parte del CONTRATO DE OBRA PÚBLICA No. CO1.PCCNTR.8186181/2833 DE 2025 con el objeto de "DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025", todo esto con el propósito de mitigar el impacto generado por la alteración de las condiciones normales de circulación, garantizando la seguridad de los trabajadores y los trabajos, por tanto, se requiere la realización del Plan de Manejo de Tránsito (PMT), cuya implementación y desarrollo estará a cargo de la firma contratista, supervisada por la interventoría y la supervisión con el apoyo de la dirección de tránsito del departamento de Boyacá. El presente PMT se implementará armonizado con el cronograma de obra presentado por el contratista para la ejecución de las actividades del proyecto.

El PMT está basado en el Manual de Señalización Vial - Dispositivos para el control del tránsito en calles, carreteras y ciclo rutas de Colombia, del Ministerio de Transporte, edición 2024. Así mismo, El PMT que se expone en este informe corresponde a las situaciones que afectan el tránsito normal sobre las vías, derivado por las actividades a ejecutar sobre los puentes ubicados en el departamento de Boyacá.

Por tal razón es de impetuosa necesidad generar un plan de señalización y manejo de tránsito con el fin de dar seguridad y contar con la prevención y movilidad del tráfico existente, tanto vehicular como peatonal en el tiempo en que dure la ejecución de estas obras.

2. OBJETIVOS DEL COMPONENTE

2.1. OBJETIVO GENERAL:

Mitigar el impacto generado por las obras durante la construcción del proyecto, con el propósito de brindar un ambiente seguro, ordenado, ágil y cómodo a los conductores, pasajeros, ciclistas, peatones, personal de la obra y vecinos del lugar, en cumplimiento a las normas establecidas para la regulación del tránsito.

El presente Plan de Manejo de Tránsito se refiere al proyecto de "DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025".

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Procurar la seguridad e integridad de los usuarios, peatones y trabajadores.
- Evitar en lo posible la restricción u obstrucción de los flujos vehiculares y peatonales.
- Ofrecer a los usuarios una señalización clara y de fácil interpretación, que les facilite la toma de decisiones en forma oportuna, ágil y segura.
- Prestar atención continua a la seguridad en las vías dentro del área de influencia de la obra en ejecución.

3. INFORMACION GENERAL

3.1. RESPONSABIIDAD DEL ESTUDIO:

ENTIDAD CONTRATANTE: GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

INTERVENTORÍA: CONSORCIO INTER MAP-LAR

EJECUTOR: CONSORCIO PEB-JI

3.2. INFORMACIÓN DE LA ZONA:

La Secretaría de Infraestructura Pública de Boyacá ha establecido que, como consecuencia de la fuerte ola invernal que atraviesa el departamento, se han presentado graves afectaciones en la infraestructura vial, registrándose emergencias en más de 21 municipios. Las principales problemáticas corresponden a pérdidas de banca, deslizamientos, remoción de material y daños estructurales en puentes.

Ante la magnitud de los daños, y en el marco de los decretos de calamidad pública expedidos, se formuló un plan específico orientado a las fases de respuesta y recuperación, priorizando intervenciones inmediatas en los puntos críticos. Dicho plan contempla la ejecución de medidas de mitigación que garanticen la seguridad estructural y la continuidad en la conectividad vial del departamento.

El deterioro de estas infraestructuras impacta de forma directa el desarrollo económico y social de la región, afectando el transporte de productos agrícolas, pecuarios, mineros, turísticos y comerciales, así como el acceso oportuno a los servicios esenciales de salud y educación. Las restricciones o interrupciones en la red vial generan sobrecostos logísticos, pérdidas económicas, limitaciones en la atención de emergencias médicas, suspensión de jornadas escolares y mayor exposición de la población a riesgos asociados a la inestabilidad de la infraestructura.

Por lo anterior, resulta técnica y socialmente necesario ejecutar intervenciones inmediatas bajo la modalidad de obras por emergencia, en el marco de la atención al fenómeno de La Niña. El objetivo principal es restablecer de manera oportuna la operación segura de los puentes afectados, prevenir el agravamiento de los daños existentes y proteger la integridad de las comunidades directamente impactadas.

Dentro de los puentes priorizados para intervención, se han definido ocho frentes de obra, cuya ejecución se realizará conforme a la disponibilidad de recursos asignados. Cabe precisar que, debido a la magnitud de la afectación, es posible que los recursos no sean suficientes para atender la totalidad de las estructuras afectadas, por lo que se intervendrán de manera prioritaria aquellos puntos de mayor criticidad y riesgo para la movilidad y seguridad de los usuarios.

El Puente La Balsa, objeto del presente Plan de Manejo de Tránsito, se localiza en el municipio de Duitama, en la provincia de Tundama del departamento de Boyacá, dentro de un entorno urbano–industrial con alta dinámica vehicular y comercial. El puente cumple un papel estratégico dentro de la movilidad urbana y regional, al permitir el tránsito de vehículos particulares, transporte público, motocicletas, peatones y carga, especialmente aquella asociada a actividades industriales, logísticas y comerciales.

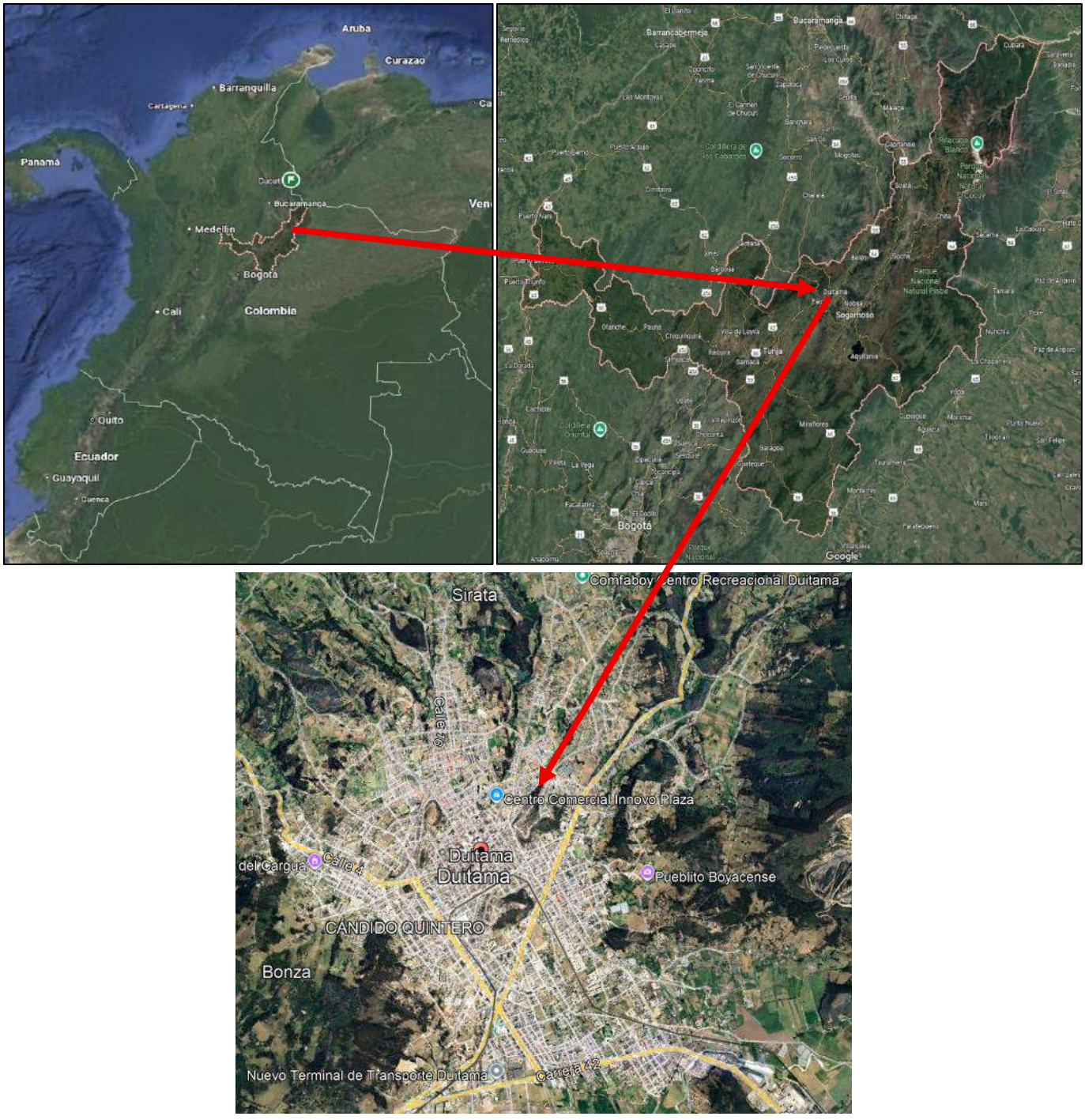
Para una mejor comprensión del área de intervención, la información geográfica se presentará de manera progresiva, a partir de un contexto nacional hasta el detalle específico:

Mapa de Colombia: Se ilustra la ubicación del departamento de Boyacá dentro del territorio nacional, como referencia inicial de localización.

Mapa del Departamento de Boyacá: Se ilustran los municipios.

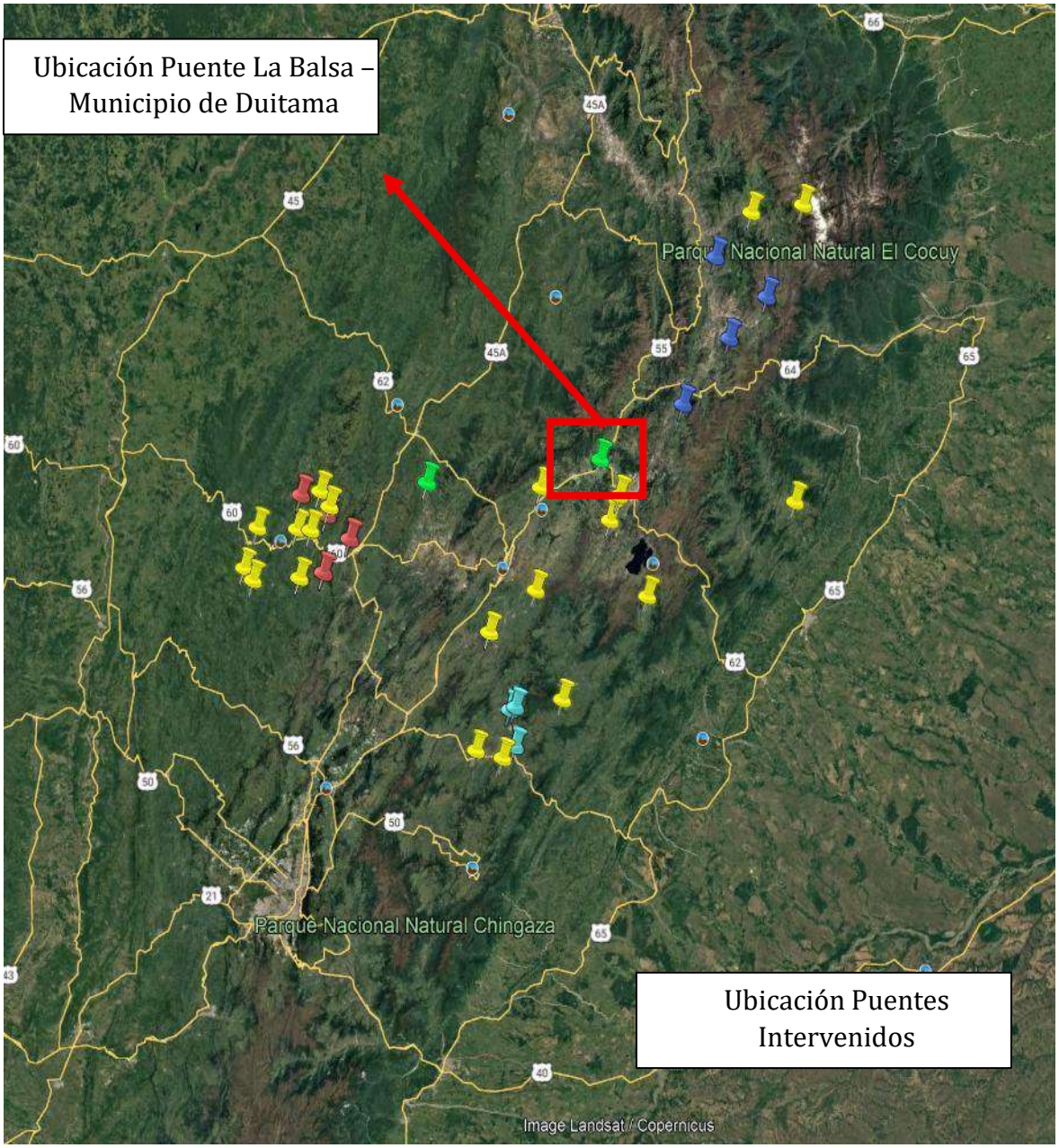
Localización general de los puentes priorizados: Se ilustra un plano con la ubicación de los puentes que presentan afectaciones.

Figura 1. Macro Localización del Proyecto



Fuente: Google Earth

Figura 2. Micro Localización del proyecto



Fuente: Google Maps

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

3.3. TIPO DE OBRA:

La construcción de las obras del proyecto comprende en forma general las siguientes actividades:

- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SEÑAL DE TRANSITO PREVENTIVA, REGLAMENTARIA O INFORMATIVA DE 60 x 60 CM.
- ROCERIA A CADA LA LADO DE LA VIA Y/0 ZONAS NECESARIAS PARA BUENA VISIBILIDAD. (INCLUYE ACARREO LIBRE HASTA 5 KM).
- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BARANDA METÁLICA. (INCLUYE ANTICORROSIVO PRIMER Y ESMALTE).
- LIMPIEZA DE PONTONES Y BOX COULVERT, INCLUYE RECTIFICACION DE DESCOLES CON RETIRO DE SOBRANTES Y OBSTACULOS. (INCLUYE ACARREO LIBRE HASTA 5 KM).
- EXCAVACIÓN DE CORTES, CANALES Y PRESTAMOS EN MATERIAL COMUN A MAQUINA. (INCLUYE CARGUE Y ACARREO LIBRE HASTA 5 KM.)
- CONFIGURACIÓN Y COMPACTACIÓN SUBRASANTE CBR=95%
- CARGUE Y TRANSPORTE DE MATERIALES SUELTOS, PRODUCTO DE SOBRANTES Y/O DERRUMBES (INCLUYE ACARREO LIBRE HASTA 5 KM.).
- DEMOLICIÓN OBRAS EN CONCRETO REFORZADO, INCLUYE CARGUE Y RETIRO DE SOBRANTES CON ACARREO LIBRE HASTA 5 KM.).
- RELLENO CON MATERIAL DE AFIRMADO COMPACTADO RANA Y/O VIBROCOMPACTADOR
- TRANSPORTE DE MATERIAL DE AFIRMADO Y/O GRANULAR SUELTO (MEDIDO EN BANCO) DESPUÉS DE 5 KM
- LOCALIZACION Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO PARA OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL
- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ADHERENTE EPOXICO PARA CONCRETOS. TIPO SIKADUR 32 O SIMILAR
- MORTERO TIPO GROUTING DE 28 Mpa. (4000 PSI) ACELERADO
- EMPRADIZACION DE TALUDES CON BLOQUES DE CESPED SEGUN NORMA INVIAS. (INCLUYE ACARREO
- LIBRE HASTA 5 KM.).
- MICROPILOTE HINCADO MEDIANTE PILOTEADORA ENCAMISADO INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBO EN ACERO SCH 40 D=6" Y CONCRETO GROUTING DE 28 MPA
- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL T, RESIST ULTIMA A LA ROTURA (TIRA ANCHA) =69 KN/M PARA ESTABILIZACION SUBRASANTE/CAPAS SEPARACION SUBRASANTE/CAPAS GRANULARES Y/O SUBDRENES/FILTROS

3.4. TIEMPOS DE EJECUCIÓN:

El tiempo de ejecución de las actividades de obra estará sujeto al cronograma general de construcción, el cual se encuentra organizado en ocho (8) frentes de trabajo bajo la modalidad de monto agotable. La priorización de las intervenciones se definirá a partir del diagnóstico a realizar sobre los puentes afectados, estableciéndose un plazo total estimado de cuatro (4) meses para la ejecución de las obras.

3.5. MAQUINAS POR EMPLEAR:

Para la construcción del proyecto se dispondrá de maquinaria y equipos especializados, los cuales estarán sujetos a inspecciones permanentes con el fin de verificar el adecuado estado de funcionamiento, el cumplimiento de la normatividad de señalización vial, el transporte seguro de maquinaria pesada y el manejo responsable de materiales. Todo ello se realizará en concordancia con lo establecido en el Código Nacional de Tránsito Terrestre y demás disposiciones vigentes.

Los principales equipos para utilizar son los siguientes:

- Gadañadora (Cilindraje 41.5 cm3)
- Compresor de aire portátil con accesorios
- Equipo de corte de acero incluye consumibles
- Equipo de soldadura de 400 AMP
- Retroexcavadora sobre orugas (capacidad 220 HP)
- Motoniveladora potencia mínima 120 HP y max 215 HP
- Vibrocompactador de rodillo liso (Capacidad mínima de 15 Ton)
- Retroexcavadora (Capacidad 100 HP)
- Compresor de 250 CFM con martillo neumático
- Pulidora

- Cargador frontal o similar (Capacidad mínima 3.5 Ton)
- Vibrocompactador rana (HR)
- Equipo de topografía (estación total, nivel y accesorios)
- Mezcladora (Incluye combustible)
- Herramientas menores (martillos demoledores, taladros, vibradores de concreto, etc.).

3.6. USO PREDOMINANTE DEL SUELO:

En el área de influencia del proyecto, correspondiente al departamento de Boyacá, el uso del suelo presenta una alta diversidad derivada de sus condiciones geográficas, culturales y productivas. De manera general, se destacan los siguientes usos predominantes:

- Uso agrícola: Boyacá se caracteriza por ser uno de los principales productores agrícolas del país, con cultivos de papa, cebolla, maíz, trigo, cebada,

  hortalizas y frutales. Estos cultivos se desarrollan tanto en pequeñas parcelas campesinas como en áreas de producción a mayor escala.

- Uso pecuario: la ganadería bovina, ovina y caprina tiene una importante presencia en zonas rurales, complementada con actividades avícolas y de cría de especies.

- Uso minero: en diferentes municipios se adelantan procesos de extracción de carbón, esmeraldas, arcillas, calizas y materiales de construcción, actividad que constituye una fuente de ingresos significativa para el departamento.

- Uso residencial rural y urbano: se presenta en las cabeceras municipales, centros poblados y en viviendas campesinas dispersas en veredas, que forman parte de la estructura social del territorio.

- Uso turístico y cultural: Boyacá posee una vocación turística importante gracias a su patrimonio histórico, arquitectónico, natural y religioso, con municipios de interés y de gran atractivo.

- Forestal: en zonas altas se encuentran coberturas boscosas naturales y áreas de reforestación.

El desarrollo de las intervenciones proyectadas sobre la infraestructura vial, particularmente en puentes y accesos, tiene incidencia directa sobre estos usos del suelo, al mejorar la movilidad, la conectividad y el acceso a servicios esenciales, dinamizando la economía local y regional.

En el área de influencia inmediata del Puente La Balsa, el uso del suelo es predominantemente urbano–industrial, con presencia de zonas residenciales, establecimientos comerciales, bodegas, industrias y equipamientos urbanos. Esta diversidad de usos incrementa la demanda sobre la infraestructura vial, por lo que la adecuada operación del puente resulta fundamental para la movilidad, la productividad y el desarrollo económico del municipio de Duitama.

3.7. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE INFLUENCIA:

La zona de influencia corresponde al proyecto de "DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR

EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025". Dichas vías por intervenir presentan tráfico de bajo, medio y alto impacto debido a que conecta a vías municipales, primarias, secundarias y terciarias del departamento de Boyacá.

La zona de influencia del proyecto, correspondiente a los distintos municipios del departamento de Boyacá donde se ubican los puentes priorizados, presenta una amplia diversidad en cuanto a usos del suelo, condiciones físicas y presencia de sitios especiales de interés ambiental, social y cultural.

La zona de influencia del Puente La Balsa corresponde a un entorno urbano consolidado, caracterizado por una alta interacción entre tránsito vehicular, transporte público, peatones y vehículos de carga. La vía cumple un papel esencial en la articulación de la malla vial urbana de Duitama y en el acceso a sectores industriales y comerciales, por lo que cualquier intervención sobre el puente genera impactos directos sobre la movilidad local.

3.8. SITIOS ESPECIALES:

En el área de influencia de los puentes se identifican sitios con valor ambiental, cultural y social, entre ellos:

- Áreas naturales y cuerpos hídricos: quebradas, ríos y microcuencas que cumplen funciones de abastecimiento hídrico y soporte ecosistémico (ej. río Negro, río Pisba, río Sáchica, quebrada Tobasía, quebrada Cacó, entre otras).
- Áreas de conservación y páramos: presencia de ecosistemas de alta montaña como el Páramo de Pisba, Páramo de La Cortadera y otros

relictos boscosos que requieren especial protección.

- Patrimonio histórico y cultural: municipios con valor arquitectónico y cultural, así como resguardos indígenas en áreas puntuales.
- Centros poblados y equipamientos: escuelas rurales, centros de salud básicos, cascos urbanos de municipios y veredas que dependen de la conectividad vial.

En el entorno del Puente La Balsa se identifican sitios de interés social, económico y ambiental, asociados a zonas industriales, comerciales y al cuerpo hídrico urbano. La presencia constante de usuarios vulnerables y de tránsito pesado exige la implementación de medidas de señalización clara, delimitación de áreas de obra y canalización segura del tránsito peatonal y vehicular, con el fin de prevenir incidentes durante la ejecución de las obras.

3.9. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

El territorio donde se desarrollan las intervenciones presenta las siguientes características físicas:

- Topografía: El municipio de Duitama se localiza sobre el altiplano cundiboyacense, presentando una topografía suave a moderadamente ondulada, con sectores urbanos desarrollados en terrazas naturales. En el sector del Puente La Balsa, el terreno presenta pendientes bajas, lo que favorece la operación vehicular, pero exige especial atención en la delimitación de zonas de obra debido al alto flujo de tránsito.

- Clima: Duitama presenta un clima frío–templado, con temperaturas moderadas y presencia de lluvias estacionales. Durante los periodos de precipitación, se incrementa el riesgo de reducción de visibilidad,

superficies resbaladizas y aumento del caudal del cuerpo hídrico, factores que deben ser considerados dentro del Plan de Manejo de Tránsito mediante señalización preventiva y control permanente.

- Hidrografía: El cuerpo hídrico La Balsa hace parte de la red hidrográfica del municipio de Duitama, cumpliendo funciones de drenaje urbano.

  En temporadas de lluvia intensa, presenta incrementos de caudal que pueden generar afectaciones en los accesos al puente, condicionando las actividades de obra y la regulación del tránsito.

- Geología y suelos: Los suelos del sector corresponden a depósitos aluviales y materiales sedimentarios propios del altiplano boyacense, generalmente estables en condiciones normales. No obstante, la saturación por lluvias puede afectar localmente la capacidad portante en los accesos al puente, justificando la adopción de medidas preventivas dentro del PMT.

- Accesibilidad: El Puente La Balsa forma parte de la red vial municipal urbana, con tránsito moderado a alto, presencia de transporte público, peatones y flujo constante de vehículos de carga asociados a actividades industriales y comerciales. La estructura constituye un punto crítico para la movilidad urbana, por lo que el Plan de Manejo de Tránsito debe priorizar la continuidad del flujo vehicular y la seguridad de todos los usuarios.

La intervención de dicha estructura es prioritaria para garantizar la movilidad segura, la integración territorial y la reducción del riesgo de aislamiento en comunidades vulnerables afectadas por la ola invernal.

4. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

Las estrategias para el manejo temporal del tránsito por obras civiles deben apoyarse en los siguientes principios fundamentales:

- La seguridad de los usuarios en áreas de control temporal del tránsito, debe ser un elemento integral y de alta prioridad de todo proyecto.
- La circulación vial deberá ser restringida u obstruida lo menos posible.
- Los conductores y los peatones deben ser guiados de manera clara mediante dispositivos, mientras se aproximan y atraviesan la zona de las obras.
- Con el propósito de asegurar niveles de operación aceptables, se deben realizar inspecciones rutinarias de los elementos de regulación del tránsito.
- Debido al incremento potencial de riesgos, durante la regulación temporal del tránsito, la seguridad en la zona debe tener constante atención.
- Para la toma de decisiones de trabajo, cada persona, cuyas acciones afectan el control temporal del tránsito, debe recibir entrenamiento adecuado, desde el nivel superior del personal administrativo hasta el personal de campo.
- La regulación del tránsito a través de las áreas de trabajo es una parte esencial en la ejecución de obras.

Es importante considerar la difusión de los trabajos por desarrollar, con el propósito de que se tenga un conocimiento por parte de los usuarios de las vías y los habitantes de la zona.

5. METODOLOGÍA

El desarrollo del plan de manejo del tránsito en la zona de influencia de las obras comprende las etapas siguientes:

- Conocimiento de las características de las obras.
- Identificación de las características generales de la zona de influencia de la obra.
- Toma de información básica requerida para elaborar el plan de manejo del tránsito.
- Diseño del plan de manejo del tránsito.
- Puesta en marcha del plan de manejo del tránsito.
- Supervisión del plan de manejo del tránsito.

6. PLAN DE SEÑALIZACIÓN DENTRO DEL ÁREA A INTERVENIR

Cuando se ejecuten obras en la vía de construcción, rehabilitación, mantenimiento y las actividades relacionadas con las intervenciones inmediatas bajo la modalidad de obras por emergencia, y que de acuerdo a la necesidad se priorizarán para inicio de obras, de acuerdo a los ocho frentes de obras definidos (intervenciones que se harán hasta agotar el recurso disponible para tal fin), por un lapso de 4 meses, se presentan condiciones especiales y transitorias que pueden afectar la circulación normal de los usuarios de la vía.

Dichas situaciones serán atendidas aplicando normas y medidas técnicas apropiadas, que se incorporan al desarrollo del proyecto, cualquiera sea su importancia o magnitud, con el objeto de reducir el riesgo de siniestros viales y hacer más segura y expedita la circulación de los usuarios.

Para facilitar el manejo de la obra y acorde con la infraestructura disponible, en el plan general de manejo de tráfico se utilizará la señalización de acuerdo con lo estipulado en las normas del ministerio de transporte y el tránsito municipal de la siguiente forma:

- Se dispondrá de señales del tipo informativas y de precaución, instaladas en sitios específicos localizados a lo largo del proyecto, que sirvan para informar en forma general que se construirá determinada obra.
- Se dispondrá de señales tipo preventivas temporales en el sitio específico donde se desarrollará el tramo a construir en el día a día del proyecto.
- Se dispondrán de señales tipo preventivas en los puntos donde por

motivo de razones constructivas se deban tener holguras en el desarrollo de las actividades.

- Se dispondrá de barricadas, delineadores tubulares, cinta preventiva e iluminación reflectiva (sea el caso), en el tramo a ejecutar actividades por los horarios programados y en el momento que no se ejecuten obras.

El Plan general de Manejo de Tránsito tiene como objetivo mitigar el impacto que puedan ejercer las actividades a ejecutar por el proyecto de "DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025", de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Manual de Señalización Vial 2024 y con lo relacionado en planes de manejo de tránsito, la zona de influencia para obras de interferencia considerables como lo es este proyecto.

Manejo del Tránsito Vehicular: Para efectos de contrarrestar los impactos negativos sobre la circulación vehicular particular, que inevitablemente se generaran en el desarrollo de la obra, este PMT propone un horario de restricción vehicular temporal de la siguiente manera:

- La vía será intervenida en diferentes jornadas de trabajo. En horario diurno, las labores se realizarán de lunes a viernes entre las 7:00 a.m. y las 5:00 p.m., y los sábados de 7:00 a.m. a 12:00 p.m. Adicionalmente, debido a las condiciones de la obra, se prevé que en ciertos períodos se trabaje de lunes a domingo, en los horarios previamente indicados o en jornada extendida.

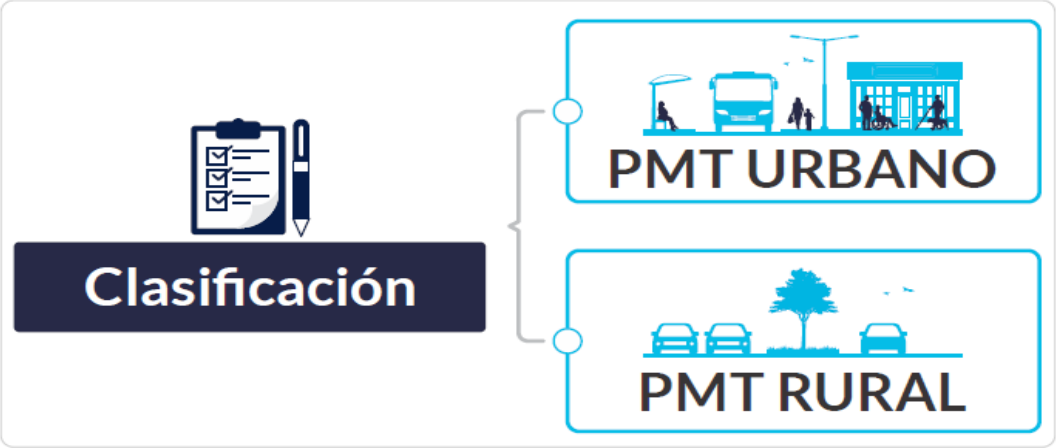
- La intervención se llevará a cabo en los 8 frentes de trabajo de acuerdo con el cronograma de obra. Durante las obras, se implementarán cierres parciales por carril con una duración de 15 minutos, coordinados por auxiliares de tránsito ubicados en cada extremo, quienes permitirán el paso alternado de los vehículos. Todo el proceso contará con señalización vertical y será supervisado por controladores viales abanderados.

Así mismo, teniendo en cuenta la diversidad de ubicaciones a definir en la priorización, se prevé regular el tránsito mediante señalización de "Ceda el paso" en aquellos puntos con bajo volumen vehicular.

Por lo tanto, como se menciona anteriormente la vía a intervenir tendrá cierre parcial por carril en el tiempo en que se ha especificado en ítems anteriores hasta que se finalicen las actividades de obra.

Teniendo en cuenta que la ejecución de obras se puede desarrollar en vías urbanas o rurales, de acuerdo con la clasificación de cada puente, el plan de manejo de tránsito se clasifica en PMT urbano y PMT rural.

Figura 3. Clasificación PMT



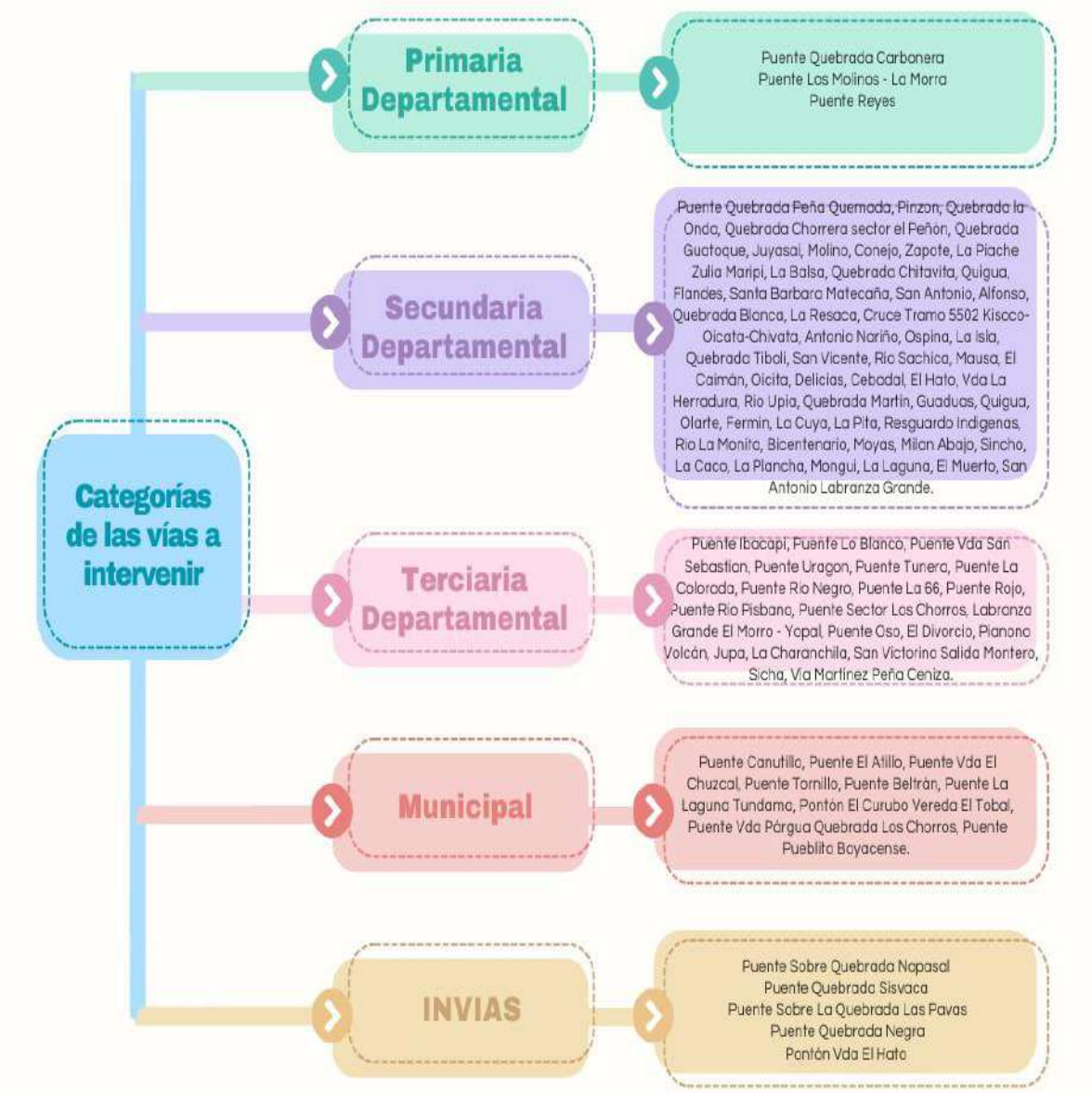
Fuente: MSV INVIAS 2024

De acuerdo con la complejidad en el análisis, estudio y diseño del PMT, que depende de la magnitud e impacto de la obra a ejecutarse, se establece en:

Categoría II. Obras de mediano impacto, Intervenciones o interferencias viales de mediana afectación a la movilidad y accesibilidad de los residentes y comercio del sector, ocasionadas por actividades, obras civiles, disposición de materiales u objetos y/o eventos que afecten el desplazamiento de los usuarios y/o a vías colectoras, que requieren la adecuación de un carril en contraflujo.

Teniendo en cuenta el listado de puentes a intervenir presentado en la Tabla 1, en la cual se especifica la categoría de cada uno, se presenta a continuación el resumen correspondiente.

Figura 4. Clasificación de las vías a intervenir.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Porcentaje categorías de las vías a intervenir



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la clasificación de las estructuras analizadas, se concluye que la mayor proporción de puentes se localiza en la red secundaria departamental, con un 58,89% del total, lo que refleja la relevancia de este tipo de vías dentro del sistema de conectividad regional. En segundo lugar, se encuentran los puentes en la red terciaria departamental (22,22%), los cuales, aunque de menor participación porcentual, cumplen un papel fundamental en la integración de las zonas rurales con los centros urbanos. El porcentaje restante corresponde a las vías municipales (10%), las vías a cargo del INVÍAS (5,56%) y la red primaria departamental (3,33%), evidenciando que, si bien su participación es menor, constituyen corredores estratégicos de movilidad.

En particular, el Puente La Balsa, ubicado en el municipio de Duitama, se clasifica dentro de la red vial municipal urbana, dado que presta servicio tanto a la movilidad local como al transporte de carga y al acceso a sectores industriales y comerciales. Esta condición implica una alta interacción entre vehículos particulares, transporte público, peatones y vehículos pesados, por lo que la intervención sobre la estructura requiere la implementación de un Plan de Manejo de Tránsito de categoría II,

correspondiente a obras de mediano impacto sobre la movilidad urbana.

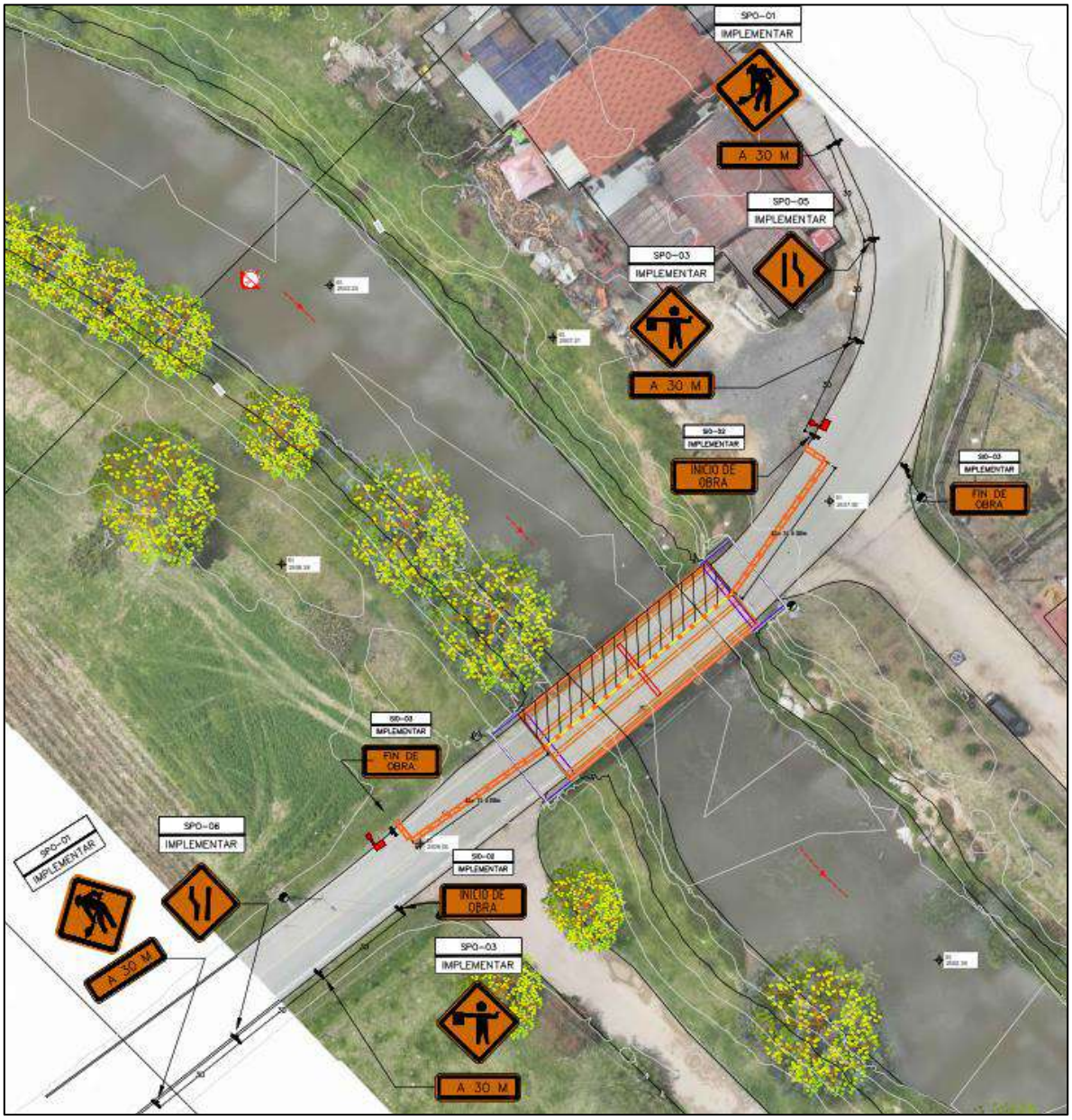
Por lo anterior, la intervención del puente requiere la implementación de un Plan de Manejo de Tránsito de categoría II, acorde con una afectación de mediano impacto, considerando las condiciones topográficas, la ausencia de desvíos directos y la importancia funcional del puente dentro del sistema vial municipal.

Sin embargo, como se indicó previamente, dado que se trata de un recurso con monto limitado, la ejecución del proyecto se iniciará con ocho (8) frentes de trabajo, priorizando aquellos puentes cuyo diagnóstico técnico determine la necesidad de intervención inmediata. En consecuencia, el esquema típico de ejecución será aplicable a la totalidad de los puentes objeto del contrato, por tanto, la implementación de cada Plan de Manejo de Tránsito (PMT) se llevará a cabo de manera progresiva, en función de los avances obtenidos en la ejecución de las obras y de la programación establecida en el cronograma de obra.

6.1. ESQUEMA DE SEÑALIZACION A EJECUTAR

El esquema típico más idóneo para implementar, en concordancia con los principios fundamentales expuestos en el presente capítulo, corresponde al cierre de un carril en una vía bidireccional de dos carriles, apoyado con la presencia de auxiliares de tránsito (Esquema Típico 9). Esta alternativa permite garantizar la continuidad del flujo vehicular en ambos sentidos, aunque de manera alternada, reduciendo el riesgo de congestión y aumentando la seguridad de los usuarios de la vía y del personal de obra.

Figura 6. PMT a implementar



La aplicación de este esquema resulta particularmente conveniente en zonas donde no es posible habilitar desvíos o rutas alternas, asegurando así la funcionalidad de la infraestructura durante el periodo de intervención. Asimismo, la incorporación de auxiliares de tránsito facilita el control operativo en campo, brindando mayor flexibilidad para responder a condiciones cambiantes de tráfico y a situaciones imprevistas que puedan surgir durante la ejecución de los trabajos.

Figura 7. Esquema típico para implementar

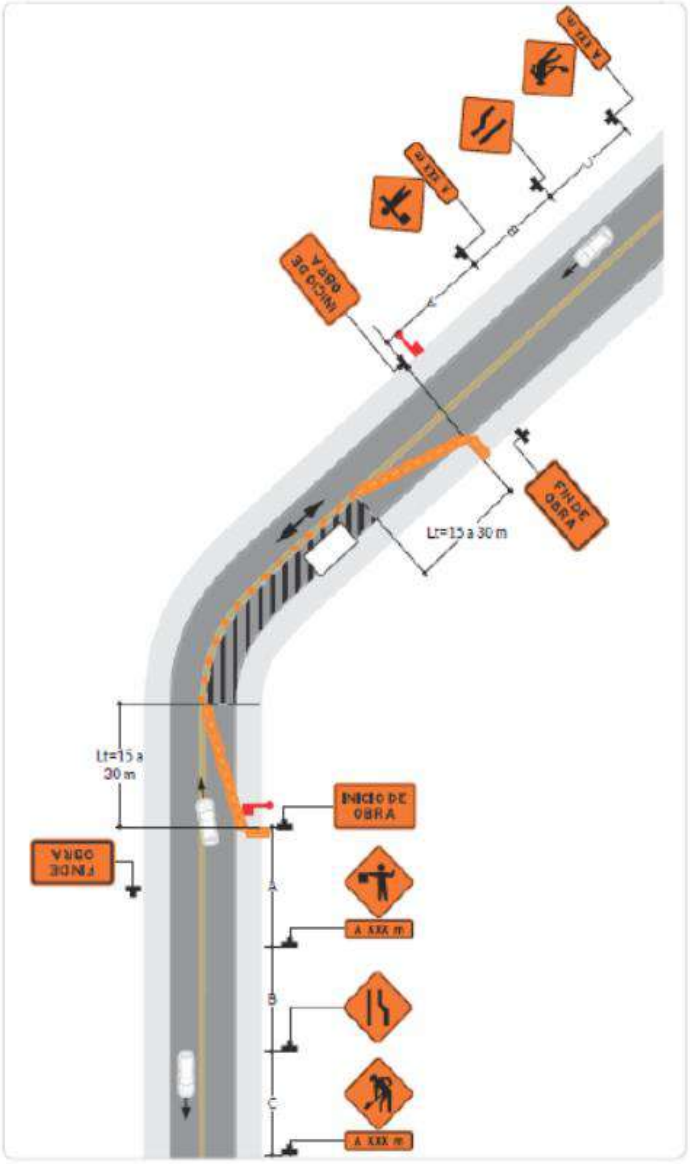


Figura 8. PMT a implementar









DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital





DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

El significado de los códigos de letras empleados en el esquema típico a implementar se establece en función de la velocidad máxima permitida de cada vía (km/h). De esta manera, cada letra corresponde a un rango de velocidades que sirve como referencia para definir las dimensiones, ubicación y características de la señalización y dispositivos de control de tránsito. A continuación, se presenta la relación de códigos y su respectiva interpretación:

Tabla 1. Significado de códigos de letras en esquemas típicos de aplicación

Velocidad Máxima Permitida en la vía (km/h)	Distancia entre señales (m)		
	A	B	C
≤ a 50	30	30	30
60 o 70	60	60	60
80 o 90	100	100	100
> a 90	200	200	200

* Los títulos de las columnas A, B y C son las dimensiones que aparecen en los esquemas de Aplicaciones Típicas.
** La dimensión A es la distancia desde el inicio de la zona de transición o restricción hasta la última señal (en dirección del tránsito) en la zona de prevención.
*** La dimensión B es la distancia entre la última y penúltima señal en la zona de prevención.
**** La distancia C es la distancia entre la primera y segunda señal (en dirección del tránsito) en la zona de prevención.
***** Lt: Factor de longitud de transición (m), en función del tipo de transición

Fuente: MSV INVIAS 2024

Por tanto, teniendo en cuenta las categorías viales establecidas en la **Tabla 1.** Listado de puentes objeto de intervención, se consideran los siguientes tipos de vías:

- Vías primarias: comprenden las troncales, transversales y acceso a la capital del departamento. Su función principal es integrar las principales zonas de producción y consumo del país, así como garantizar la conexión con los demás

países.

- Vías secundarias: corresponden a aquellas que comunican cabeceras municipales entre sí y/o conectan una cabecera municipal con una carretera primaria.
- Vías terciarias: son las vías de acceso que enlazan las cabeceras municipales con sus veredas, o bien interconectan veredas entre sí.
- Vías municipales: corresponden a la red de carácter local, destinada a la movilidad interna del municipio y a la conexión con la red terciaria.

Por tanto, se aplicará el esquema teniendo en cuanto las velocidades de operación, donde se ha identificado que, las vías primarias de doble calzada presentan rangos entre 70 km/h y 110 km/h, mientras que las vías primarias de una calzada oscilan entre 60 km/h y 100 km/h. Para las vías secundarias la velocidad de operación se sitúa entre 40 km/h y 80 km/h; en las vías terciarias varía entre 20 km/h y 40 km/h; y en las vías municipales, entre 30 km/h y 60 km/h.

La longitud de transición se efectuará en 30 metros para las vías primarias y secundarias, y en 15 metros para las vías terciarias y municipales.

Valores sujetos a ajustes dependiendo de las condiciones topográficas del tramo en intervención, así como de situaciones especiales de carácter residencial, escolar o urbano, en las cuales se aplican restricciones adicionales por motivos de seguridad vial.

El esquema de manejo de tránsito adoptado corresponde al cierre de un carril en una vía bidireccional de dos carriles, con regulación alternada del flujo vehicular mediante auxiliares de tránsito, conforme al Esquema Típico No. 9 del Manual de Señalización Vial – Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras.

Este esquema se define como el más idóneo, en tanto preserva la seguridad de los usuarios de la vía y del personal de obra, garantiza la funcionalidad de la infraestructura durante la intervención y optimiza el uso de los recursos disponibles.

Jornadas de Intervención:

La ejecución de las actividades se desarrollará en diferentes jornadas de trabajo:

- Horario diurno: de lunes a viernes entre las 7:00 a.m. y 5:00 p.m., y los sábados de 7:00 a.m. a 12:00 p.m.
- Horarios extendidos o continuos: dependiendo de las condiciones particulares de obra, se podrán realizar labores de lunes a domingo, ya sea en el horario diurno regular o en jornadas extendidas, garantizando siempre la presencia de señalización y personal de control vial durante el tiempo de intervención.
- Para la intervención de las actividades en la estructura metálica, la vía se cerrará en intervalos de una hora, permitiéndose un paso vehicular de veinte minutos entre cada cierre

Implementación en Frentes de Trabajo:

La intervención de los ocho (8) frentes de trabajo se efectuará conforme al cronograma de obra, aplicando el esquema típico de manera simultánea en cada uno de ellos. En todos los frentes se dispondrá la señalización preventiva, reglamentaria e informativa, junto con el apoyo de controladores viales en ambos sentidos de circulación, quienes operarán con paletas "PARE – SIGA" y sistemas de comunicación coordinada.

Dispositivos de Control y Señalización:

La señalización se instalará siguiendo las disposiciones del esquema típico base y las distancias establecidas de acuerdo con la velocidad máxima permitida en el tramo intervenido. Entre los principales dispositivos a utilizar se encuentran:

- Señales verticales preventivas y reglamentarias:
    - "Trabajos en la vía" (ubicada antes de la zona de transición o canalización).
    - "Inicio de obra" y "Fin de obra".
    - "Auxiliar de tránsito".
    - "Angostamiento a la derecha".
    - "Angostamiento a la izquierda".

- Elementos de canalización y contención:
    - Delineadores tubulares compuestos ("Colombina").
    - Cintas plásticas.

Operación del Esquema:

Durante la ejecución, se realizarán cierres parciales de carril con duración aproximada de 15 minutos, administrados por auxiliares de tránsito en cada frente, quienes mediante el sistema "PARE – SIGA" garantizarán el paso alternado de vehículos en ambos sentidos.

Se implementarán medidas específicas para:

- Guiar de forma segura a peatones, conductores y demás usuarios a través de la zona de obra.
- Advertir sobre riesgos previstos y eventuales, mitigando la posibilidad de incidentes en el área de influencia.
- Proteger al personal de obra, visitantes y proveedores, reduciendo la exposición a flujos vehiculares.

Consideraciones para Peatones:

Se dispondrán senderos peatonales canalizados, debidamente señalizados con elementos plásticos, garantizando la accesibilidad y seguridad de los transeúntes.

Estos corredores estarán delimitados por dispositivos de canalización, evitando la interacción directa con los vehículos y las zonas de obra.

6.1.1. Inventario de señalización vial a implementar dentro del área a intervenir:

Para cada frente de trabajo, la señalización se dispondrá conforme al Esquema Típico Base establecido en el Manual de Señalización Vial – Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras. El inventario de elementos a implementar por frente es el siguiente:

Señales preventivas y reglamentarias:

- 2 señales SPO-01 "Trabajos en la vía".
- 2 señales SPO-03 "Auxiliar de tránsito".
- 1 señal SPO-05 "Angostamiento a la derecha".
- 1 señal SPO-06 "Angostamiento a la izquierda".
- 2 señales SIO-02 "Inicio de obra".
- 2 señales SIO-03 "Fin de obra".
- 2 señales SRO-04 "PARE – SIGA".

Elementos de canalización y contención:

- 8 delineadores tubulares.
- 3 barricadas tipo maletín.
- 2 cinta de demarcación.

Equipos y control de apoyo:

- 1 equipo de comunicación.
- 2 auxiliares de tránsito.

Es importante aclarar que, en el caso de intervenciones sobre vías terciarias con bajos volúmenes de tránsito, no se contará con auxiliares de tránsito físicos. En su lugar, la señal SPO-03 "Auxiliar de tránsito" será reemplazada por la señal reglamentaria de "Ceda el paso", atendiendo a las condiciones particulares de estas vías y en cumplimiento de las disposiciones normativas aplicables.

Se aclara que, dado el carácter agotable de los recursos asignados, la ejecución se focalizará en los puentes priorizados de acuerdo con los resultados del diagnóstico técnico a realizar. En este sentido, la aplicación del Plan de Manejo de Tránsito (PMT) estará orientada inicialmente a dichos frentes de intervención, garantizando la correcta implementación de las medidas de señalización, canalización y control vial. Adicionalmente, se establece que el PMT podrá ser objeto de modificaciones y ajustes conforme a las condiciones específicas que se presenten durante la ejecución del contrato. Dichos ajustes estarán asociados al avance de obra, a variaciones en los frentes de trabajo o a necesidades operativas que requieran optimizar la movilidad y la seguridad vial en el área de influencia de las intervenciones. Con ello se asegura que el plan mantenga su carácter dinámico y flexible, respondiendo de manera oportuna a las exigencias técnicas y operativas del proyecto.

7. SEÑALIZACIÓN IMPLEMENTADA

Cuando se ejecuten los trabajos para el proyecto de "DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025".

Para dicha situación se deben implementar medidas técnicas apropiadas, que se incorporan a lo largo de la ejecución del proyecto, esto con el objeto de reducir el riesgo de accidentes del flujo vehicular (conductores), el flujo peatonal como el personal de la obra que intervienen en el mismo.

Los dispositivos para la regulación del tránsito, en cada puente a intervenir deberán ubicarse con anterioridad al inicio de la obra, permanecer durante la ejecución de esta y serán retirados una vez cesen las condiciones que dieron origen a su instalación.

7.1. Señales preventivas en zonas de obras

Tienen por objeto advertir a los usuarios de la vía sobre los peligros potenciales existentes en la zona, cuando existe una obra que afecta el tránsito y puede presentarse un cierre parcial de la vía. Las señales preventivas deberán ubicarse con suficiente anticipación al lugar de inicio de la obra. Las señales preventivas tienen forma de rombo y sus colores serán naranja para el fondo y negro para símbolos, textos, flechas y orla. Se colocarán a el (los) lado(s) (derecho y/o izquierdo) de la vía que se afecte por la obra.

Figura 9. SPO-01 Trabajos en la vía



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Su instalación es obligatoria, previa a zonas de obra, y se utiliza para advertir a los conductores que las condiciones de circulación se modifican transitoriamente a una distancia determinada. Se ubicará antes de la zona de transición o canalización, a una distancia que depende de la velocidad máxima permitida, antes de la zona de prevención y de las demás señales consideradas para dicha zona. Esta señal debe ser de color anaranjado fluorescente.

Figura 10. SPO-03 Auxiliar de tránsito



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Esta señal se utiliza para advertir que, más adelante, la circulación por el área de obras está controlada por un auxiliar de tránsito que utiliza señales manuales tipo "banderero".

Figura 11. SPO-05 Angostamiento a la derecha



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Esta señal es usada para advertir un estrechamiento al costado derecho de la calzada. Cuando dicho estrechamiento implique la eliminación de uno o más carriles, puede utilizarse la leyenda "A XXX CARRIL (ES)" que indica el número de carriles disponibles más adelante en la vía.

Figura 12. SPO-06 Angostamiento a la izquierda



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Esta señal será usada para advertir un estrechamiento al costado izquierdo de la calzada.

7.1.1. Señales informativas:

Las señales informativas tienen como propósito orientar y guiar a los usuarios de la vía a través de la zona de obras, entregándoles la información necesaria con suficiente anticipación para que puedan transitar por ella de la forma más segura, simple y directa posible.

Las señales informativas para obras en la vía, de acuerdo con su función, se

clasifican en:

- Señales que guían al usuario a través de un desvío (ITD)
- Señales que informan sobre carriles de circulación (ITP)
- Otras (ITO)

7.1.2. Información de inicio y fin de obra:

Figura 13. SIO-02 Inicio de obra



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Esta señal anuncia el inicio de la obra en la vía. Por tanto, indica a todos los usuarios la necesidad de extremar las precauciones con motivo de las modificaciones a las condiciones habituales de circulación. Se debe instalar al inicio de la zona de transición.

Esta señal anuncia el inicio de la obra en la vía. Por tanto, indica a todos los usuarios la necesidad de extremar las precauciones con motivo de las modificaciones a las condiciones habituales de circulación. Se debe instalar al inicio de la zona de transición.

Figura 14. SIO-03 Fin de obra



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Esta señal se utiliza para indicar que las condiciones transitorias dadas por las zonas de obra en la vía se restablecen por la terminación de las obras, y se indica mediante la leyenda "FIN DE OBRA".

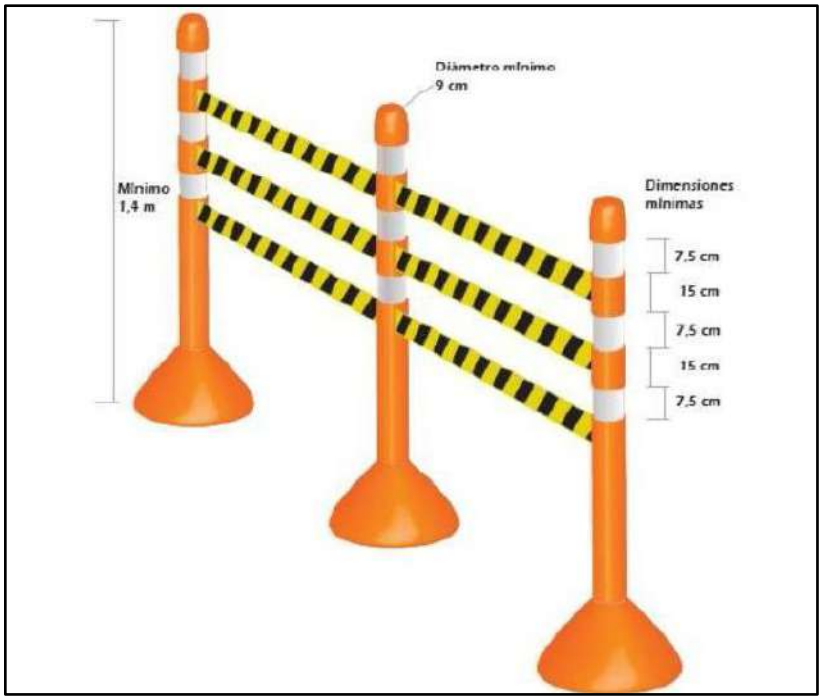
7.1.3. Dispositivos para la canalización del tránsito:

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

7.1.4. Delineadores tubulares:

Delineadores Tubulares son dispositivos de canalización vehicular y peatonal serán fabricados en material plástico anaranjado y unido por cinta de señalización (CINTA PELIGRO).

Figura 15. Delineadores tubulares



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Para garantizar su estabilidad y funcionamiento, se recomienda una separación entre ellos de aproximadamente 3 m.

7.1.5. Cinta plástica:

La cinta plástica de demarcación es un dispositivo temporal de señalización y seguridad vial contemplado dentro de los elementos auxiliares de canalización para zonas de obra o mantenimiento vial. Su función principal es delimitar áreas de tránsito restringido, guiar a los usuarios de la vía y reforzar la seguridad de peatones y trabajadores en los frentes de intervención.

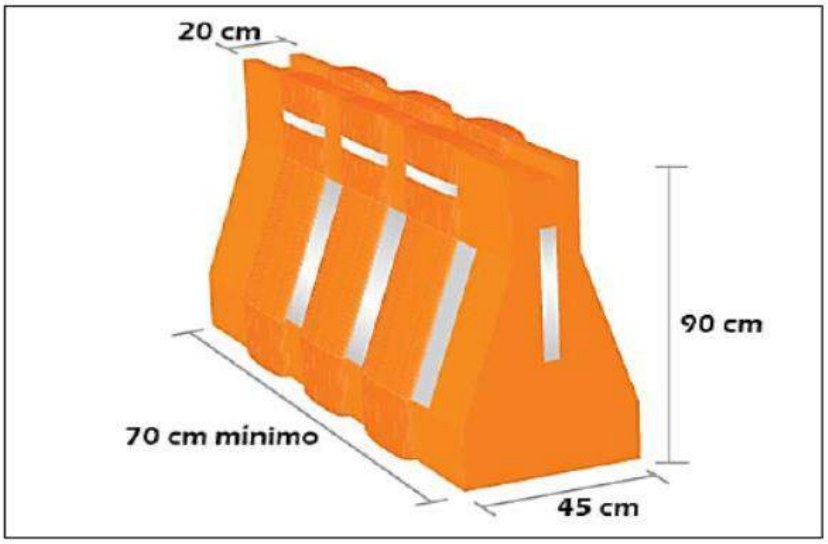
Figura 16. Cinta plástica



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

7.1.6. Barreras plásticas:

Figura 17. Barrera plástica



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

7.1.7. Dispositivos manuales

En este proyecto por sus características puntuales, la regulación del tránsito alternado se realizará mediante bandereo en cada en cada extremo de la obra, con radios que permitan la comunicación entre ellos.

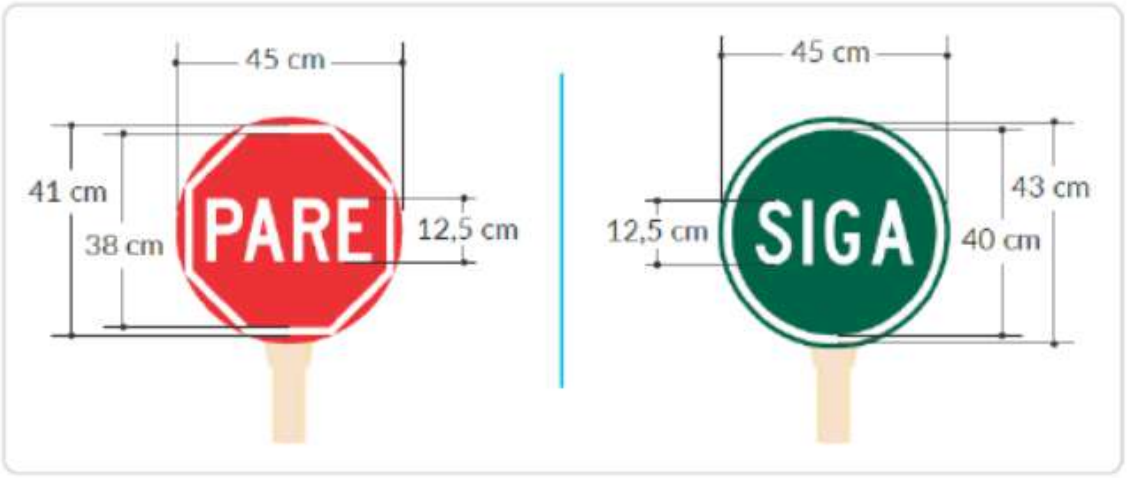
Con el fin de que el auxiliar de tránsito conozca cuándo permitir el tránsito por el acceso que controla, empleará algunos de los siguientes sistemas:

- Identificar por medio de la placa de la matrícula o describir el último vehículo, al Bandereo del otro extremo.
- Empleo de equipos de comunicación.
- Los bandereaos emplean banderas o paletas. Las banderas son franjas de tela de color rojo, de 60 por 60 cm, sujetas a una estaca de 100 cm de longitud. Son dispositivos que se usan comúnmente en las horas del día para efectos de regulación del tránsito en vías afectadas por la ejecución de obras.

Las paletas son elementos fabricados en madera, plástico u otros materiales semirrígidos livianos, que tienen la misma forma y características de la señal SR-01 pare y que contiene los mensajes de "PARE" por una cara y de "SIGA" o "LENTO" en la otra cara. El tamaño mínimo de la paleta corresponderá a la inscripción de un octágono dentro de un círculo mínimo de 45 cm de diámetro.

El fondo de la cara de "PARE", será de color rojo con letras y bordes blanco y el fondo de la cara "SIGA", será de color verde con letras y bordes blancos, todos ellos fabricados en lámina reflectiva Tipo 1. El soporte de la paleta tendrá como mínimo 1,20 m de longitud y será de color blanco.

Figura 18. SRO-04 Pare/Siga



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Figura 19. Señalización Pare/Siga



Fuente. Manual de señalización vial INVIAS 2024

7.1.8. Esquemas típicos:

En esta sección se presentan esquemas tipo de señalización y de medidas de seguridad, tanto para vías urbanas como rurales, a través de los cuales se ilustra cómo aplicar los criterios enunciados en las secciones anteriores.

En la práctica, se debe incorporar el criterio profesional para adaptar estos esquemas a las características y condiciones de cada caso en particular. Asimismo, es probable que en algunos casos las señales y medidas de seguridad que en definitiva deban implementarse correspondan a combinaciones de uno o más esquemas de los aquí presentados.

Figura 20. Convenciones de señales de tránsito



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

El presente Plan de Manejo de Tránsito se realizó teniendo en cuenta el esquema típico emitido por el Manual de Señalización Vial 2024 en la Figura 7-40 Cierre de un carril en una vía bidireccional de dos carriles, con auxiliares de tránsito (esquema típico

8. INFORMACIÓN Y DIVULGACIÓN DEL PLAN

Una vez aprobado el Plan de Manejo de Tránsito y señalización para el proyecto de "DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025". Se adelantará una campaña de divulgación de este, con el fin de informar oportunamente a los usuarios que transitan por los diferentes corredores viales, el cual se realiza por medio de piezas de divulgación masivas.

Esta divulgación será realizada de la siguiente manera:

- ✓ Entrega de boletines e información al transporte público, particular y especial.
- ✓ Reuniones con la comunidad.
- ✓ Avisos parroquiales (cuando sea posible)
- ✓ Aviso por medio de las redes sociales.

8.1. CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PMT:

Una vez puesto en marcha el Plan de Manejo de Tráfico, se dispondrá del personal suficiente y los elementos necesarios para llevar un adecuado seguimiento de este. De este seguimiento y de las acciones a realizar durante el mismo, dependerá el buen funcionamiento del Plan de Manejo de Tráfico.

Se contará con planes de contingencia que le permitan aplicar acciones oportunas que den solución a las diferentes alteraciones al tráfico que puedan presentarse durante la ejecución de las obras.

8.1.1. Acciones de contingencia:

Con el fin de desplegar acciones de contingencia que permitan atender en forma oportuna las diferentes alteraciones al tráfico ocasionadas por choques, accidentes o vehículos varados, entre otros, se debe contar de forma permanente, en la obra como mínimo con el siguiente equipo:

Equipos de comunicación en cantidad mínima de 2 unidades para el grupo de trabajo para mantener constante información y solicitar apoyo a la Policía Nacional cuando haya lugar.

Tabla 2. Acciones de contingencia

ALTERACION	PLAN DE CONTINGENCIA
1. Por obra 1.1 Cierre parcial de carril, debido a mayor área requerida por la obra, por ejemplo para reposición de redes. En este caso debe garantizarse la circulación mínimo por un carril.	Acciones recomendadas: 1.1.1 Reporte a la autoridad correspondiente. 1.1.2 Colocar abanderado que alterne el derecho de paso, uno a uno, en la reducción de dos a un carril, durante el tiempo que dure la restricción. 1.1.3 Instalar señal móvil SP-31 o SP-30 según sea el caso. 1.1.4 Restablecimiento de las condiciones normales de circulación lo antes posible.
1.2 Ocupación temporal de carril debido a vehículos de la obra que es indispensable ubicar al costado del cerramiento. Su duración es menor de una hora y sólo se podrá realizar en horas de baja demanda vehicular	1.2.1 Colocar abanderado que alterne el derecho de paso uno a uno a la altura del inicio de la ocupación del carril, durante el tiempo que dure la utilización parcial de la vía.
1.3Cierre total de la calzada debido a reposición de redes u otra eventualidad que pueda llegar a requerirlo.	1.3.1 Reporte a la autoridad correspondiente. 1.3.2 Implementar Plan de desvíos propuesto pero notificando del cierre total a la autoridad competente. 1.3.3 Restablecimiento de las condiciones normales de circulación lo antes posible.
2 Ajenos a la obra 2.1 Cierre parcial de calzada por vehículo varado o accidente de tránsito	2.2.1 Reporte a la autoridad correspondiente.

Fuente: Elaboración propia

9. PRESUPUESTO DEFINIDO DENTRO DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO (PMT)

Tabla 3. Cantidades para la implementación del PMT

CANTIDADES PARA LA IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO		
MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL 2024-MINTRANSPORTE		
SEÑALIZACIÓN VERTICAL PREVENTIVA		
TIPO	**NOMBRE**	**CANTIDAD**
SPO-01	TRABAJOS EN LA VÍA	2
SPO-03	AUXILIAR DE TRÁNSITO	2
SPO-05	ANGOSTAMIENTO A LA DERECHA	1
SPO-06	ANGOSTAMIENTO A LA IZQUIERDA	1
SEÑALIZACIÓN VERTICAL INFORMATIVA		
TIPO	**NOMBRE**	**CANTIDAD**
SIO-02	INICIO DE OBRA	2
SIO-03	FIN DE OBRA	2
DISPOSITIVOS PARA LA CANALIZACIÓN DEL TRÁNSITO		
NOMBRE		**CANTIDAD**
DELINEADORES TUBULARES		16
BARRICADA TIPO MALETIN		16
CINTA PLASTICA (ML)		500
SEÑAL SRO-04 (PARE Y SIGA)		2
EQUIPO DE COMUNICACIÓN X2		1
PERSONAL PARA IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO		
NOMBRE		**CANTIDAD**
AUXILIAR DE TRÁNSITO O CONTROLADOR VIAL		2

Fuente: Elaboración propia.

CONSORCIO PEB – JI

901.977.234-8

DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025									
PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTAR EL PMT									
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**UND**	**CANTIDAD**	**MESES**	**VALOR UNITARIO**	**IVA (1.19)**	**VALOR MATERIAL**	**TRANSPORTE**	**VALOR PARCIAL**
1	**SEÑALIZACIÓN VERTICAL**								
1.1	TRABAJOS EN LA VÍA (REFLECTIVAS)	UND	2		$ 192,051.00	$ 45,049.00	$ 237,100.00	$ 70,000.00	$ 544,200.00
1.2	AUXILIAR DE TRÁNSITO	UND	2		$ 192,051.00	$ 45,049.00	$ 237,100.00	$ 70,000.00	$ 544,200.00
1.3	ANGOSTAMIENTO A LA DERECHA	UND	1		$ 192,051.00	$ 45,049.00	$ 237,100.00	$ 70,000.00	$ 307,100.00
1.4	ANGOSTAMIENTO A LA IZQUIERDA	UND	1		$ 192,051.00	$ 45,049.00	$ 237,100.00	$ 70,000.00	$ 307,100.00
1.5	INICIO DE OBRA (REFLECTIVAS)	UND	2		$ 192,051.00	$ 45,049.00	$ 237,100.00	$ 70,000.00	$ 544,200.00
1.6	FIN DE OBRA (REFLECTIVAS)	UND	2		$ 192,051.00	$ 45,049.00	$ 237,100.00	$ 70,000.00	$ 544,200.00
2	**DISPOSITIVOS PARA LA CANALIZACIÓN DEL TRÁNSITO**								
2.1	BARRERA TIPO MALETÍN PLÁSTICO REFLECTIVO Y ARENA	UND	16		$ 391,343.40	$ 91,796.60	$ 483,140.00	$ 340,340.00	$ 8,070,580.00
2.3	SEÑAL SRO-04 (PARE Y SIGA)	UND	2		$ 21,222.00	$ 4,978.00	$ 26,200.00	$ 40,000.00	$ 92,400.00
2.4	CINTA DEMARCACIÓN PELIGRO-NO PASE 500M	UND	1		$ 23,409.00	$ 5,491.00	$ 28,900.00	$ 40,000.00	$ 68,900.00
2.5	DELINEADORES TUBULARES	UND	16		$ 35,883.00	$ 8,417.00	$ 44,300.00	$ 350,000.00	$ 1,058,800.00
2.7	EQUIPO DE COMUNICACIÓN	UND	1		$ 97,929.00	$ 22,971.00	$ 120,900.00	$ 40,000.00	$ 160,900.00
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**UND**	**CANTIDAD**	**MESES**	**VALOR UNITARIO**	**PRESTACIONES**		**TRANSPORTE**	**VALOR PARCIAL**
3	**PERSONAL PARA IMPLEMENTACIÓN DEL PMT**								
3.1	AUXILIAR DE TRÁNSITO	UND	2	1.50	$ 1,423,500.00	$ 4,153,570		$ 200,000.00	$ 5,908,892.50
VALOR TOTAL DEL PRESUPUESTO									**$ 18,151,473.00**

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

10. RECOMENDACIONES

- Implementar todas las medidas que se plantean en el PMT para diferentes frentes de trabajo, con el fin de mitigar el impacto de las obras y reducir los riesgos de ocurrencia de accidentes.
- Socializar el proyecto con la comunidad por medio de campañas de divulgación con el fin de informar oportunamente a los usuarios que transitan por el corredor vial, el cual se realiza por medio de piezas de divulgación masivas.
- Previo a la implementación del PMT se debe adelantar una capacitación en la cual se socializarán entre otros los relacionados con: Riesgos en el área de influencia del PMT, las características generales de la obra a ejecutar (Tipo de actividad a realizar, cierres, desvíos, maquinaria y equipo a utilizar, zonas de acopios temporales, tiempos programados) y finalmente los lineamientos dados por la Secretaria de Tránsito en la aprobación del PMT y las recomendaciones a tener en cuenta para la correcta implementación del mismo, principalmente en lo relacionado con la integridad personal y la seguridad vial de los usuarios de las vías.
- Una vez se haya realizado la implementación del PMT, el director de Obra junto con el Residente de Obra y el inspector procederán a realizar un recorrido de verificación del correcto funcionamiento de: Desvíos, cierres vehiculares, senderos peatonales, zonas de cargue y descargue; y muy importante, las condiciones de tránsito de las personas en condiciones de movilidad reducida, con el objetivo de prevenir posibles accidentes de tránsito y/o determinar acciones de mejora.
- Para la circulación interna de obra las rutas de circulación de los equipos de movimientos de tierras deberán estar perfectamente definidas y planificadas. Esta planificación tendrá en cuenta el condicionante de que no haya máquinas cuyos radios de acción interfieran mutuamente ni afecte la movilidad de

personas y vehículos en caso de que se realicen trabajos en jornadas diurnas.

- En primer lugar, los caminos de circulación interna de obra deberán estar perfectamente señalizados y delineados, diferenciando el paso de maquinaria del de operarios a pie.
- En aquellos trabajos en los que concurra la presencia de trabajadores, como medida para mejorar la percepción por parte de los maquinistas, éstos deberán utilizar ropa de alta visibilidad, especialmente en el caso de los señalistas de maquinaria y personal de topografía.
- Los caminos de circulación tendrán como pendiente máxima la que condicione la máquina más restrictiva que circule por ellas. En general, es una buena práctica que estas pendientes no sobrepasen el 20%.

Responsable:



GIOVANNI FRANCISCO LAZARO CORREA

C.C. 13.472.455 de Cúcuta

T.P. 54202-80117 NDS

DIRECTOR DE OBRA INGENIERO CIVIL

ESPECIALISTA EN VÍAS Y TRANSPORTE

PUENTE MAUSA

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander
NIT: 901978204-1

CONSORCIO INTER MAP–LAR

PLAN DE MANEJO DE TRANSITO

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander
NIT: 901978204-1

CONSORCIO PEB – JI
901.977.234-8

INFORME PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO (PMT)

CONTRATO DE OBRA PÚBLICA No.
CO1.PCCNTR.8186181/2833 DE 2025

OBJETO: DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

ENTIDAD CONTRATANTE: GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

CONSORCIO PEB – JI
901.977.234-8

CONTRATO DE OBRA PÚBLICA No. CO1.PCCNTR.8186181/2833 DE 2025

DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIEGO DE DAÑO Y/O COLPASO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EL EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 DE 2024 DE 24 DE MAYO DE 2025

Contenido:

PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO DEL PUENTE MAUSA EN EL MUNICIPIO DE SOCOTÁ UBICADO EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

BOYACÁ – 2025

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

Resumen: El presente Plan de Manejo de Tránsito tiene como propósito establecer las medidas necesarias para garantizar la seguridad y movilidad de todos los actores viales durante la ejecución del proyecto. Se busca proteger a conductores, pasajeros, peatones, ciclistas, usuarios de movilidad activa y personal de obra, mediante la implementación de señalización y dispositivos de control adecuados. Las medidas adoptadas pretenden asegurar una circulación segura en las zonas de intervención, minimizando las alteraciones a las condiciones normales de tránsito y garantizando, al mismo tiempo, la protección de los trabajadores y de los usuarios de la vía.

Palabras claves: Vía, plan, transito, señalización, vehículos.

Idioma: Español	Número de copias:	Número de páginas: 56
Documentos complementarios:		Clasificación de Seguridad:
Notas del destinario:		

REVISIÓN No. 0	**FECHA**	**NOMBRE**	
		CONSORCIO PEB-JI	
		PROYECTÓ	**CARGO**
AUTOR	13/01/2026	GIOVANNI FRANCISCO LAZARO CORREA	DIRECTOR DE OBRA
AVALA	13/01/2026	MAIRA ALEJANDRA PICÓN GARCIA	DIRECTOR DE INTERVENTORIA

1. INTRODUCCIÓN DEL COMPONENTE

El presente proyecto consiste en el informe del Plan de Manejo de Tránsito (PMT) el cual hace parte del CONTRATO DE OBRA PÚBLICA No. CO1.PCCNTR.8186181/2833 DE 2025 con el objeto de "DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025", todo esto con el propósito de mitigar el impacto generado por la alteración de las condiciones normales de circulación, garantizando la seguridad de los trabajadores y los trabajos, por tanto, se requiere la realización del Plan de Manejo de Tránsito (PMT), cuya implementación y desarrollo estará a cargo de la firma contratista, supervisada por la interventoría y la supervisión con el apoyo de la dirección de tránsito del departamento de Boyacá. El presente PMT se implementará armonizado con el cronograma de obra presentado por el contratista para la ejecución de las actividades del proyecto.

El PMT está basado en el Manual de Señalización Vial - Dispositivos para el control del tránsito en calles, carreteras y ciclo rutas de Colombia, del Ministerio de Transporte, edición 2024. Así mismo, El PMT que se expone en este informe corresponde a las situaciones que afectan el tránsito normal sobre las vías, derivado por las actividades a ejecutar sobre los puentes ubicados en el departamento de Boyacá.

Por tal razón es de impetuosa necesidad generar un plan de señalización y manejo de tránsito con el fin de dar seguridad y contar con la prevención y movilidad del tráfico existente, tanto vehicular como peatonal en el tiempo en que dure la ejecución de estas obras.

2. OBJETIVOS DEL COMPONENTE

2.1. OBJETIVO GENERAL:

Mitigar el impacto generado por las obras durante la construcción del proyecto, con el propósito de brindar un ambiente seguro, ordenado, ágil y cómodo a los conductores, pasajeros, ciclistas, peatones, personal de la obra y vecinos del lugar, en cumplimiento a las normas establecidas para la regulación del tránsito.

El presente Plan de Manejo de Tránsito se refiere al proyecto de "DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025".

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Procurar la seguridad e integridad de los usuarios, peatones y trabajadores.
- Evitar en lo posible la restricción u obstrucción de los flujos vehiculares y peatonales.
- Ofrecer a los usuarios una señalización clara y de fácil interpretación, que les facilite la toma de decisiones en forma oportuna, ágil y segura.
- Prestar atención continua a la seguridad en las vías dentro del área de influencia de la obra en ejecución.

3. INFORMACION GENERAL

3.1. RESPONSABIIDAD DEL ESTUDIO:

ENTIDAD CONTRATANTE: GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

INTERVENTORÍA: CONSORCIO INTER MAP-LAR

EJECUTOR: CONSORCIO PEB-JI

3.2. INFORMACIÓN DE LA ZONA:

La Secretaría de Infraestructura Pública de Boyacá ha establecido que, como consecuencia de la fuerte ola invernal que atraviesa el departamento, se han presentado graves afectaciones en la infraestructura vial, registrándose emergencias en más de 21 municipios. Las principales problemáticas corresponden a pérdidas de banca, deslizamientos, remoción de material y daños estructurales en puentes.

Ante la magnitud de los daños, y en el marco de los decretos de calamidad pública expedidos, se formuló un plan específico orientado a las fases de respuesta y recuperación, priorizando intervenciones inmediatas en los puntos críticos. Dicho plan contempla la ejecución de medidas de mitigación que garanticen la seguridad estructural y la continuidad en la conectividad vial del departamento.

El deterioro de estas infraestructuras impacta de forma directa el desarrollo económico y social de la región, afectando el transporte de productos agrícolas, pecuarios, mineros, turísticos y comerciales, así como el acceso oportuno a los servicios esenciales de salud y educación. Las restricciones o interrupciones en la red vial generan sobrecostos logísticos, pérdidas económicas, limitaciones en la atención de emergencias médicas, suspensión de jornadas escolares y mayor exposición de la población a riesgos asociados a la inestabilidad de la infraestructura.

Por lo anterior, resulta técnica y socialmente necesario ejecutar intervenciones inmediatas bajo la modalidad de obras por emergencia, en el marco de la atención al fenómeno de La Niña. El objetivo principal es restablecer de manera oportuna la operación segura de los puentes afectados, prevenir el agravamiento de los daños existentes y proteger la integridad de las comunidades directamente impactadas.

Dentro de los puentes priorizados para intervención, se han definido ocho frentes de obra, cuya ejecución se realizará conforme a la disponibilidad de recursos asignados. Cabe precisar que, debido a la magnitud de la afectación, es posible que los recursos no sean suficientes para atender la totalidad de las estructuras afectadas, por lo que se intervendrán de manera prioritaria aquellos puntos de mayor criticidad y riesgo para la movilidad y seguridad de los usuarios.

El Puente Mausa, objeto del presente Plan de Manejo de Tránsito, se localiza en el municipio de Socotá, en la provincia de Valderrama al norte del departamento de Boyacá, dentro de un entorno rural de topografía montañosa característica de la Cordillera Oriental. La estructura permite la conectividad entre sectores rurales del municipio y las vías que comunican con otros centros poblados, constituyéndose en un punto estratégico para la movilidad.

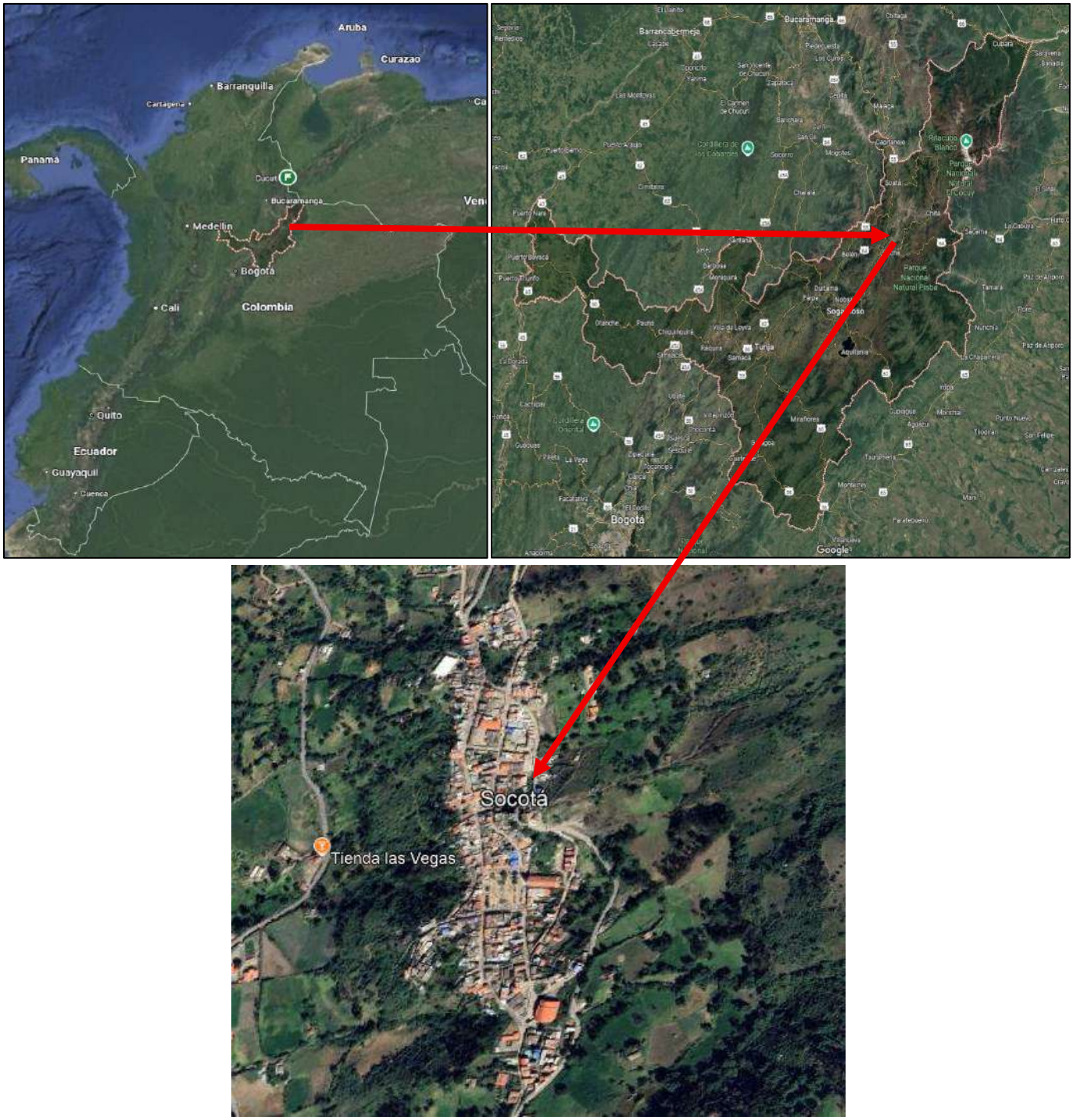
Para una mejor comprensión del área de intervención, la información geográfica se presentará de manera progresiva, a partir de un contexto nacional hasta el detalle específico:

Mapa de Colombia: Se ilustra la ubicación del departamento de Boyacá dentro del territorio nacional, como referencia inicial de localización.

Mapa del Departamento de Boyacá: Se ilustran los municipios.

Localización general de los puentes priorizados: Se ilustra un plano con la ubicación de los puentes que presentan afectaciones.

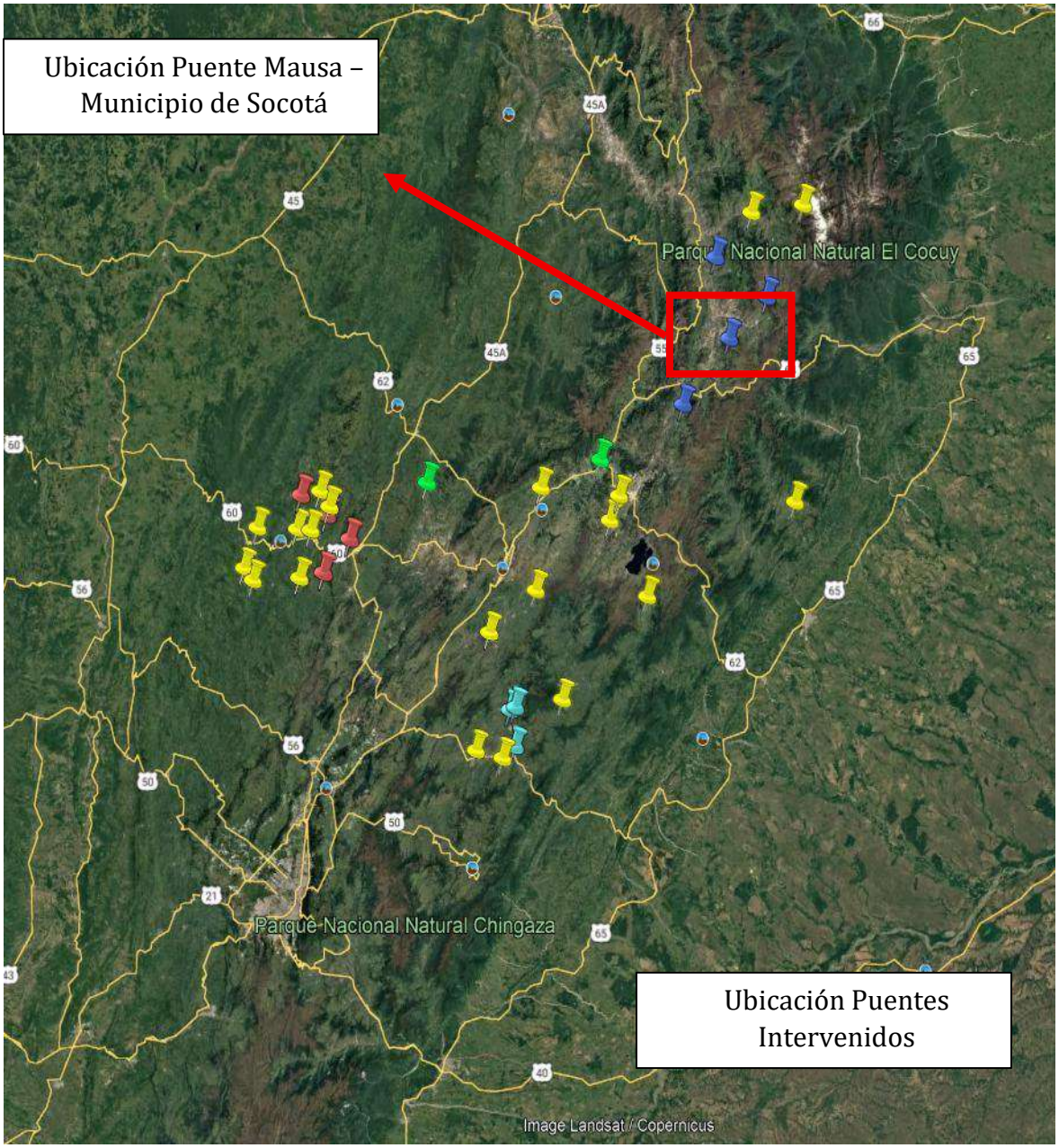
Figura 1. Macro Localización del Proyecto



Fuente: Google Earth

E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

Figura 2. Micro Localización del proyecto



Fuente: Google Maps

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

3.3. TIPO DE OBRA:

La construcción de las obras del proyecto comprende en forma general las siguientes actividades:

- LIMPIEZA ABRASIVA PARA ESTRUCTURA METÁLICA CON CHORRO DE ARENA (SAND BLASTING). (INCLUYE ARENA).
- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ESMALTE SINTÉTICO PARA ESTRUCTURA METALICA. (INCLUYE BASE EN ANTICORROSIVO).).
- SUMINISTRO, TRANSPORTE, FABRICACIÓN, FIGURADA Y/O ROLADO, ENSAMBLAJE Y MONTAJE MANUAL DE ESTRUCTURA METÁLICA.
- CONCRETO SIMPLE DE 28 MPa - (4000 PSI) IMPERMEABILIZADO PARA PLACAS PISOS.
- SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI 420 MPA.
- EXCAVACIÓN MANUAL EN MATERIAL COMUN.
- CONFIGURACIÓN Y COMPACTACIÓN SUBRASANTE CBR=95%
- BASE EN CONCRETO POBRE DE E = 0.05 M. 14 MPa - (2000 PSI)
- CONSTRUCCIÓN DE BORDILLO DE 20 X 35 CM. FUNDIDO EN CONCRETO DE 17.5 Mpa. (NO INCLUYE REFUERZO).
- TRANSPORTE DE MATERIAL DE AFIRMADO Y/O GRANULAR SUELTO (MEDIDO EN BANCO) DESPUÉS DE 5 KM.
- LOCALIZACION Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO PARA OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL.
- SUMINISTRO, EXTENDIDA Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL SELECCIÓNADO PARA BASE GRANULAR (INCLUYE ACARREO LIBRE HASTA 5KM) (**).
- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SEÑAL DE TRANSITO PREVENTIVA, REGLAMENTARIA O INFORMATIVA DE 90 x 90 CM.
- DESMONTE ESTRUCTURA METÁLICA EN PUENTES INCLUYE RETIRO.

3.4. TIEMPOS DE EJECUCIÓN:

El tiempo de ejecución de las actividades de obra estará sujeto al cronograma general de construcción, el cual se encuentra organizado en ocho (8) frentes de trabajo bajo la modalidad de monto agotable. La priorización de las intervenciones se definirá a partir del diagnóstico a realizar sobre los puentes afectados, estableciéndose un plazo total estimado de cuatro (4) meses para la ejecución de las obras.

3.5. MAQUINAS POR EMPLEAR:

Para la construcción del proyecto se dispondrá de maquinaria y equipos especializados, los cuales estarán sujetos a inspecciones permanentes con el fin de verificar el adecuado estado de funcionamiento, el cumplimiento de la normatividad de señalización vial, el transporte seguro de maquinaria pesada y el manejo responsable de materiales. Todo ello se realizará en concordancia con lo establecido en el Código Nacional de Tránsito Terrestre y demás disposiciones vigentes.

Los principales equipos para utilizar son los siguientes:

- Compresor de capacidad para dos martillos neumáticos.
- Compresor de aire portátil con accesorios.
- Equipo de corte de acero incluye consumibles
- Equipos de soldadura de 400 AMP.
- Equipo sand blasting
- Vibrador portátil para concreto
- Motoniveladora potencia mínima 120 HP y max 215 HP
- Vibrocompactador de rodillo liso (Capacidad mínima de 15 Ton)
- Equipo de topografía (estación total, nivel y accesorios)
- Oxicorte (oxigeno acetileno)
- Herramientas menores (martillos demoledores, taladros, vibradores de concreto, etc.).

3.6. USO PREDOMINANTE DEL SUELO:

En el área de influencia del proyecto, correspondiente al departamento de Boyacá, el uso del suelo presenta una alta diversidad derivada de sus condiciones geográficas, culturales y productivas. De manera general, se destacan los siguientes

usos predominantes:

- Uso agrícola: Boyacá se caracteriza por ser uno de los principales productores agrícolas del país, con cultivos de papa, cebolla, maíz, trigo, cebada,

  hortalizas y frutales. Estos cultivos se desarrollan tanto en pequeñas parcelas campesinas como en áreas de producción a mayor escala.

- Uso pecuario: la ganadería bovina, ovina y caprina tiene una importante presencia en zonas rurales, complementada con actividades avícolas y de cría de especies.

- Uso minero: en diferentes municipios se adelantan procesos de extracción de carbón, esmeraldas, arcillas, calizas y materiales de construcción, actividad que constituye una fuente de ingresos significativa para el departamento.

- Uso residencial rural y urbano: se presenta en las cabeceras municipales, centros poblados y en viviendas campesinas dispersas en veredas, que forman parte de la estructura social del territorio.

- Uso turístico y cultural: Boyacá posee una vocación turística importante gracias a su patrimonio histórico, arquitectónico, natural y religioso, con municipios de interés y de gran atractivo.

- Forestal: en zonas altas se encuentran coberturas boscosas naturales y áreas de reforestación.

El desarrollo de las intervenciones proyectadas sobre la infraestructura vial, particularmente en puentes y accesos, tiene incidencia directa sobre estos usos del suelo, al mejorar la movilidad, la conectividad y el acceso a servicios esenciales, dinamizando la economía local y regional.

En el área de influencia inmediata del Puente Mausa, en el municipio de Socotá, el uso del suelo es predominantemente rural, con una fuerte vocación agrícola y pecuaria, complementada por viviendas dispersas y pequeños centros poblados. La funcionalidad del puente resulta fundamental para la movilidad de la población rural, el transporte de productos agropecuarios y el acceso a servicios básicos, por lo que cualquier afectación en la estructura impacta directamente las dinámicas productivas y sociales del municipio. En este contexto, la intervención del puente y la implementación del Plan de Manejo de Tránsito se orientan a preservar la conectividad y reducir las afectaciones sobre las actividades económicas locales.

3.7. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE INFLUENCIA:

La zona de influencia corresponde al proyecto de "DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025". Dichas vías por intervenir presentan tráfico de bajo, medio y alto impacto debido a que conecta a vías municipales, primarias, secundarias y terciarias del departamento de Boyacá.

La zona de influencia del proyecto, correspondiente a los distintos municipios del departamento de Boyacá donde se ubican los puentes priorizados, presenta una

amplia diversidad en cuanto a usos del suelo, condiciones físicas y presencia de sitios especiales de interés ambiental, social y cultural.

La zona de influencia del Puente Mausa corresponde a un entorno rural de carácter estratégico dentro del municipio de Socotá, en el cual la infraestructura vial cumple un papel esencial en la articulación entre veredas, centros de producción agrícola y la red vial departamental, lo que refuerza la necesidad de una intervención oportuna y de un manejo adecuado del tránsito para garantizar la seguridad y continuidad del servicio vial.

3.8. SITIOS ESPECIALES:

En el área de influencia de los puentes se identifican sitios con valor ambiental, cultural y social, entre ellos:

- Áreas naturales y cuerpos hídricos: quebradas, ríos y microcuencas que cumplen funciones de abastecimiento hídrico y soporte ecosistémico (ej. río Negro, río Pisba, río Sáchica, quebrada Tobasía, quebrada Cacó, entre otras).
- Áreas de conservación y páramos: presencia de ecosistemas de alta montaña como el Páramo de Pisba, Páramo de La Cortadera y otros relictos boscosos que requieren especial protección.
- Patrimonio histórico y cultural: municipios con valor arquitectónico y cultural, así como resguardos indígenas en áreas puntuales.
- Centros poblados y equipamientos: escuelas rurales, centros de salud básicos, cascos urbanos de municipios y veredas que dependen de la conectividad vial.

En el entorno del Puente Mausa se identifican áreas de interés ambiental asociadas al cauce hídrico y zonas naturales circundantes, la cercanía del cuerpo de agua y la presencia de actividades rurales generan sensibilidad frente a las intervenciones viales, por lo cual se deben implementar medidas de señalización, control y protección que minimicen riesgos para los usuarios y el medio ambiente.

3.9. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

El territorio donde se desarrollan las intervenciones presenta las siguientes características físicas:

- Topografía: Socotá presenta una topografía fuertemente quebrada, con presencia de laderas pronunciadas, cañones y valles angostos. En el sector del Puente Mausa, el terreno se caracteriza por pendientes moderadas a altas, lo que limita las zonas de maniobra y obliga a una correcta delimitación del área de obra y manejo del tránsito.

- Clima: El municipio se encuentra en un piso térmico frío a muy frío, con temperaturas bajas y alta incidencia de nubosidad y precipitaciones estacionales. Durante periodos de lluvia se presentan incrementos de caudal en los cuerpos hídricos, disminución de visibilidad y condiciones resbaladizas, aspectos que deben ser considerados dentro del PMT con medidas preventivas.

- Hidrografía: El sector del puente se encuentra asociado a la red hídrica del municipio, donde el cauce Mausa presenta variaciones de caudal importantes en época de lluvias, pudiendo generar afectaciones en los accesos y zonas adyacentes al puente. Este comportamiento

hidrológico representa un factor de riesgo que debe ser atendido mediante manejo adecuado de tránsito y seguridad.

- Geología y suelos: Los suelos predominantes corresponden a materiales de origen sedimentario y rocoso, con zonas de depósitos coluviales y aluviales cerca del cauce. Bajo condiciones de humedad elevada, estos materiales pueden presentar inestabilidad, erosión y pérdida de capacidad portante en taludes y accesos, lo cual justifica la intervención estructural y la regulación del tránsito.

- Accesibilidad: El Puente Mausa hace parte de un corredor vial de carácter rural, que conecta sectores productivos del municipio de Socotá con la red vial secundaria y terciaria del departamento. La vía asociada presenta una sección transversal reducida, con limitadas bermas y sin rutas alternas inmediatas, lo que convierte a la estructura en un punto crítico para la movilidad local.

  Debido a estas condiciones, cualquier intervención sobre el puente genera una afectación directa al tránsito de la zona, especialmente al transporte de productos agrícolas, insumos básicos y al desplazamiento de la población rural. En este contexto, el Plan de Manejo de Tránsito se orienta a garantizar la continuidad controlada del flujo vehicular, priorizando la seguridad de los usuarios y minimizando los tiempos de restricción durante la ejecución de las obras.

La intervención de dicha estructura es prioritaria para garantizar la movilidad segura, la integración territorial y la reducción del riesgo de aislamiento en comunidades vulnerables afectadas por la ola invernal.

4. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

Las estrategias para el manejo temporal del tránsito por obras civiles deben apoyarse en los siguientes principios fundamentales:

- La seguridad de los usuarios en áreas de control temporal del tránsito, debe ser un elemento integral y de alta prioridad de todo proyecto.
- La circulación vial deberá ser restringida u obstruida lo menos posible.
- Los conductores y los peatones deben ser guiados de manera clara mediante dispositivos, mientras se aproximan y atraviesan la zona de las obras.
- Con el propósito de asegurar niveles de operación aceptables, se deben realizar inspecciones rutinarias de los elementos de regulación del tránsito.
- Debido al incremento potencial de riesgos, durante la regulación temporal del tránsito, la seguridad en la zona debe tener constante atención.
- Para la toma de decisiones de trabajo, cada persona, cuyas acciones afectan el control temporal del tránsito, debe recibir entrenamiento adecuado, desde el nivel superior del personal administrativo hasta el personal de campo.
- La regulación del tránsito a través de las áreas de trabajo es una parte esencial en la ejecución de obras.

Es importante considerar la difusión de los trabajos por desarrollar, con el propósito de que se tenga un conocimiento por parte de los usuarios de las vías y los habitantes de la zona.

5. METODOLOGÍA

El desarrollo del plan de manejo del tránsito en la zona de influencia de las obras comprende las etapas siguientes:

- Conocimiento de las características de las obras.
- Identificación de las características generales de la zona de influencia de la obra.
- Toma de información básica requerida para elaborar el plan de manejo del tránsito.
- Diseño del plan de manejo del tránsito.
- Puesta en marcha del plan de manejo del tránsito.
- Supervisión del plan de manejo del tránsito.

6. PLAN DE SEÑALIZACIÓN DENTRO DEL ÁREA A INTERVENIR

Cuando se ejecuten obras en la vía de construcción, rehabilitación, mantenimiento y las actividades relacionadas con las intervenciones inmediatas bajo la modalidad de obras por emergencia, y que de acuerdo a la necesidad se priorizarán para inicio de obras, de acuerdo a los ocho frentes de obras definidos (intervenciones que se harán hasta agotar el recurso disponible para tal fin), por un lapso de 4 meses, se presentan condiciones especiales y transitorias que pueden afectar la circulación normal de los usuarios de la vía.

Dichas situaciones serán atendidas aplicando normas y medidas técnicas apropiadas, que se incorporan al desarrollo del proyecto, cualquiera sea su importancia o magnitud, con el objeto de reducir el riesgo de siniestros viales y hacer más segura y expedita la circulación de los usuarios.

Para facilitar el manejo de la obra y acorde con la infraestructura disponible, en el plan general de manejo de tráfico se utilizará la señalización de acuerdo con lo estipulado en las normas del ministerio de transporte y el tránsito municipal de la siguiente forma:

- Se dispondrá de señales del tipo informativas y de precaución, instaladas en sitios específicos localizados a lo largo del proyecto, que sirvan para informar en forma general que se construirá determinada obra.
- Se dispondrá de señales tipo preventivas temporales en el sitio específico donde se desarrollará el tramo a construir en el día a día del proyecto.
- Se dispondrán de señales tipo preventivas en los puntos donde por

motivo de razones constructivas se deban tener holguras en el desarrollo de las actividades.

- Se dispondrá de barricadas, delineadores tubulares, cinta preventiva e iluminación reflectiva (sea el caso), en el tramo a ejecutar actividades por los horarios programados y en el momento que no se ejecuten obras.

El Plan general de Manejo de Tránsito tiene como objetivo mitigar el impacto que puedan ejercer las actividades a ejecutar por el proyecto de "DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025", de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Manual de Señalización Vial 2024 y con lo relacionado en planes de manejo de tránsito, la zona de influencia para obras de interferencia considerables como lo es este proyecto.

Manejo del Tránsito Vehicular: Para efectos de contrarrestar los impactos negativos sobre la circulación vehicular particular, que inevitablemente se generaran en el desarrollo de la obra, este PMT propone un horario de restricción vehicular temporal de la siguiente manera:

- La vía será intervenida en diferentes jornadas de trabajo. En horario diurno, las labores se realizarán de lunes a viernes entre las 7:00 a.m. y las 5:00 p.m., y los sábados de 7:00 a.m. a 12:00 p.m. Adicionalmente, debido a las condiciones de la obra, se prevé que en ciertos períodos se trabaje de lunes a domingo, en los horarios previamente indicados o en jornada extendida.

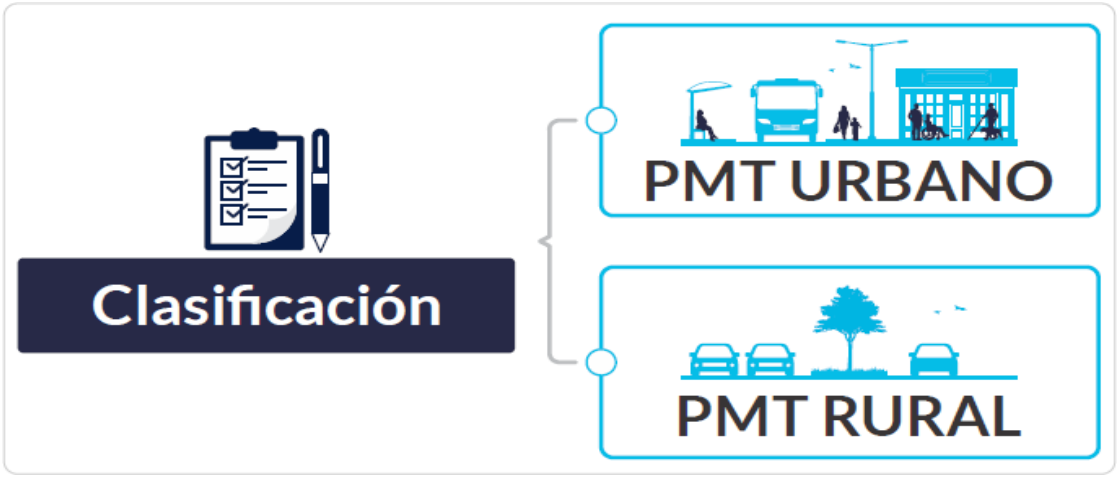
- La intervención se llevará a cabo en los 8 frentes de trabajo de acuerdo con el cronograma de obra. Durante las obras, se implementarán cierres parciales por carril con una duración de 15 minutos, coordinados por auxiliares de tránsito ubicados en cada extremo, quienes permitirán el paso alternado de los vehículos. Todo el proceso contará con señalización vertical y será supervisado por controladores viales abanderados.

Así mismo, teniendo en cuenta la diversidad de ubicaciones a definir en la priorización, se prevé regular el tránsito mediante señalización de "Ceda el paso" en aquellos puntos con bajo volumen vehicular.

Por lo tanto, como se menciona anteriormente la vía a intervenir tendrá cierre parcial por carril en el tiempo en que se ha especificado en ítems anteriores hasta que se finalicen las actividades de obra.

Teniendo en cuenta que la ejecución de obras se puede desarrollar en vías urbanas o rurales, de acuerdo con la clasificación de cada puente, el plan de manejo de tránsito se clasifica en PMT urbano y PMT rural.

Figura 3. Clasificación PMT



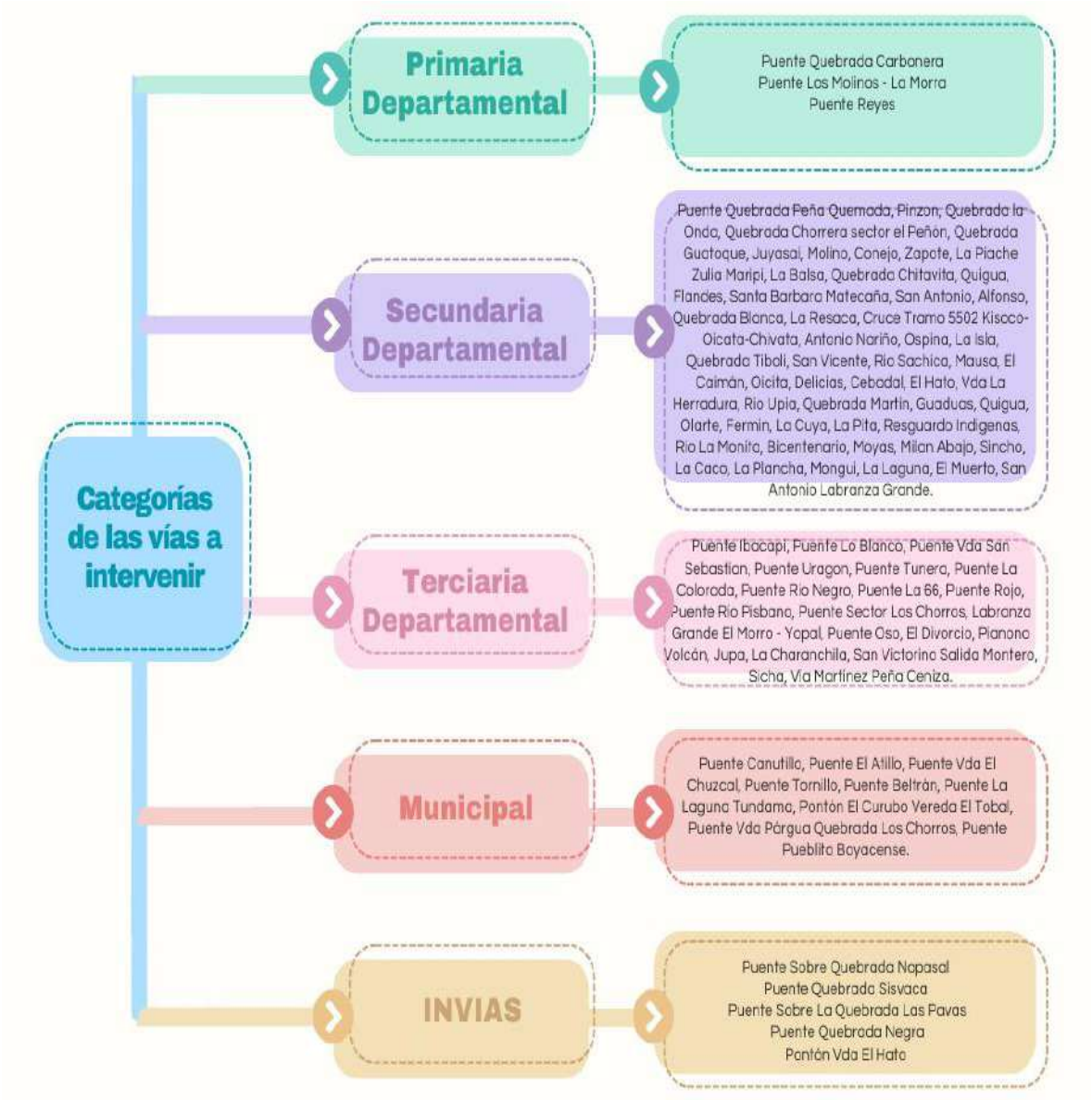
Fuente: MSV INVIAS 2024

De acuerdo con la complejidad en el análisis, estudio y diseño del PMT, que depende de la magnitud e impacto de la obra a ejecutarse, se establece en:

Categoría II. Obras de mediano impacto, Intervenciones o interferencias viales de mediana afectación a la movilidad y accesibilidad de los residentes y comercio del sector, ocasionadas por actividades, obras civiles, disposición de materiales u objetos y/o eventos que afecten el desplazamiento de los usuarios y/o a vías colectoras, que requieren la adecuación de un carril en contraflujo.

Teniendo en cuenta el listado de puentes a intervenir presentado en la Tabla 1, en la cual se especifica la categoría de cada uno, se presenta a continuación el resumen correspondiente.

Figura 4. Clasificación de las vías a intervenir.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Porcentaje categorías de las vías a intervenir



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la clasificación de las estructuras analizadas, se concluye que la mayor proporción de puentes se localiza en la red secundaria departamental, con un 58,89% del total, lo que refleja la relevancia de este tipo de vías dentro del sistema de conectividad regional. En segundo lugar, se encuentran los puentes en la red terciaria departamental (22,22%), los cuales, aunque de menor participación porcentual, cumplen un papel fundamental en la integración de las zonas rurales con los centros urbanos. El porcentaje restante corresponde a las vías municipales (10%), las vías a cargo del INVÍAS (5,56%) y la red primaria departamental (3,33%), evidenciando que, si bien su participación es menor, constituyen corredores estratégicos de movilidad.

En particular, el Puente Mausa, ubicado en el municipio de Socotá, se clasifica dentro de la red vial municipal–terciaria, ya que su función principal es garantizar la movilidad rural y el acceso de las comunidades a la cabecera municipal y a corredores viales de mayor jerarquía. Aunque el flujo vehicular no es alto, la estructura tiene un rol estratégico para la conectividad del territorio.

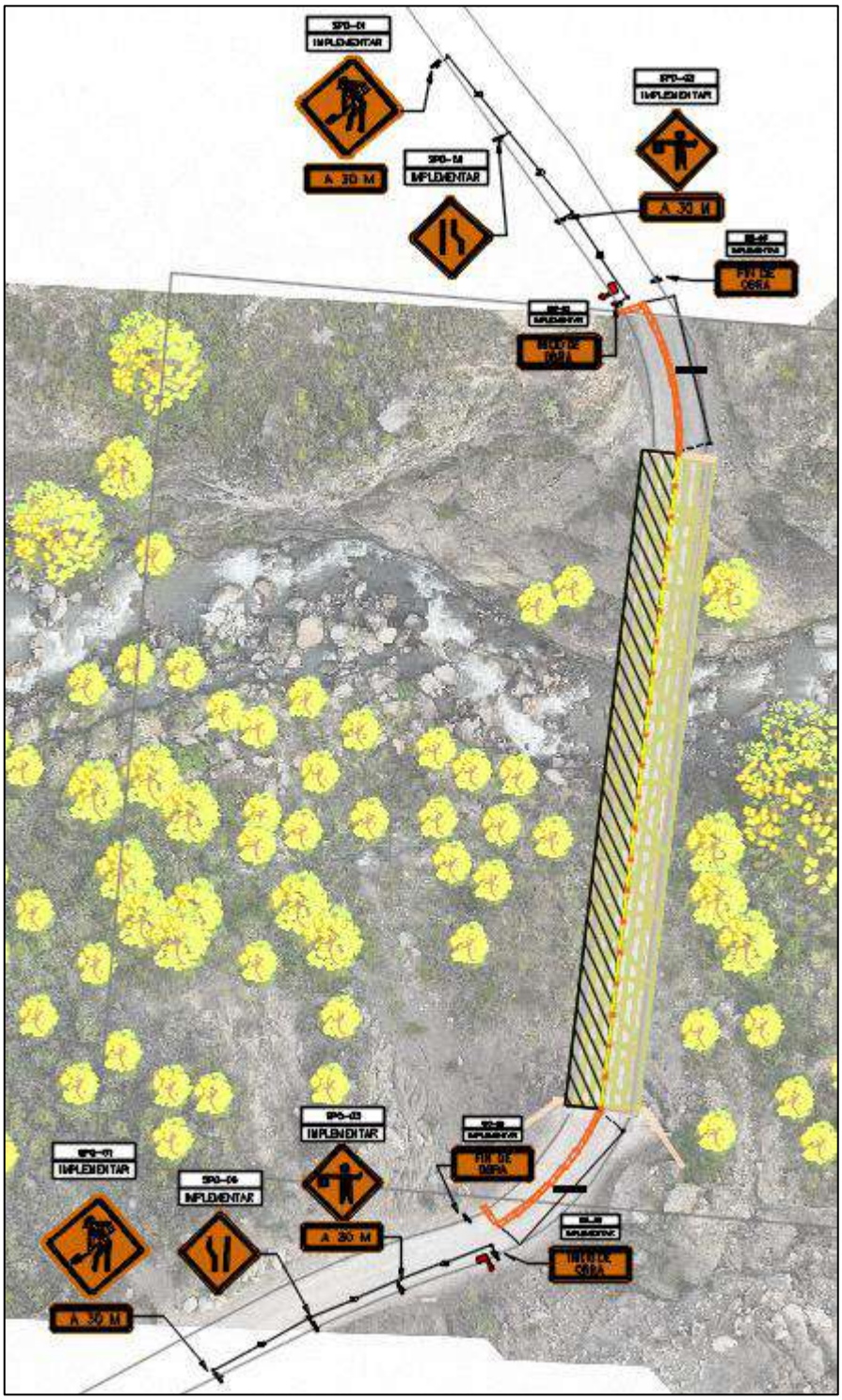
Por lo anterior, la intervención del puente requiere la implementación de un Plan de Manejo de Tránsito de categoría II, acorde con una afectación de mediano impacto, considerando las condiciones topográficas, la ausencia de desvíos directos y la importancia funcional del puente dentro del sistema vial municipal.

Sin embargo, como se indicó previamente, dado que se trata de un recurso con monto limitado, la ejecución del proyecto se iniciará con ocho (8) frentes de trabajo, priorizando aquellos puentes cuyo diagnóstico técnico determine la necesidad de intervención inmediata. En consecuencia, el esquema típico de ejecución será aplicable a la totalidad de los puentes objeto del contrato, por tanto, la implementación de cada Plan de Manejo de Tránsito (PMT) se llevará a cabo de manera progresiva, en función de los avances obtenidos en la ejecución de las obras y de la programación establecida en el cronograma de obra.

6.1. ESQUEMA DE SEÑALIZACION A EJECUTAR

El esquema típico más idóneo para implementar, en concordancia con los principios fundamentales expuestos en el presente capítulo, corresponde al cierre de un carril en una vía bidireccional de dos carriles, apoyado con la presencia de auxiliares de tránsito (Esquema Típico 9). Esta alternativa permite garantizar la continuidad del flujo vehicular en ambos sentidos, aunque de manera alternada, reduciendo el riesgo de congestión y aumentando la seguridad de los usuarios de la vía y del personal de obra.

Figura 6. PMT a implementar para cierre de un carril



La aplicación de este esquema resulta particularmente conveniente en zonas donde no es posible habilitar desvíos o rutas alternas, asegurando así la funcionalidad de la infraestructura durante el periodo de intervención. Asimismo, la incorporación de auxiliares de tránsito facilita el control operativo en campo, brindando mayor flexibilidad para responder a condiciones cambiantes de tráfico y a situaciones imprevistas que puedan surgir durante la ejecución de los trabajos.

Figura 7. Esquema típico para implementar

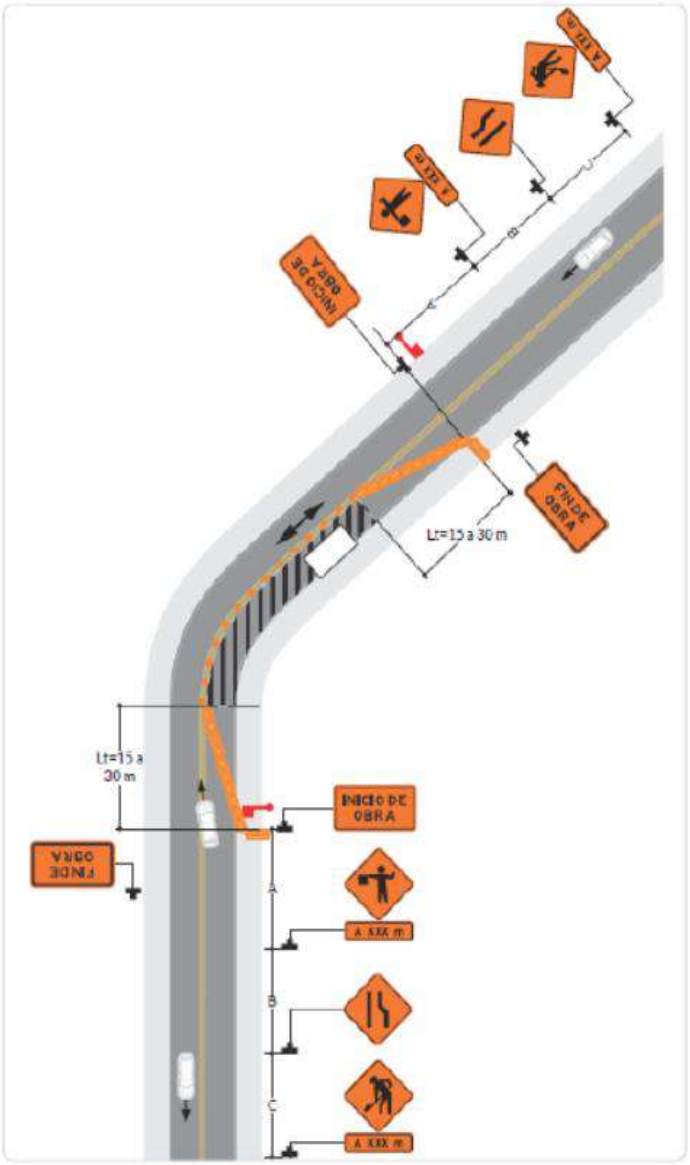


Figura 8. PMT a implementar









DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital





DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

El significado de los códigos de letras empleados en el esquema típico a implementar se establece en función de la velocidad máxima permitida de cada vía (km/h). De esta manera, cada letra corresponde a un rango de velocidades que sirve como referencia para definir las dimensiones, ubicación y características de la señalización y dispositivos de control de tránsito. A continuación, se presenta la relación de códigos y su respectiva interpretación:

Tabla 1. Significado de códigos de letras en esquemas típicos de aplicación

Velocidad Máxima Permitida en la vía (km/h)	Distancia entre señales (m)		
	A	B	C
≤ a 50	30	30	30
60 o 70	60	60	60
80 o 90	100	100	100
> a 90	200	200	200

* Los títulos de las columnas A, B y C son las dimensiones que aparecen en los esquemas de Aplicaciones Típicas.
** La dimensión A es la distancia desde el inicio de la zona de transición o restricción hasta la última señal (en dirección del tránsito) en la zona de prevención.
*** La dimensión B es la distancia entre la última y penúltima señal en la zona de prevención.
**** La distancia C es la distancia entre la primera y segunda señal (en dirección del tránsito) en la zona de prevención.
***** Lt: Factor de longitud de transición (m), en función del tipo de transición

Fuente: MSV INVIAS 2024

Por tanto, teniendo en cuenta las categorías viales establecidas en la **Tabla 1.** Listado de puentes objeto de intervención, se consideran los siguientes tipos de vías:

- Vías primarias: comprenden las troncales, transversales y acceso a la capital del departamento. Su función principal es integrar las principales zonas de producción y consumo del país, así como garantizar la conexión con los demás países.

- Vías secundarias: corresponden a aquellas que comunican cabeceras municipales entre sí y/o conectan una cabecera municipal con una carretera primaria.
- Vías terciarias: son las vías de acceso que enlazan las cabeceras municipales con sus veredas, o bien interconectan veredas entre sí.
- Vías municipales: corresponden a la red de carácter local, destinada a la movilidad interna del municipio y a la conexión con la red terciaria.

Por tanto, se aplicará el esquema teniendo en cuanto las velocidades de operación, donde se ha identificado que, las vías primarias de doble calzada presentan rangos entre 70 km/h y 110 km/h, mientras que las vías primarias de una calzada oscilan entre 60 km/h y 100 km/h. Para las vías secundarias la velocidad de operación se sitúa entre 40 km/h y 80 km/h; en las vías terciarias varía entre 20 km/h y 40 km/h; y en las vías municipales, entre 30 km/h y 60 km/h.

La longitud de transición se efectuará en 30 metros para las vías primarias y secundarias, y en 15 metros para las vías terciarias y municipales.

Valores sujetos a ajustes dependiendo de las condiciones topográficas del tramo en intervención, así como de situaciones especiales de carácter residencial, escolar o urbano, en las cuales se aplican restricciones adicionales por motivos de seguridad vial.

El esquema de manejo de tránsito adoptado corresponde al cierre de un carril en una vía bidireccional de dos carriles, con regulación alternada del flujo vehicular mediante auxiliares de tránsito, conforme al Esquema Típico No. 9 del Manual de Señalización Vial – Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras.

Este esquema se define como el más idóneo, en tanto preserva la seguridad de los usuarios de la vía y del personal de obra, garantiza la funcionalidad de la infraestructura durante la intervención y optimiza el uso de los recursos disponibles.

Jornadas de Intervención:

La ejecución de las actividades se desarrollará en diferentes jornadas de trabajo:

- Horario diurno: de lunes a viernes entre las 7:00 a.m. y 5:00 p.m., y los sábados de 7:00 a.m. a 12:00 p.m.
- Horarios extendidos o continuos: dependiendo de las condiciones particulares de obra, se podrán realizar labores de lunes a domingo, ya sea en el horario diurno regular o en jornadas extendidas, garantizando siempre la presencia de señalización y personal de control vial durante el tiempo de intervención.
- Para la intervención de las actividades en la estructura metálica, la vía se cerrará en intervalos de una hora, permitiéndose un paso vehicular de veinte minutos entre cada cierre

Implementación en Frentes de Trabajo:

La intervención de los ocho (8) frentes de trabajo se efectuará conforme al cronograma de obra, aplicando el esquema típico de manera simultánea en cada uno de ellos. En todos los frentes se dispondrá la señalización preventiva, reglamentaria e informativa, junto con el apoyo de controladores viales en ambos sentidos de circulación, quienes operarán con paletas "PARE – SIGA" y sistemas de comunicación coordinada.

Dispositivos de Control y Señalización:

La señalización se instalará siguiendo las disposiciones del esquema típico base y las distancias establecidas de acuerdo con la velocidad máxima permitida en el tramo intervenido. Entre los principales dispositivos a utilizar se encuentran:

- Señales verticales preventivas y reglamentarias:
    - "Trabajos en la vía" (ubicada antes de la zona de transición o canalización).
    - "Inicio de obra" y "Fin de obra".
    - "Auxiliar de tránsito".
    - "Angostamiento a la derecha".
    - "Angostamiento a la izquierda".

- Elementos de canalización y contención:
    - Delineadores tubulares compuestos ("Colombina").
    - Barricadas tipo maletín.
    - Cintas plásticas.

Operación del Esquema:

Durante la ejecución, se realizarán cierres parciales de carril con duración aproximada de 15 minutos, administrados por auxiliares de tránsito en cada frente, quienes mediante el sistema "PARE – SIGA" garantizarán el paso alternado de vehículos en ambos sentidos.

Se implementarán medidas específicas para:

- Guiar de forma segura a peatones, conductores y demás usuarios a través de la zona de obra.
- Advertir sobre riesgos previstos y eventuales, mitigando la posibilidad de incidentes en el área de influencia.
- Proteger al personal de obra, visitantes y proveedores, reduciendo la exposición a flujos vehiculares.

Consideraciones para Peatones:

Se dispondrán senderos peatonales canalizados, debidamente señalizados con elementos plásticos, garantizando la accesibilidad y seguridad de los transeúntes.

Estos corredores estarán delimitados por dispositivos de canalización, evitando la interacción directa con los vehículos y las zonas de obra.

6.1.1. Inventario de señalización vial a implementar dentro del área a intervenir:

Para cada frente de trabajo, la señalización se dispondrá conforme al Esquema Típico Base establecido en el Manual de Señalización Vial – Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras. El inventario de elementos a implementar por frente es el siguiente:

Señales preventivas y reglamentarias:

- 2 señales SPO-01 "Trabajos en la vía".
- 2 señales SPO-03 "Auxiliar de tránsito".
- 1 señal SPO-05 "Angostamiento a la derecha".
- 1 señal SPO-06 "Angostamiento a la izquierda".
- 2 señales SIO-02 "Inicio de obra".
- 2 señales SIO-03 "Fin de obra".
- 2 señales SRO-04 "PARE – SIGA".

Elementos de canalización y contención:

- 22 delineadores tubulares.
- 16 barricadas tipo maletín.
- 2 cinta de demarcación.

Equipos y control de apoyo:

- 1 equipo de comunicación.
- 2 auxiliares de tránsito.

Es importante aclarar que, en el caso de intervenciones sobre vías terciarias con bajos volúmenes de tránsito, no se contará con auxiliares de tránsito físicos. En su lugar, la señal SPO-03 "Auxiliar de tránsito" será reemplazada por la señal reglamentaria de "Ceda el paso", atendiendo a las condiciones particulares de estas vías y en cumplimiento de las disposiciones normativas aplicables.

Se aclara que, dado el carácter agotable de los recursos asignados, la ejecución se focalizará en los puentes priorizados de acuerdo con los resultados del diagnóstico técnico a realizar. En este sentido, la aplicación del Plan de Manejo de Tránsito (PMT) estará orientada inicialmente a dichos frentes de intervención, garantizando la correcta implementación de las medidas de señalización, canalización y control vial. Adicionalmente, se establece que el PMT podrá ser objeto de modificaciones y ajustes conforme a las condiciones específicas que se presenten durante la ejecución del contrato. Dichos ajustes estarán asociados al avance de obra, a variaciones en los frentes de trabajo o a necesidades operativas que requieran optimizar la movilidad y la seguridad vial en el área de influencia de las intervenciones. Con ello se asegura que el plan mantenga su carácter dinámico y flexible, respondiendo de manera oportuna a las exigencias técnicas y operativas del proyecto.

7. SEÑALIZACIÓN IMPLEMENTADA

Cuando se ejecuten los trabajos para el proyecto de "DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025".

Para dicha situación se deben implementar medidas técnicas apropiadas, que se incorporan a lo largo de la ejecución del proyecto, esto con el objeto de reducir el riesgo de accidentes del flujo vehicular (conductores), el flujo peatonal como el personal de la obra que intervienen en el mismo.

Los dispositivos para la regulación del tránsito, en cada puente a intervenir deberán ubicarse con anterioridad al inicio de la obra, permanecer durante la ejecución de esta y serán retirados una vez cesen las condiciones que dieron origen a su instalación.

7.1. Señales preventivas en zonas de obras

Tienen por objeto advertir a los usuarios de la vía sobre los peligros potenciales existentes en la zona, cuando existe una obra que afecta el tránsito y puede presentarse un cierre parcial de la vía. Las señales preventivas deberán ubicarse con suficiente anticipación al lugar de inicio de la obra. Las señales preventivas tienen forma de rombo y sus colores serán naranja para el fondo y negro para símbolos, textos, flechas y orla. Se colocarán a el (los) lado(s) (derecho y/o izquierdo) de la vía que se afecte por la obra.

Figura 9. SPO-01 Trabajos en la vía



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Su instalación es obligatoria, previa a zonas de obra, y se utiliza para advertir a los conductores que las condiciones de circulación se modifican transitoriamente a una distancia determinada. Se ubicará antes de la zona de transición o canalización, a una distancia que depende de la velocidad máxima permitida, antes de la zona de prevención y de las demás señales consideradas para dicha zona. Esta señal debe ser de color anaranjado fluorescente.

Figura 10. SPO-03 Auxiliar de tránsito



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Esta señal se utiliza para advertir que, más adelante, la circulación por el área de obras está controlada por un auxiliar de tránsito que utiliza señales manuales tipo "banderero".

Figura 11. SPO-05 Angostamiento a la derecha



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Esta señal es usada para advertir un estrechamiento al costado derecho de la calzada. Cuando dicho estrechamiento implique la eliminación de uno o más carriles, puede utilizarse la leyenda "A XXX CARRIL (ES)" que indica el número de carriles disponibles más adelante en la vía.

Figura 12. SPO-06 Angostamiento a la izquierda



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Esta señal será usada para advertir un estrechamiento al costado izquierdo de la calzada.

7.1.1. Señales informativas:

Las señales informativas tienen como propósito orientar y guiar a los usuarios de la vía a través de la zona de obras, entregándoles la información necesaria con suficiente anticipación para que puedan transitar por ella de la forma más segura, simple y directa posible.

Las señales informativas para obras en la vía, de acuerdo con su función, se

clasifican en:

- Señales que guían al usuario a través de un desvío (ITD)
- Señales que informan sobre carriles de circulación (ITP)
- Otras (ITO)

7.1.2. Información de inicio y fin de obra:

Figura 13. SIO-02 Inicio de obra



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Esta señal anuncia el inicio de la obra en la vía. Por tanto, indica a todos los usuarios la necesidad de extremar las precauciones con motivo de las modificaciones a las condiciones habituales de circulación. Se debe instalar al inicio de la zona de transición.

Esta señal anuncia el inicio de la obra en la vía. Por tanto, indica a todos los usuarios la necesidad de extremar las precauciones con motivo de las modificaciones a las condiciones habituales de circulación. Se debe instalar al inicio de la zona de transición.

Figura 14. SIO-03 Fin de obra



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Esta señal se utiliza para indicar que las condiciones transitorias dadas por las zonas de obra en la vía se restablecen por la terminación de las obras, y se indica mediante la leyenda "FIN DE OBRA".

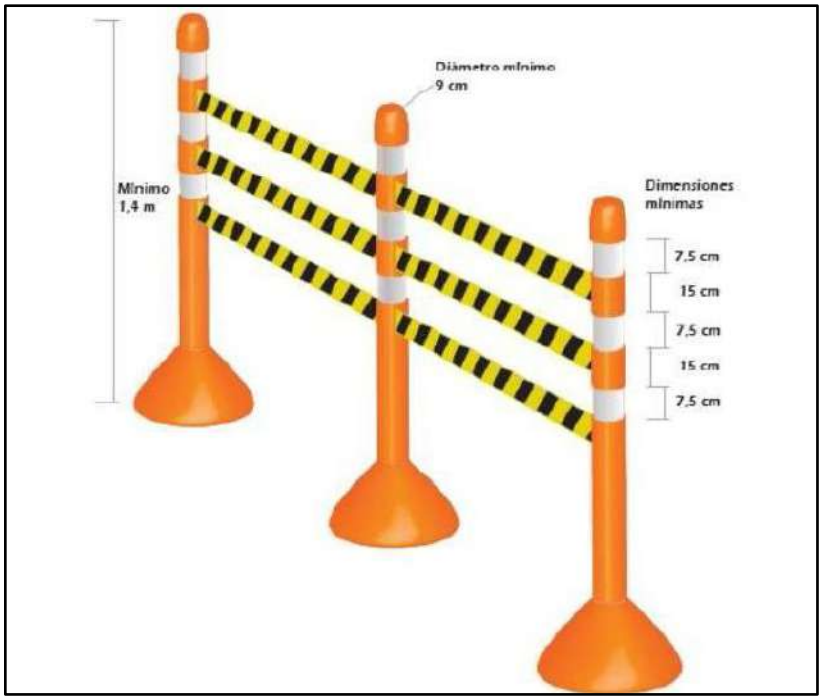
7.1.3. Dispositivos para la canalización del tránsito:

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

7.1.4. Delineadores tubulares:

Delineadores Tubulares son dispositivos de canalización vehicular y peatonal serán fabricados en material plástico anaranjado y unido por cinta de señalización (CINTA PELIGRO).

Figura 15. Delineadores tubulares



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Para garantizar su estabilidad y funcionamiento, se recomienda una separación entre ellos de aproximadamente 3 m.

7.1.5. Cinta plástica:

La cinta plástica de demarcación es un dispositivo temporal de señalización y seguridad vial contemplado dentro de los elementos auxiliares de canalización para zonas de obra o mantenimiento vial. Su función principal es delimitar áreas de tránsito restringido, guiar a los usuarios de la vía y reforzar la seguridad de peatones y trabajadores en los frentes de intervención.

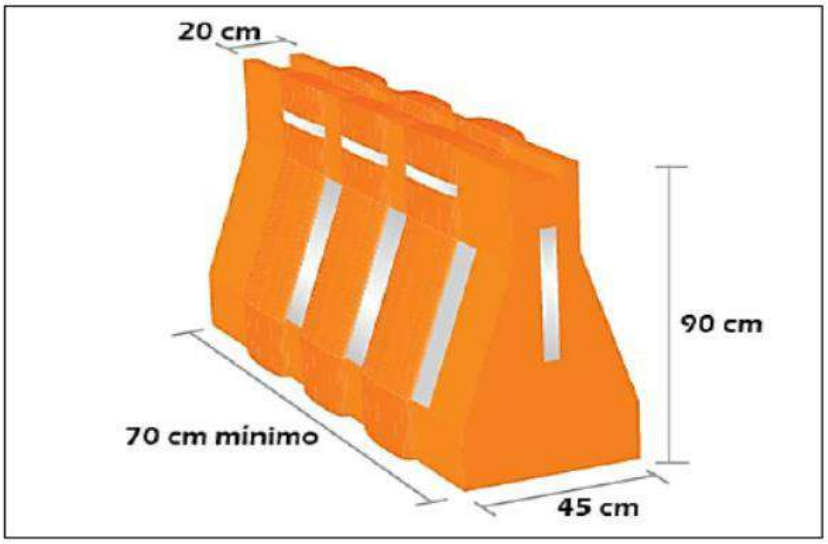
Figura 16. Cinta plástica



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

7.1.6. Barreras plásticas:

Figura 17. Barrera plástica



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

7.1.7. Dispositivos manuales

En este proyecto por sus características puntuales, la regulación del tránsito alternado se realizará mediante bandereo en cada en cada extremo de la obra, con radios que permitan la comunicación entre ellos.

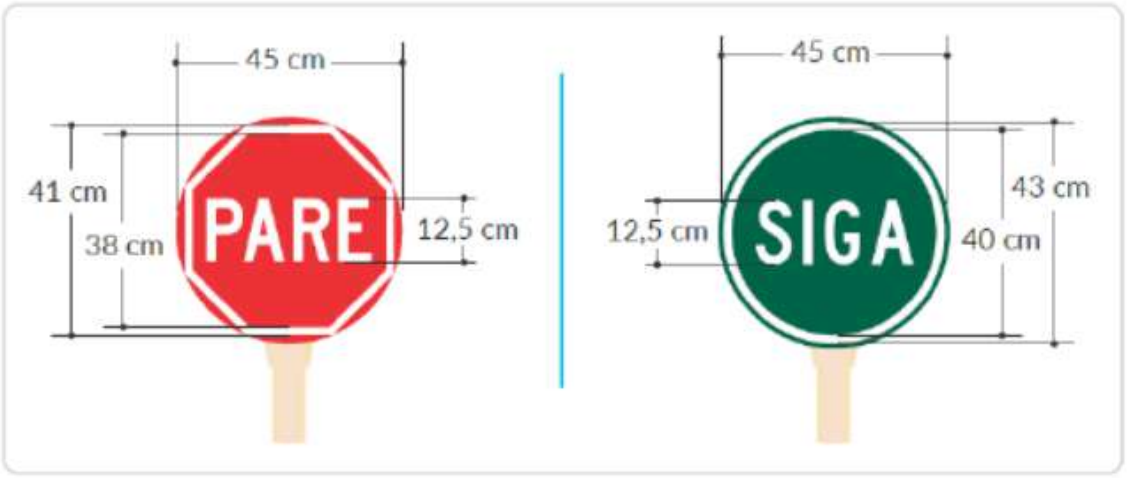
Con el fin de que el auxiliar de tránsito conozca cuándo permitir el tránsito por el acceso que controla, empleará algunos de los siguientes sistemas:

- Identificar por medio de la placa de la matrícula o describir el último vehículo, al Bandereo del otro extremo.
- Empleo de equipos de comunicación.
- Los bandereaos emplean banderas o paletas. Las banderas son franjas de tela de color rojo, de 60 por 60 cm, sujetas a una estaca de 100 cm de longitud. Son dispositivos que se usan comúnmente en las horas del día para efectos de regulación del tránsito en vías afectadas por la ejecución de obras.

Las paletas son elementos fabricados en madera, plástico u otros materiales semirrígidos livianos, que tienen la misma forma y características de la señal SR-01 pare y que contiene los mensajes de "PARE" por una cara y de "SIGA" o "LENTO" en la otra cara. El tamaño mínimo de la paleta corresponderá a la inscripción de un octágono dentro de un círculo mínimo de 45 cm de diámetro.

El fondo de la cara de "PARE", será de color rojo con letras y bordes blanco y el fondo de la cara "SIGA", será de color verde con letras y bordes blancos, todos ellos fabricados en lámina reflectiva Tipo 1. El soporte de la paleta tendrá como mínimo 1,20 m de longitud y será de color blanco.

Figura 18. SRO-04 Pare/Siga



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

Figura 19. Señalización Pare/Siga



Fuente. Manual de señalización vial INVIAS 2024

7.1.8. Esquemas típicos:

En esta sección se presentan esquemas tipo de señalización y de medidas de seguridad, tanto para vías urbanas como rurales, a través de los cuales se ilustra cómo aplicar los criterios enunciados en las secciones anteriores.

En la práctica, se debe incorporar el criterio profesional para adaptar estos esquemas a las características y condiciones de cada caso en particular. Asimismo, es probable que en algunos casos las señales y medidas de seguridad que en definitiva deban implementarse correspondan a combinaciones de uno o más esquemas de los aquí presentados.

Figura 20. Convenciones de señales de tránsito



Fuente: Manual de señalización vial INVIAS 2024

El presente Plan de Manejo de Tránsito se realizó teniendo en cuenta el esquema típico emitido por el Manual de Señalización Vial 2024 en la Figura 7-40 Cierre de un carril en una vía bidireccional de dos carriles, con auxiliares de tránsito (esquema típico

8. INFORMACIÓN Y DIVULGACIÓN DEL PLAN

Una vez aprobado el Plan de Manejo de Tránsito y señalización para el proyecto de "DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025". Se adelantará una campaña de divulgación de este, con el fin de informar oportunamente a los usuarios que transitan por los diferentes corredores viales, el cual se realiza por medio de piezas de divulgación masivas.

Esta divulgación será realizada de la siguiente manera:

- ✓ Entrega de boletines e información al transporte público, particular y especial.
- ✓ Reuniones con la comunidad.
- ✓ Avisos parroquiales (cuando sea posible)
- ✓ Aviso por medio de las redes sociales.

8.1. CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PMT:

Una vez puesto en marcha el Plan de Manejo de Tráfico, se dispondrá del personal suficiente y los elementos necesarios para llevar un adecuado seguimiento de este. De este seguimiento y de las acciones a realizar durante el mismo, dependerá el buen funcionamiento del Plan de Manejo de Tráfico.

Se contará con planes de contingencia que le permitan aplicar acciones oportunas que den solución a las diferentes alteraciones al tráfico que puedan presentarse durante la ejecución de las obras.

8.1.1. Acciones de contingencia:

Con el fin de desplegar acciones de contingencia que permitan atender en forma oportuna las diferentes alteraciones al tráfico ocasionadas por choques, accidentes o vehículos varados, entre otros, se debe contar de forma permanente, en la obra como mínimo con el siguiente equipo:

Equipos de comunicación en cantidad mínima de 2 unidades para el grupo de trabajo para mantener constante información y solicitar apoyo a la Policía Nacional cuando haya lugar.

Tabla 2. Acciones de contingencia

ALTERACION	PLAN DE CONTINGENCIA
1. Por obra 1.1 Cierre parcial de carril, debido a mayor área requerida por la obra, por ejemplo para reposición de redes. En este caso debe garantizarse la circulación mínimo por un carril.	Acciones recomendadas: 1.1.1 Reporte a la autoridad correspondiente. 1.1.2 Colocar abanderado que alterne el derecho de paso, uno a uno, en la reducción de dos a un carril, durante el tiempo que dure la restricción. 1.1.3 Instalar señal móvil SP-31 o SP-30 según sea el caso. 1.1.4 Restablecimiento de las condiciones normales de circulación lo antes posible.
1.2 Ocupación temporal de carril debido a vehículos de la obra que es indispensable ubicar al costado del cerramiento. Su duración es menor de una hora y sólo se podrá realizar en horas de baja demanda vehicular	1.2.1 Colocar abanderado que alterne el derecho de paso uno a uno a la altura del inicio de la ocupación del carril, durante el tiempo que dure la utilización parcial de la vía.
1.3Cierre total de la calzada debido a reposición de redes u otra eventualidad que pueda llegar a requerirlo.	1.3.1 Reporte a la autoridad correspondiente. 1.3.2 Implementar Plan de desvíos propuesto pero notificando del cierre total a la autoridad competente. 1.3.3 Restablecimiento de las condiciones normales de circulación lo antes posible.
2 Ajenos a la obra 2.1 Cierre parcial de calzada por vehículo varado o accidente de tránsito	2.2.1 Reporte a la autoridad correspondiente.

Fuente: Elaboración propia

9. PRESUPUESTO DEFINIDO DENTRO DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO (PMT)

Tabla 3. Cantidades para la implementación del PMT

CANTIDADES PARA LA IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO		
MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL 2024-MINTRANSPORTE		
SEÑALIZACIÓN VERTICAL PREVENTIVA		
TIPO	**NOMBRE**	**CANTIDAD**
SPO-01	TRABAJOS EN LA VÍA	2
SPO-03	AUXILIAR DE TRÁNSITO	2
SPO-05	ANGOSTAMIENTO A LA DERECHA	1
SPO-06	ANGOSTAMIENTO A LA IZQUIERDA	1
SEÑALIZACIÓN VERTICAL INFORMATIVA		
TIPO	**NOMBRE**	**CANTIDAD**
SIO-02	INICIO DE OBRA	2
SIO-03	FIN DE OBRA	2
DISPOSITIVOS PARA LA CANALIZACIÓN DEL TRÁNSITO		
NOMBRE		**CANTIDAD**
DELINEADORES TUBULARES		22
BARRICADA TIPO MALETIN		16
CINTA PLASTICA (ML)		1000
SEÑAL SRO-04 (PARE Y SIGA)		2
EQUIPO DE COMUNICACIÓN X2		1
PERSONAL PARA IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO		
NOMBRE		**CANTIDAD**
AUXILIAR DE TRÁNSITO O CONTROLADOR VIAL		2

Fuente: Elaboración propia.

CONSORCIO PEB – JI

901.977.234-8

DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTAR EL PMT

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	MESES	VALOR UNITARIO	IVA (1.19)	VALOR MATERIAL	TRANSPORTE	VALOR PARCIAL
1	**SEÑALIZACIÓN VERTICAL**								
1.1	TRABAJOS EN LA VÍA (REFLECTIVAS)	UND	2		$ 192,051.00	$ 45,049.00	$ 237,100.00	$ 70,000.00	$ 544,200.00
1.2	AUXILIAR DE TRÁNSITO	UND	2		$ 192,051.00	$ 45,049.00	$ 237,100.00	$ 70,000.00	$ 544,200.00
1.3	ANGOSTAMIENTO A LA DERECHA	UND	1		$ 192,051.00	$ 45,049.00	$ 237,100.00	$ 70,000.00	$ 307,100.00
1.4	ANGOSTAMIENTO A LA IZQUIERDA	UND	1		$ 192,051.00	$ 45,049.00	$ 237,100.00	$ 70,000.00	$ 307,100.00
1.5	INICIO DE OBRA (REFLECTIVAS)	UND	2		$ 192,051.00	$ 45,049.00	$ 237,100.00	$ 70,000.00	$ 544,200.00
1.6	FIN DE OBRA (REFLECTIVAS)	UND	2		$ 192,051.00	$ 45,049.00	$ 237,100.00	$ 70,000.00	$ 544,200.00
2	**DISPOSITIVOS PARA LA CANALIZACIÓN DEL TRÁNSITO**								
2.1	BARRERA TIPO MALETÍN PLÁSTICO REFLECTIVO Y ARENA	UND	16		$ 391,343.40	$ 91,796.60	$ 483,140.00	$ 340,340.00	$ 8,070,580.00
2.3	SEÑAL SRO-04 (PARE Y SIGA)	UND	2		$ 21,222.00	$ 4,978.00	$ 26,200.00	$ 40,000.00	$ 92,400.00
2.4	CINTA DEMARCACIÓN PELIGRO-NO PASE 500M	UND	2		$ 23,409.00	$ 5,491.00	$ 28,900.00	$ 40,000.00	$ 97,800.00
2.5	DELINEADORES TUBULARES	UND	22		$ 35,883.00	$ 8,417.00	$ 44,300.00	$ 350,000.00	$ 1,324,600.00
2.7	EQUIPO DE COMUNICACIÓN	UND	1		$ 97,929.00	$ 22,971.00	$ 120,900.00	$ 40,000.00	$ 160,900.00
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**UND**	**CANTIDAD**	**MESES**	**VALOR UNITARIO**	**PRESTACIONES**		**TRANSPORTE**	**VALOR PARCIAL**
3	**PERSONAL PARA IMPLEMENTACIÓN DEL PMT**								
3.1	AUXILIAR DE TRÁNSITO	UND	2	1.50	$ 1,423,500.00	$ 4,153,570		$ 200,000.00	$ 5,908,892.50
VALOR TOTAL DEL PRESUPUESTO									**$ 18,446,173.00**

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

10. RECOMENDACIONES

- Implementar todas las medidas que se plantean en el PMT para diferentes frentes de trabajo, con el fin de mitigar el impacto de las obras y reducir los riesgos de ocurrencia de accidentes.
- Socializar el proyecto con la comunidad por medio de campañas de divulgación con el fin de informar oportunamente a los usuarios que transitan por el corredor vial, el cual se realiza por medio de piezas de divulgación masivas.
- Previo a la implementación del PMT se debe adelantar una capacitación en la cual se socializarán entre otros los relacionados con: Riesgos en el área de influencia del PMT, las características generales de la obra a ejecutar (Tipo de actividad a realizar, cierres, desvíos, maquinaria y equipo a utilizar, zonas de acopios temporales, tiempos programados) y finalmente los lineamientos dados por la Secretaria de Tránsito en la aprobación del PMT y las recomendaciones a tener en cuenta para la correcta implementación del mismo, principalmente en lo relacionado con la integridad personal y la seguridad vial de los usuarios de las vías.
- Una vez se haya realizado la implementación del PMT, el director de Obra junto con el Residente de Obra y el inspector procederán a realizar un recorrido de verificación del correcto funcionamiento de: Desvíos, cierres vehiculares, senderos peatonales, zonas de cargue y descargue; y muy importante, las condiciones de tránsito de las personas en condiciones de movilidad reducida, con el objetivo de prevenir posibles accidentes de tránsito y/o determinar acciones de mejora.
- Para la circulación interna de obra las rutas de circulación de los equipos de movimientos de tierras deberán estar perfectamente definidas y planificadas. Esta planificación tendrá en cuenta el condicionante de que no haya máquinas cuyos radios de acción interfieran mutuamente ni afecte la movilidad de

personas y vehículos en caso de que se realicen trabajos en jornadas diurnas.

- En primer lugar, los caminos de circulación interna de obra deberán estar perfectamente señalizados y delineados, diferenciando el paso de maquinaria del de operarios a pie.
- En aquellos trabajos en los que concurra la presencia de trabajadores, como medida para mejorar la percepción por parte de los maquinistas, éstos deberán utilizar ropa de alta visibilidad, especialmente en el caso de los señalistas de maquinaria y personal de topografía.
- Los caminos de circulación tendrán como pendiente máxima la que condicione la máquina más restrictiva que circule por ellas. En general, es una buena práctica que estas pendientes no sobrepasen el 20%.

Responsable:



GIOVANNI FRANCISCO LAZARO CORREA

C.C. 13.472.455 de Cúcuta

T.P. 54202-80117 NDS

DIRECTOR DE OBRA INGENIERO CIVIL

ESPECIALISTA EN VÍAS Y TRANSPORTE