

**ANEXOS**

Anexo de Respuesta a Pregunta 1 y 5  
COORDENADAS Y MAPAS DEL ÁREA DE AFECTACIÓN, EN  
LA VÍA HACIA EL FUERTE SAN LORENZO



CUADRO DE CONSTRUCCION POLIGONO 1 CALLE PPAL				
PUNTO	LADO	DIST.	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	300.06	616063.3864	1028423.215
P2	P2 - P3	299.88	615818.8259	1028597.07
P3	P3 - P4	300.03	615573.4204	1028769.419
P4	P4 - P5	300.32	615360.9277	1028981.238
P5	P5 - P6	300.03	615229.0878	1029251.073
P6	P6 - P7	299.95	615099.1797	1029521.515
P7	P7 - P8	300.00	614969.1546	1029791.823
P8	P8 - P9	299.71	614839.4989	1030062.362
P9	P9 - P10	299.74	614758.9029	1030351.036
P10	P10 - P11	300.62	614831.0319	1030641.963
P11	P11 - P12	296.18	615014.7721	1030879.893
P12	P12 - P13	299.77	615178.0761	1031126.98
P13	P13 - P14	286.37	615272.9235	1031411.348
P14	P14 - P15	299.00	615261.1223	1031697.472
P15	P15 - P16	299.99	615091.3861	1031943.629
P16	P16 - P17	301.19	614917.7409	1032188.251
P17	P17 - P18	301.83	614748.9162	1032437.678
P18	P18 - P19	296.58	614868.1257	1032714.973
P19	P19 - P20	16.45	615098.9099	1032901.242
P20 (a)	P20 - P21	49.39	615115.3448	1032901.881
P21 (a)	P21 - P22	19.96	615115.9309	1032951.267
P22 (a)	P22 - P23	48.41	615135.8931	1032951.1
P23 (a)	P23 - P24	227.30	615136.2872	1032902.695
P24	P24 - P25	96.77	615190.7988	1033123.361
P25 (b)	P25 - P26	48.67	615170.2951	1033217.93
P26 (b)	P26 - P27	32.49	615129.061	1033192.067
P27 (b)	P27 - P28	51.44	615108.5449	1033217.263
P28 (b)	P28 - P29	166.06	615152.1248	1033244.598
P29	P29 - P30	292.75	615177.4677	1033408.709
P30	P30 - P31	296.57	615386.2795	1033613.887
P31	P31 - P32	268.29	615597.2925	1033822.284
P32	P32 - P33	299.01	615745.2934	1034046.063
P33	P33 - P34	185.70	615692.4804	1034340.369
P34 (c)	P34 - P35	3.15	615610.8218	1034507.154
P35 (c)	P35 - P36	47.34	615608.8393	1034504.706
P36 (c)	P36 - P37	3.15	615570.1016	1034531.922
P37 (c)	P37 - P38	50.86	615571.563	1034534.712
P38	P38 - P39	297.88	615526.1404	1034557.593
P39	P39 - P40	285.95	615299.7213	1034751.159
P40	P40 - P41	231.79	615024.4782	1034673.654
P41	P41 - P42	201.23	614907.864	1034873.976
P42	P42 - P43	299.76	614757.5441	1035007.764
P43	P43 - P44	300.40	614489.9834	1034872.614
P44	P44 - P45	289.83	614199.7354	1034795.185
P45	P45 - P46	81.36	613930.8503	1034903.362
P46 (d)	P46 - P47	9.00	613849.9871	1034894.427
P47 (d)	P47 - P48	98.91	613851.4608	1034885.548
P48 (d)	P48 - P49	54.76	613753.8948	1034869.327
P49 (d)	P49 - P50	58.73	613760.9988	1034815.027
P50 (d)	P50 - P51	50.00	613702.7666	1034807.408
P51 (d)	P51 - P52	104.96	613696.2805	1034856.986
P52 (d)	P52 - P53	9.00	613592.8673	1034839.024
P53 (d)	P53 - P54	254.13	613591.1025	1034847.849
P54	P54 - P55	300.28	613342.8492	1034793.515
P55	P55 - P56	273.62	613049.2655	1034730.46
P56	P56 - P57	288.36	612775.6729	1034726.735
P57	P57 - P58	284.77	612706.4615	1034446.803
P58	P58 - P59	276.59	612640.303	1034169.827

CUADRO DE CONSTRUCCION POLIGONO 1 CALLE PPAL				
PUNTO	LADO	DIST.	ESTE	NORTE
P59	P59 - P60	288.25	612755.1131	1033918.194
P60	P60 - P61	299.95	612597.4016	1033676.91
P61	P61 - P62	266.61	612344.5028	1033515.625
P62	P62 - P63	295.84	612289.6144	1033254.731
P63	P63 - P64	283.17	612239.6328	1032963.138
P64	P64 - P65	294.81	612056.5555	1032747.116
P65	P65 - P66	300.82	611909.6534	1032491.519
P66	P66 - P67	266.14	611650.3339	1032339.05
P67 (e)	P67 - P68	1.65	611556.9081	1032089.848
P68 (e)	P68 - P69	60.24	611558.1683	1032088.79
P69 (e)	P69 - P70	1.65	611519.1905	1032042.86
P70 (e)	P70 - P71	247.27	611517.9481	1032043.938
P71	P71 - P72	293.51	611344.5576	1031867.651
P72	P72 - P73	289.64	611115.2851	1031684.401
P73	P73 - P74	286.86	610915.6213	1031474.579
P74	P74 - P75	224.69	610731.1322	1031254.911
P75 (f)	P75 - P76	12.26	610514.3536	1031195.799
P76 (f)	P76 - P77	79.97	610519.3921	1031184.619
P77 (f)	P77 - P78	12.49	610449.4505	1031145.844
P78 (f)	P78 - P79	252.03	610437.6277	1031149.859
P79	P79 - P80	298.90	610321.871	1030925.988
P80	P80 - P81	293.76	610058.8781	1030783.95
P81	P81 - P82	18.75	609772.299	1030719.4
P82	P82 - P83	12.00	609754.4312	1030713.702
P83	P83 - P84	18.75	609750.7857	1030725.135
P84	P84 - P85	297.51	609768.6535	1030730.832
P85	P85 - P86	285.92	610058.9481	1030795.95
P86	P86 - P87	251.21	610310.5024	1030931.867
P87 (f)	P87 - P88	15.00	610426.6092	1031154.63
P88 (f)	P88 - P89	108.84	610412.6502	1031160.121
P89 (f)	P89 - P90	15.00	610503.2588	1031220.417
P90 (f)	P90 - P91	223.74	610509.4226	1031206.74
P91	P91 - P92	288.08	610725.329	1031265.414
P92	P92 - P93	289.49	610911.0149	1031485.66
P93	P93 - P94	288.87	611110.5314	1031695.419
P94	P94 - P95	246.89	611335.9738	1031876.036
P95 (e)	P95 - P96	4.47	611509.1012	1032052.053
P96 (e)	P96 - P97	59.58	611505.794	1032055.066
P97 (e)	P97 - P98	4.47	611544.3375	1032100.494
P98 (e)	P98 - P99	269.78	611547.7509	1032097.603
P99	P99 - P100	296.79	611644.3913	1032349.475
P100	P100 - P101	298.57	611900.5621	1032499.351
P101	P101 - P102	281.34	612050.5575	1032757.509
P102	P102 - P103	282.15	612232.0767	1032972.461
P103	P103 - P104	281.27	612278.2768	1033250.799
P104	P104 - P105	300.03	612337.9366	1033525.669
P105	P105 - P106	275.30	612590.9018	1033686.997
P106	P106 - P107	281.29	612743.2652	1033916.289
P107	P107 - P108	281.39	612628.7958	1034173.231
P108	P108 - P109	298.40	612694.92	1034444.18
P109	P109 - P110	280.66	612766.8047	1034734.819
P110	P110 - P111	299.66	613047.3671	1034742.308
P111	P111 - P112	300.06	613340.3395	1034805.25
P112	P112 - P113	60.28	613633.642	1034868.593
P113 (d)	P113 - P114	60.00	613693.2116	1034877.791
P114 (d)	P114 - P115	59.06	613698.0338	1034937.598
P115 (d)	P115 - P116	43.10	613756.9545	1034933.505
P116 (d)	P116 - P117	178.82	613753.4906	1034890.543

CUADRO DE CONSTRUCCION POLIGONO 1 CALLE PPAL				
PUNTO	LADO	DIST.	ESTE	NORTE
P117	P117 - P118	290.70	613930.5844	1034915.359
P118	P118 - P119	295.96	614200.3986	1034807.167
P119	P119 - P120	296.96	614486.2097	1034884.005
P120	P120 - P121	222.78	614751.2037	1035018.027
P121	P121 - P122	213.25	614919.7533	1034872.35
P122	P122 - P123	295.43	615022.5037	1034685.491
P123	P123 - P124	293.87	615308.5791	1034759.254
P124	P124 - P125	50.72	615531.8456	1034568.182
P125 (c)	P125 - P126	3.15	615577.1303	1034545.343
P126 (c)	P126 - P127	50.96	615578.5917	1034548.133
P127 (c)	P127 - P128	3.15	615620.3567	1034518.927
P128 (c)	P128 - P129	193.58	615618.3742	1034516.48
P129	P129 - P130	300.77	615704.1958	1034342.967
P130	P130 - P131	284.44	615757.2628	1034046.919
P131	P131 - P132	288.92	615599.2105	1033810.439
P132	P132 - P133	288.96	615395.1965	1033605.856
P133	P133 - P134	155.19	615188.4824	1033403.947
P134 (b)	P134 - P135	46.72	615162.2979	1033250.978
P135 (b)	P135 - P136	32.46	615201.876	1033275.803
P136 (b)	P136 - P137	49.22	615222.1673	1033250.467
P137 (b)	P137 - P138	103.58	615180.4682	1033224.311
P138	P138 - P139	241.77	615202.7971	1033123.162
P139 (a)	P139 - P140	48.43	615136.3849	1032890.69
P140 (a)	P140 - P141	22.00	615136.7792	1032842.261
P141 (a)	P141 - P142	47.79	615114.7756	1032842.085
P142 (a)	P142 - P143	15.92	615115.2812	1032889.869
P143	P143 - P144	285.51	615099.3763	1032889.251
P144	P144 - P145	292.16	614878.3041	1032708.582
P145	P145 - P146	297.50	614760.3619	1032441.283
P146	P146 - P147	300.01	614927.5294	1032195.193
P147	P147 - P148	300.56	615101.1857	1031950.554
P148	P148 - P149	295.32	615271.737	1031703.069
P149	P149 - P150	299.39	615284.4624	1031408.027
P150	P150 - P151	301.22	615189.7689	1031124.01
P151	P151 - P152	298.22	615024.1511	1030872.407
P152	P152 - P153	294.42	614841.7166	1030636.501
P153	P153 - P154	294.04	614770.899	1030350.729
P154	P154 - P155	299.99	614850.2898	1030067.612
P155	P155 - P156	300.03	614979.9398	1029797.084
P156	P156 - P157	299.97	615109.9998	1029526.704
P157	P157 - P158	299.60	615239.8848	1029256.31
P158	P158 - P159	294.60	615371.3882	1028987.118
P159	P159 - P160	300.12	615580.2079	1028779.315
P160	P160 - P161	299.93	615825.8067	1028606.83
P161	P161 -P1	12.00	616070.2656	1028433.047

Área (m²):	212,180.40	(a): Área de afectación, puente sobre el Río San Lorenzo 1
Área (ha):	21.21	(b): Área de afectación, puente sobre el Río San Lorenzo 2
Perímetro (m):	32644.62	(c): Área de afectación, garita
		(d): Área de afectación, puente sobre el Río Arenal
		(e): Área de afectación, punto crítico 1
		(f): Área de afectación, puente sobre el Río Las Lajas



CONSULTORES AMBIENTALES Y MULTISERVICIOS S.A.

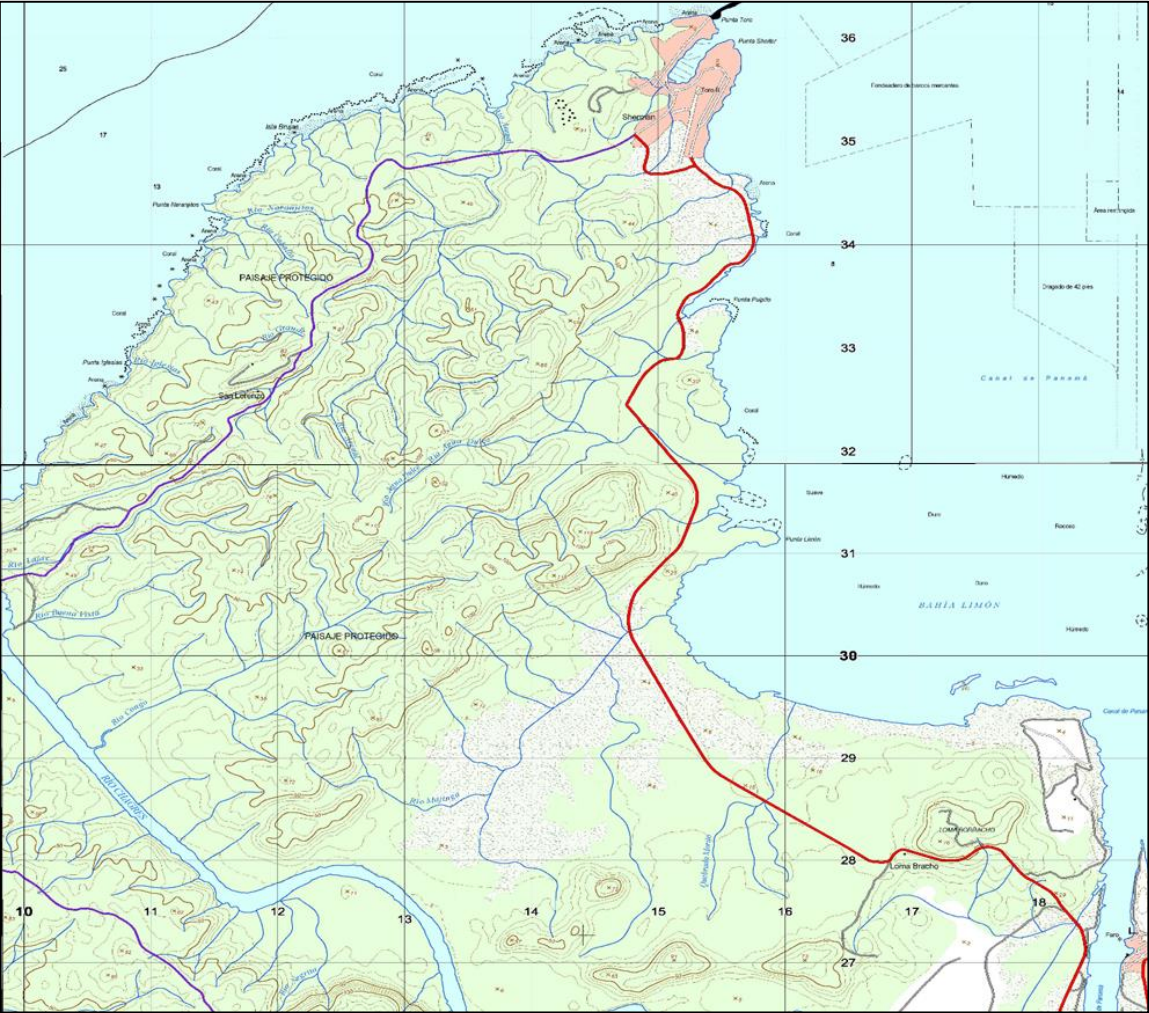


MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Proyecto: REHABILITACIÓN DEL CAMINO HACIA EL FUERTE DE SAN LORENZO, DISTRITO DE COLÓN, PROVINCIA DE COLÓN

TRAMO CALLE PRINCIPAL HACIA EL FUERTE SAN LORENZO

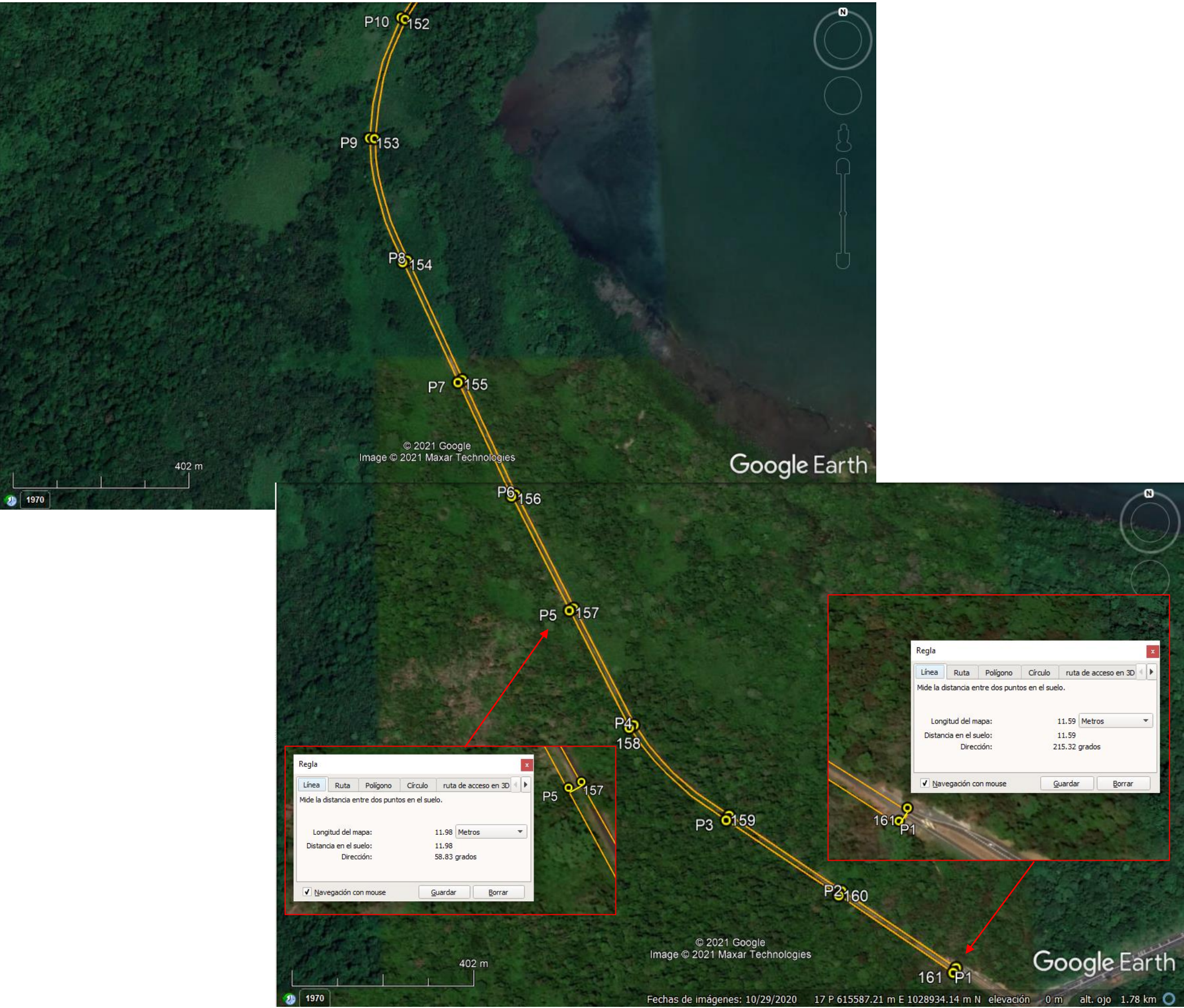




LOCALIZACIÓN







CONSULTORES AMBIENTALES Y MULTISERVICIOS S.A.



MINISTERIO DE  
OBRAS PÚBLICAS

Proyecto: **REHABILITACIÓN DEL CAMINO HACIA EL FUERTE  
DE SAN LORENZO, DISTRITO DE COLÓN, PROVINCIA DE  
COLÓN**

TRAMO CALLE PRINCIPAL HACIA EL FUERTE  
SAN LORENZO





CONSULTORES AMBIENTALES Y MULTISERVICIOS S.A.



MINISTERIO DE  
OBRAS PÚBLICAS

Proyecto: **REHABILITACIÓN DEL CAMINO HACIA EL FUERTE  
DE SAN LORENZO, DISTRITO DE COLÓN, PROVINCIA DE  
COLÓN**

TRAMO CALLE PRINCIPAL HACIA EL FUERTE  
SAN LORENZO

HOJA 3 DE 7





CONSULTORES AMBIENTALES Y MULTISERVICIOS S.A.



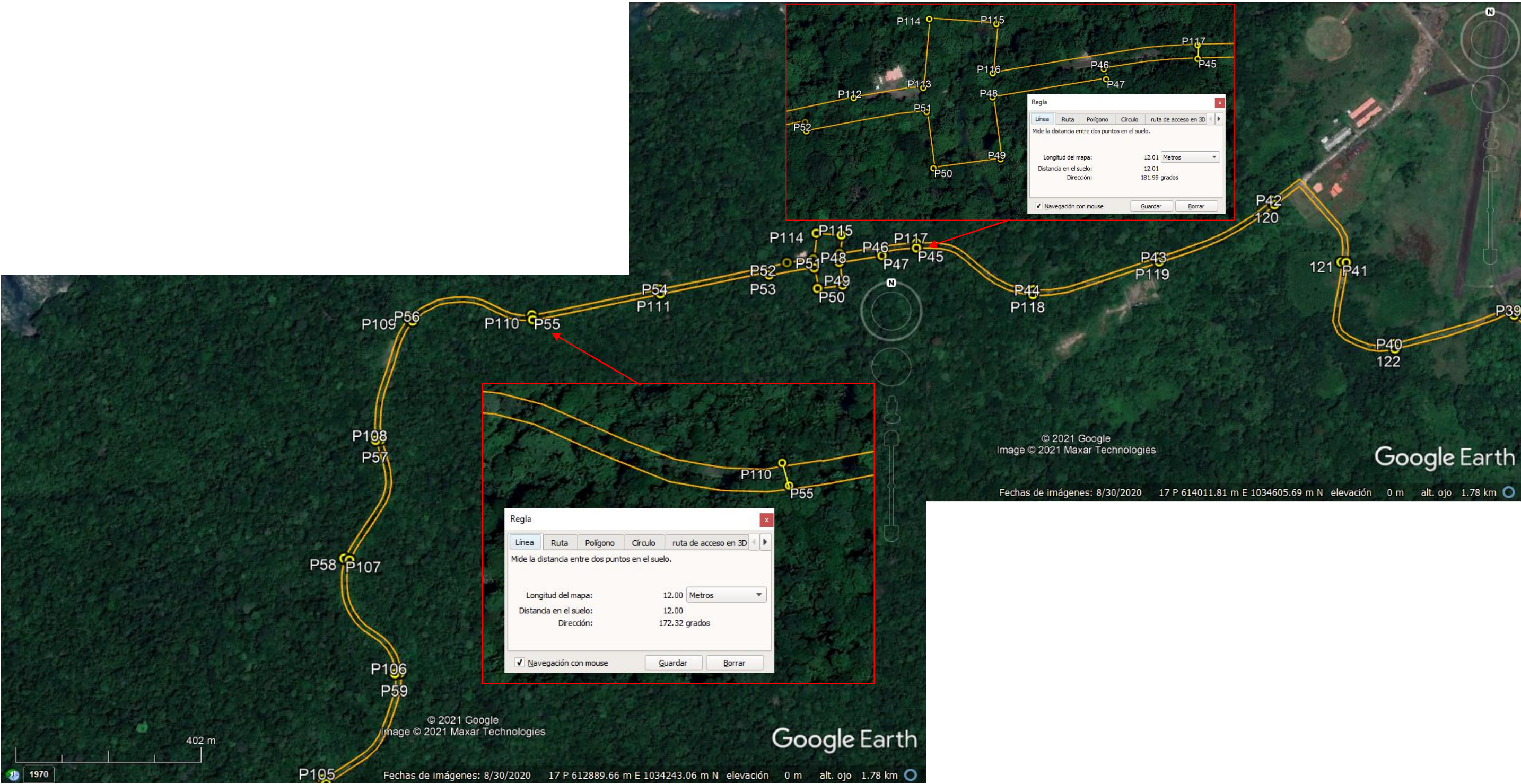
MINISTERIO DE  
OBRAS PÚBLICAS

Proyecto: **REHABILITACIÓN DEL CAMINO HACIA EL FUERTE  
DE SAN LORENZO, DISTRITO DE COLÓN, PROVINCIA DE  
COLÓN**

TRAMO CALLE PRINCIPAL HACIA EL FUERTE  
SAN LORENZO

HOJA 4 DE 7





CONSULTORES AMBIENTALES Y MULTISERVICIOS S.A.

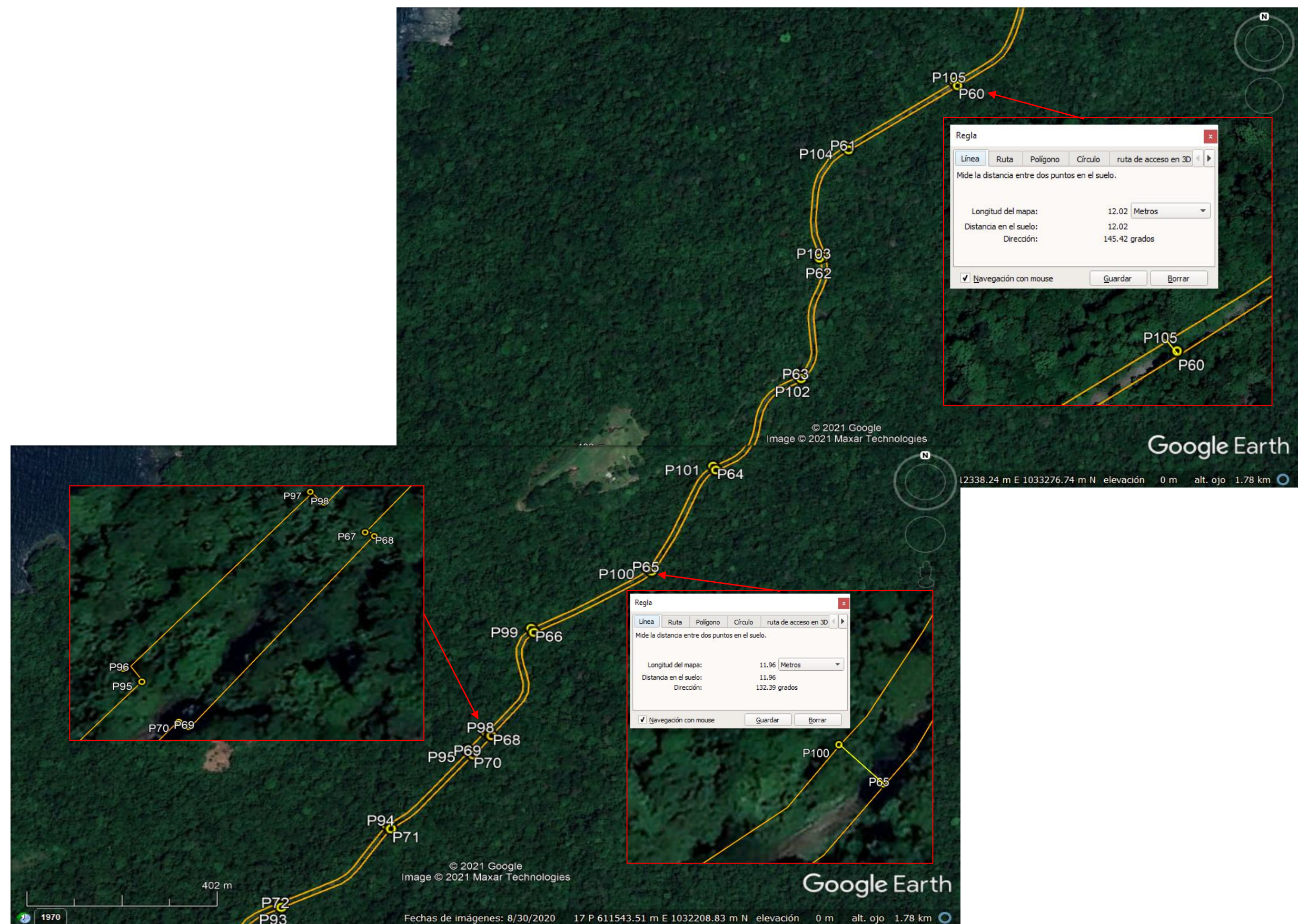


MINISTERIO DE  
OBRAS PÚBLICAS

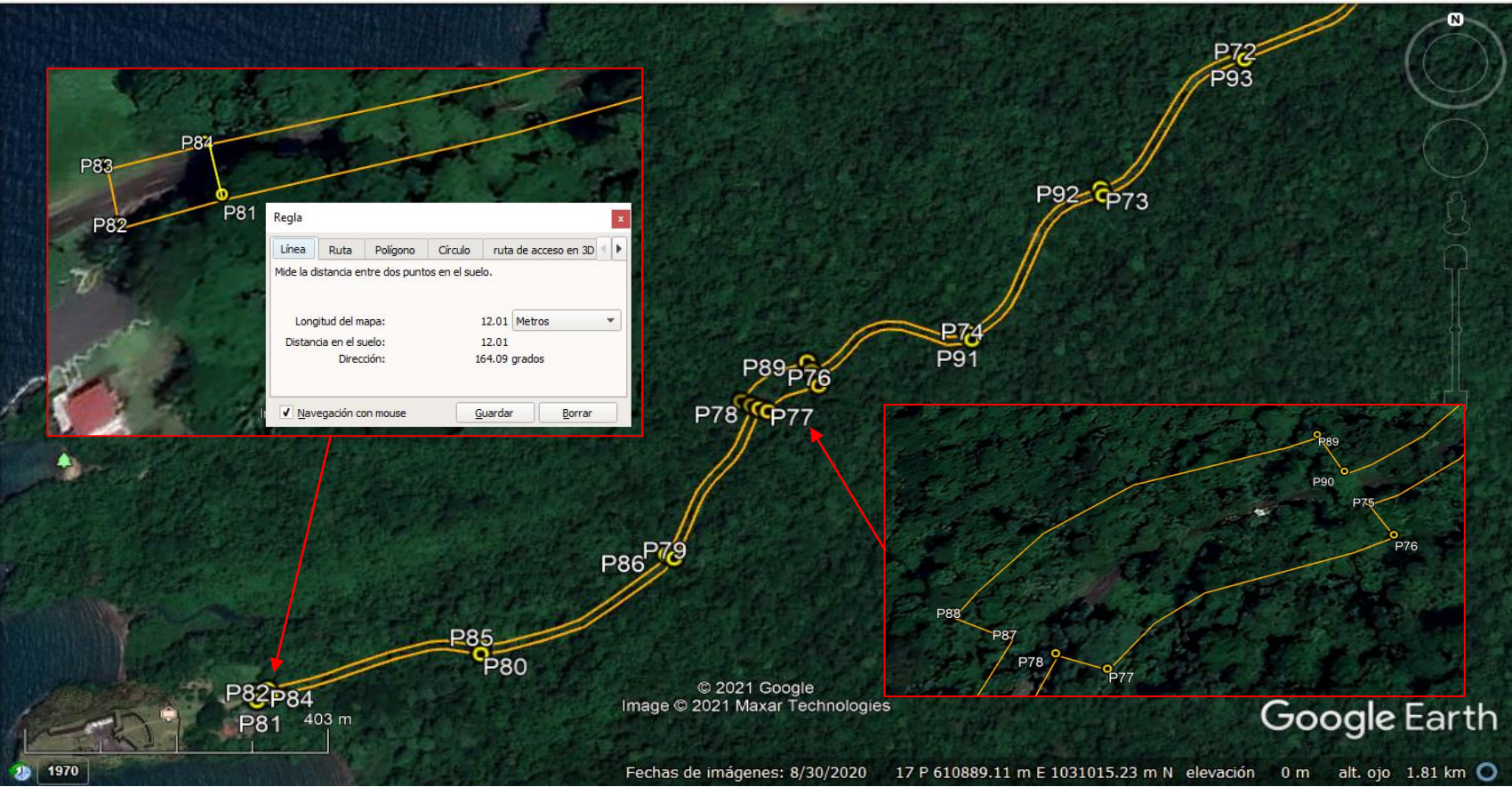
Proyecto: **REHABILITACIÓN DEL CAMINO HACIA EL FUERTE  
DE SAN LORENZO, DISTRITO DE COLÓN, PROVINCIA DE  
COLÓN**

TRAMO CALLE PRINCIPAL HACIA EL FUERTE  
SAN LORENZO









CONSULTORES AMBIENTALES Y MULTISERVICIOS S.A.



MINISTERIO DE  
OBRAS PÚBLICAS

Proyecto: **REHABILITACIÓN DEL CAMINO HACIA EL FUERTE  
DE SAN LORENZO, DISTRITO DE COLÓN, PROVINCIA DE  
COLÓN**

TRAMO CALLE PRINCIPAL HACIA EL FUERTE  
SAN LORENZO



CUADRO DE CONSTRUCCION POLIGONO 2 - MARINA SHERMAN				
PUNTO	LADO	DIST.	ESTE	NORTE
P1			614814.54	1035069.41
P2	P1 - P2	13.00		
P3	P2 - P3	301.24		
P4	P3 - P4	188.00		
P5	P4 - P5	122.10		
P6	P5 - P6	98.53		
P7	P6 - P7	195.12		
P8	P7 - P8	192.25		
P9	P8 - P9	12.00		
P10	P9 - P10	192.48		
P11	P10 - P11	202.73		
P12	P11 - P12	106.86		
P13	P12 - P13	115.79		
P14	P13 - P14	177.10		
	P14 - P1	298.06		

Área (m²):	13,650
Área (ha):	1.36
Perímetro (m):	2215.26



CONSULTORES AMBIENTALES Y MULTISERVICIOS S.A.



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

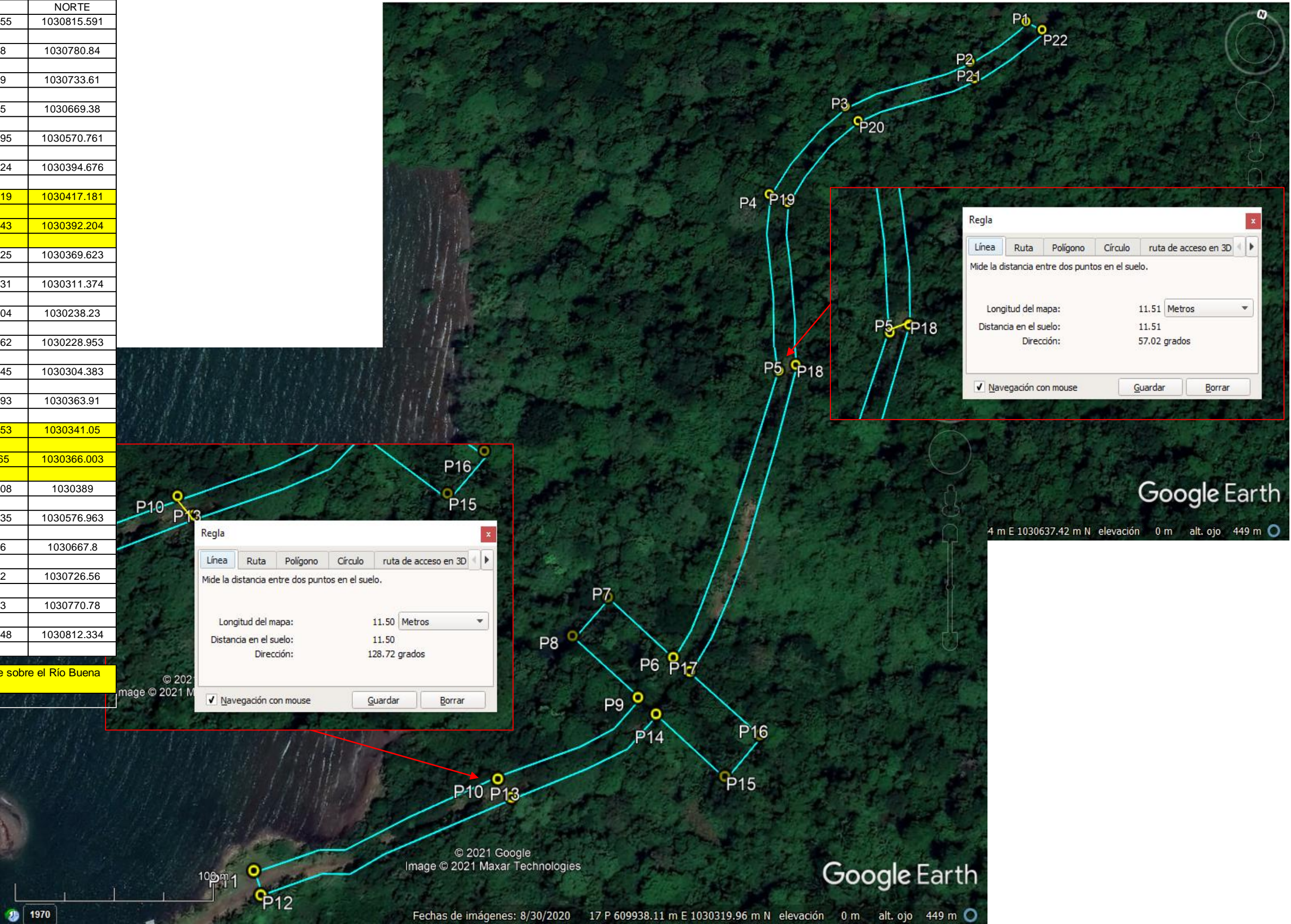
Proyecto: **REHABILITACIÓN DEL CAMINO HACIA EL FUERTE DE SAN LORENZO, DISTRITO DE COLÓN, PROVINCIA DE COLÓN**

TRAMO MARINA SHERMAN



CUADRO DE CONSTRUCCION POLIGONO 3 - EMBARCADERO				
PUNTO	LADO	DIST.	ESTE	NORTE
P1			610180.1055	1030815.591
P2	P1 - P2	45.40	610151.28	1030780.84
P3	P2 - P3	84.30	610082.69	1030733.61
P4	P3 - P4	72.7	610051.95	1030669.38
P5	P4 - P5	106.10	610082.2895	1030570.761
P6	P5 - P6	178.11	610055.4924	1030394.676
P7 (a)	P6 - P7	46.59	610014.7819	1030417.181
P8 (a)	P7 - P8	28.54	610000.9743	1030392.204
P9	P8 - P9	46.67		
P10	P9 - P10	85.52	610041.8225	1030369.623
P11	P10 - P11	131.21	609979.2031	1030311.374
P12	P11 - P12	11.50	609870.2704	1030238.23
P13	P12 - P13	134.43	609877.0662	1030228.953
P14	P13 - P14	87.27	609988.3345	1030304.383
P15 (a)	P14 - P15	46.42	610052.1493	1030363.91
P16 (a)	P15 - P16	29.55	610093.4953	1030341.05
P17	P16 - P17	47.54	610107.365	1030366.003
P18	P17 - P18	189.78	610065.7608	1030389
P19	P18 - P19	189.78	610091.9735	1030576.963
P20	P19 - P20	94.20	610063.96	1030667.8
P21	P20 - P21	65.70	610092.12	1030726.56
P22	P21 - P22	77.70	610156.93	1030770.78
P23	P22 - P23	55.40	610191.1348	1030812.334
P24	P23 - P24	11.50		

Área (m²):	11146	(a): Área de afectación, puente sobre el Río Buena Vista
Área (ha):	1.11	
Perímetro (m):	1676.13	



CONSULTORES AMBIENTALES Y MULTISERVICIOS S.A.



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Proyecto: REHABILITACIÓN DEL CAMINO HACIA EL FUERTE DE SAN LORENZO, DISTRITO DE COLÓN, PROVINCIA DE COLÓN

TRAMO EMBARCADERO



CUADRO DE CONSTRUCCION POLIGONO 4 - ESTACIONAMIENTO				
PUNTO	LADO	DIST.	ESTE	NORTE
P1			609753.34	1030717.09
	P1 - P2	2.62		
P2			609751.09	1030715.76
	P2 - P3	4.49		
P3			609749.45	1030711.58
	P3 - P4	2.92		
P4			609751.12	1030709.2
	P4 - P5	4.08		
P5			609753.76	1030706.09
	P5 - P6	2.63		
P6			609755.01	1030703.77
	P6 - P7	1.60		
P7			609755.38	1030702.21
	P7 - P8	2.65		
P8			609755.38	1030699.57
	P8 - P9	4.00		
P9			609757.66	1030696.28
	P9 - P10	23.99		
P10			609737.53	1030683.23
	P10 - P11	15.19		
P11			609722.35	1030683.5
	P11 - P12	14.58		
P12			609707.83	1030684.87
	P12 - P13	1.82		
P13			609706.04	1030684.55
	P13 - P14	8.76		
P14			609698.08	1030680.89
	P14 - P15	19.04		
P15			609690.66	1030698.43
	P15 - P16	14.44		
P16			609704.69	1030701.85
	P16 - P17	8.67		
P17			609712.96	1030699.24
	P17 - P18	9.32		
P18			609721.121	1030703.75
	P18 - P19	16.84		
P19			609735.49	1030712.53
	P19 - P20	18.79		
P20			609751.85	1030721.77
	P20 - P1	4.91		

Área (m²):	1356
Área (ha):	0.14
Perímetro (m):	181.34



CONSULTORES AMBIENTALES Y MULTISERVICIOS S.A.



MINISTERIO DE  
OBRAS PÚBLICAS

Proyecto: **REHABILITACIÓN DEL CAMINO HACIA EL FUERTE  
DE SAN LORENZO, DISTRITO DE COLÓN, PROVINCIA DE  
COLÓN**

TRAMO ESTACIONAMIENTO

HOJA 1 DE 1

Anexo de Respuesta a Pregunta 1  
COORDENADAS Y MAPAS DE LA CALZADA EXISTENTE CON  
RESPECTO AL ÁREA DE AFECTACIÓN, EN LA VÍA HACIA EL  
FUERTE SAN LORENZO

CALZADA EXISTENTE - CONSTRUCCION POLIGONO 1			
CARRETERA PPAL			
VERTICE	LADO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	616062.426	1028427.686
P2	P2 - P3	615820.353	1028599.724
P3	P3 - P4	615575.206	1028772.030
P4	P4 - P5	615363.207	1028982.774
P5	P5 - P6	615231.742	1029252.393
P6	P6 - P7	615102.008	1029522.333
P7	P7 - P8	614971.763	1029792.402
P8	P8 - P9	614841.737	1030063.394
P9	P9 - P10	614761.605	1030351.308
P10	P10 - P11	614834.017	1030640.090
P11	P11 - P12	615016.385	1030877.007
P12	P12 - P13	615180.852	1031125.766
P13	P13 - P14	615275.713	1031410.991
P14	P14 - P15	615264.205	1031698.522
P15	P15 - P16	615094.118	1031945.375
P16	P16 - P17	614919.714	1032190.382
P17	P17 - P18	614751.535	1032438.730
P18	P18 - P19	614870.411	1032713.322
P19	P19 - P20	615099.011	1032898.372
P20 (a)	P20 - P21	615118.264	1032898.721
P21 (a)	P21 - P22		
P22 (a)	P22 - P23		
P23 (a)	P23 - P24	615133.784	1032899.813
P24	P24 - P25	615194.086	1033123.459
P25 (b)	P25 - P26	615171.155	1033221.602
P26 (b)	P26 - P27		
P27 (b)	P27 - P28		
P28 (b)	P28 - P29	615156.026	1033244.022
P29	P29 - P30	615180.164	1033407.131
P30	P30 - P31	615388.214	1033611.570
P31	P31 - P32	615597.541	1033819.569
P32	P32 - P33	615748.481	1034046.545
P33	P33 - P34	615695.349	1034340.751
P34 (c)	P34 - P35	615610.325	1034511.759
P35 (c)	P35 - P36		
P36 (c)	P36 - P37		
P37 (c)	P37 - P38	615575.229	1034536.219
P38	P38 - P39	615527.915	1034560.563
P39	P39 - P40	615301.860	1034753.610
P40	P40 - P41	615023.890	1034676.589
P41	P41 - P42	614910.147	1034873.208
P42	P42 - P43	614755.055	1035010.858
P43	P43 - P44	614489.101	1034876.065
P44	P44 - P45	614196.900	1034798.126
P45	P45 - P46	613930.418	1034906.285
P46 (d)	P46 - P47	613847.230	1034896.942
P47 (d)	P47 - P48		
P48 (d)	P48 - P49		
P49 (d)	P49 - P50		
P50 (d)	P50 - P51		
P51 (d)	P51 - P52		
P52 (d)	P52 - P53		
P53 (d)	P53 - P54	613593.301	1034851.245
P54	P54 - P55	613341.787	1034796.694
P55	P55 - P56	613048.988	1034733.161
P56	P56 - P57	612773.149	1034729.260
P57	P57 - P58	612703.124	1034446.141
P58	P58 - P59	612636.812	1034170.037
P59	P59 - P60	612751.985	1033917.755
P60	P60 - P61	612595.430	1033679.264
P61	P61 - P62	612342.396	1033518.029
P62	P62 - P63	612286.385	1033254.224
P63	P63 - P64	612237.193	1032966.238
P64	P64 - P65	612055.129	1032750.180
P65	P65 - P66	611907.111	1032493.550
P66	P66 - P67	611648.802	1032341.504
P67 (e)	P67 - P68	611552.233	1032089.807
P68 (e)	P68 - P69		
P69 (e)	P69 - P70		
P70 (e)	P70 - P71	611516.172	1032047.2092
P71	P71 - P72	611342.038	1031870.079
P72	P72 - P73	611113.755	1031687.114
P73	P73 - P74	610914.251	1031477.255

CALZADA EXISTENTE - CONSTRUCCION POLIGONO 1			
CARRETERA PPAL			
P74	P74 - P75	610728.938	1031257.017
P75 (f)	P75 - P76	610510.371	1031196.741
P76 (f)	P76 - P77		
P77 (f)	P77 - P78		
P78 (f)	P78 - P79	610435.684	1031153.608
P79	P79 - P80	610318.699	1030927.510
P80	P80 - P81	610058.391	1030786.609
P81	P81 - P82	609771.626	1030722.775
P82	P82 - P83	609756.128	1030717.512
P83	P83 - P84	609754.285	1030723.544
P84	P84 - P85	609768.377	1030727.914
P85	P85 - P86	610058.098	1030792.367
P86	P86 - P87	610312.600	1030930.279
P87 (f)	P87 - P88	610429.944	1031156.185
P88 (f)	P88 - P89		
P89 (f)	P89 - P90		
P90 (f)	P90 - P91	610507.890	1031202.021
P91	P91 - P92	610726.473	1031262.671
P92	P92 - P93	610912.205	1031482.315
P93	P93 - P94	611111.765	1031693.013
P94	P94 - P95	611337.438	1031874.163
P95 (e)	P95 - P96	611513.451	1032051.976
P96 (e)	P96 - P97		
P97 (e)	P97 - P98		
P98 (e)	P98 - P99	611547.833	1032093.025
P99	P99 - P100	611645.875	1032347.016
P100	P100 - P101	611902.766	1032497.358
P101	P101 - P102	612051.987	1032754.902
P102	P102 - P103	612234.096	1032970.189
P103	P103 - P104	612281.439	1033251.142
P104	P104 - P105	612338.923	1033523.069
P105	P105 - P106	612591.859	1033684.108
P106	P106 - P107	612746.140	1033916.634
P107	P107 - P108	612631.262	1034172.654
P108	P108 - P109	612697.533	1034445.513
P109	P109 - P110	612768.427	1034732.819
P110	P110 - P111	613047.238	1034739.682
P111	P111 - P112	613340.991	1034802.607
P112	P112 - P113	613633.577	1034865.238
P113 (d)	P113 - P114	613693.691	1034876.083
P114 (d)	P114 - P115		
P115 (d)	P115 - P116		
P116 (d)	P116 - P117	613750.102	1034887.653
P117	P117 - P118	613930.175	1034912.402
P118	P118 - P119	614199.491	1034804.719
P119	P119 - P120	614486.820	1034881.733
P120	P120 - P121	614753.436	1035016.159
P121	P121 - P122	614916.585	1034873.191
P122	P122 - P123	615022.721	1034683.052
P123	P123 - P124	615305.835	1034757.606
P124	P124 - P125	615529.906	1034566.101
P125 (c)	P125 - P126	615578.481	1034541.249
P126 (c)	P126 - P127		
P127 (c)	P127 - P128		
P128 (c)	P128 - P129	615613.772	1034517.050
P129	P129 - P130	615701.934	1034341.660
P130	P130 - P131	615754.095	1034046.651
P131	P131 - P132	615598.523	1033813.753
P132	P132 - P133	615392.652	1033607.703
P133	P133 - P134	615185.051	1033404.968
P134 (b)	P134 - P135	615160.838	1033246.718
P135 (b)	P135 - P136		
P136 (b)	P136 - P137		
P137 (b)	P137 - P138	615175.885	1033226.227
P138	P138 - P139	615199.332	1033123.426
P139 (a)	P139 - P140	615133.777	1032893.334
P140 (a)	P140 - P141		
P141 (a)	P141 - P142		
P142 (a)	P142 - P143	615118.165	1032892.902
P143	P143 - P144	615098.851	1032892.062
P144	P144 - P145	614876.841	1032710.718
P145	P145 - P146	614756.920	1032442.396
P146	P146 - P147	614925.651	1032193.441
P147	P147 - P148	615099.546	1031949.594

CALZADA EXISTENTE - CONSTRUCCION POLIGONO 1			
CARRETERA PPAL			
P148	P148 - P149	615268.542	1031704.298
P149	P149 - P150	615282.427	1031409.023
P150	P150 - P151	615186.932	1031125.134
P151	P151 - P152	615022.778	1030875.695
P152	P152 - P153	614839.426	1030637.207
P153	P153 - P154	614767.484	1030351.818
P154	P154 - P155	614847.905	1030067.408
P155	P155 - P156	614977.407	1029796.516
P156	P156 - P157	615107.013	1029526.537
P157	P157 - P158	615236.674	1029256.091
P158	P158 - P159	615368.937	1028985.967
P159	P159 - P160	615578.204	1028776.878
P160	P160 - P161	615823.418	1028603.891
P161	P161 -P1	616066.154	1028432.454

Área (m²):	128,820	(a): Puente sobre el Río San Lorenzo 1
Área (ha):	1.28	(b): Puente sobre el Río San Lorenzo 2
		(c): Garita
		(d): Puente sobre el Río Arenal
		(e): Punto crítico 1
		(f): Puente sobre el Río Las Lajas y Punto crítico 2.



CONSULTORES AMBIENTALES Y MULTISERVICIOS S.A.



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Proyecto: REHABILITACIÓN DEL CAMINO HACIA EL FUERTE DE SAN LORENZO, DISTRITO DE COLÓN, PROVINCIA DE COLÓN

TRAMO CALLE PRINCIPAL HACIA FUERTE EL SAN LORENZO

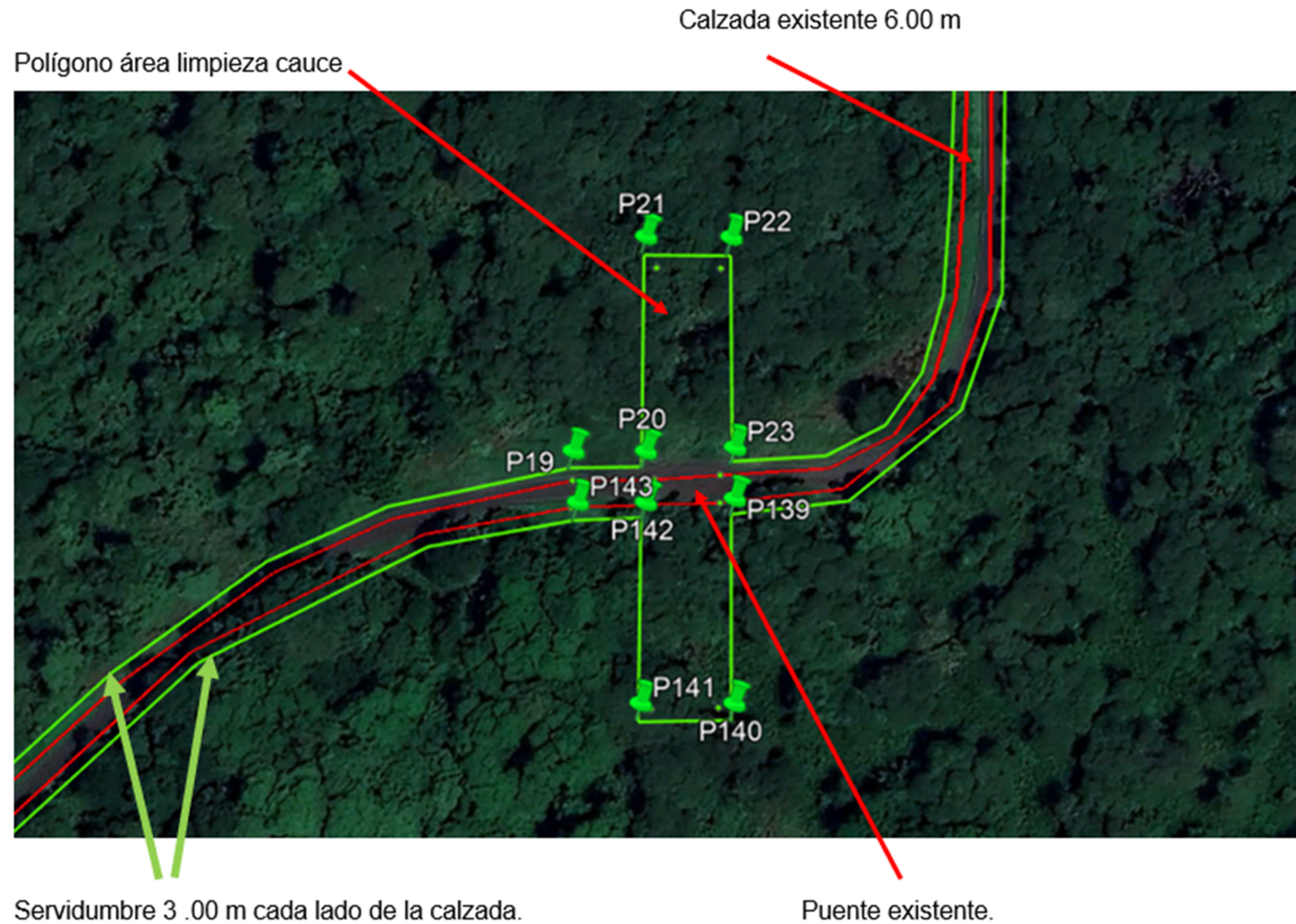


## Tramo Inicio de proyecto. 0 k+ 000 m



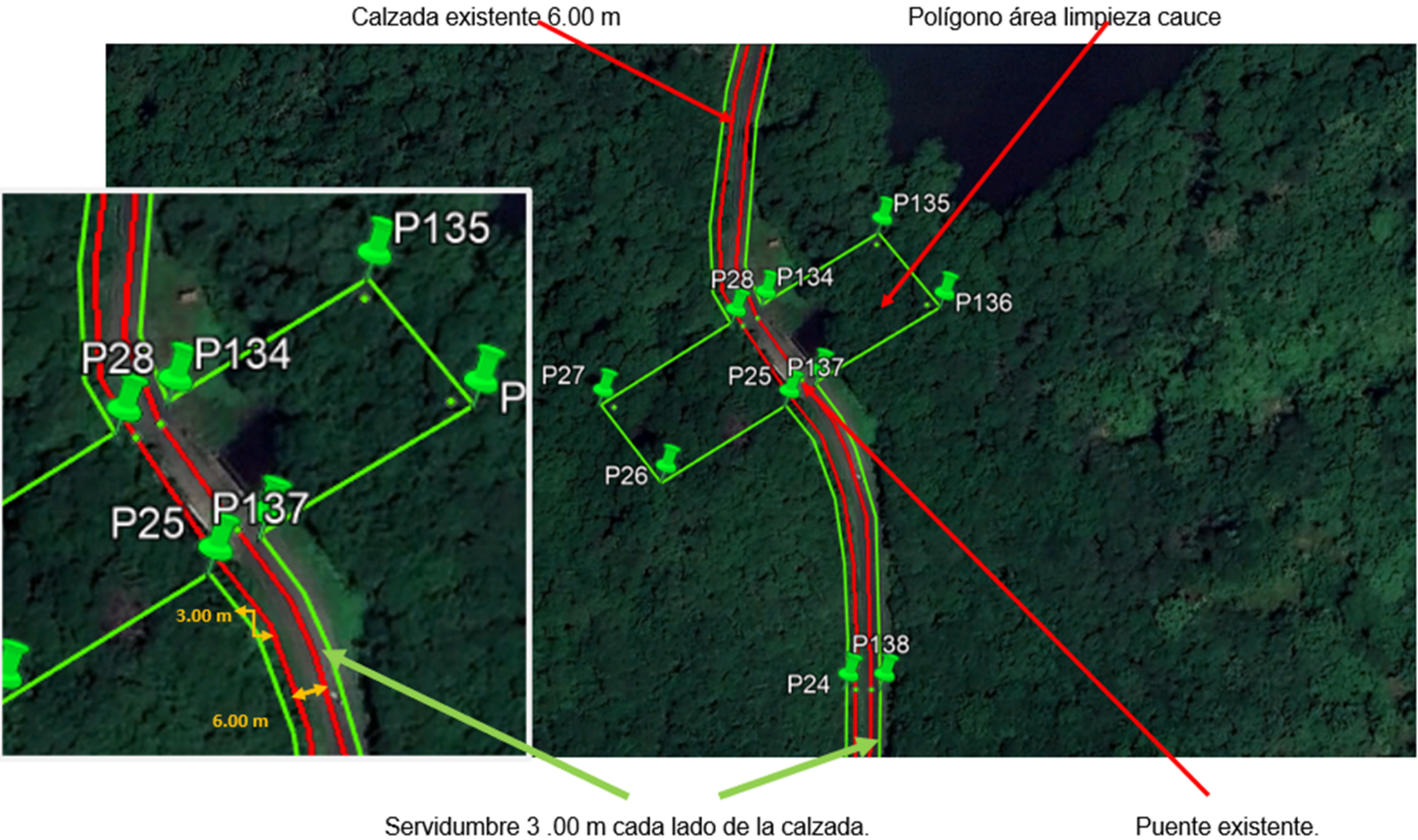


## Tramo Puente San Lorenzo 1





Tramo Puente San Lorenzo 2



CONSULTORES AMBIENTALES Y MULTISERVICIOS S.A.



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Proyecto: REHABILITACIÓN DEL CAMINO HACIA EL FUERTE DE SAN LORENZO, DISTRITO DE COLÓN, PROVINCIA DE COLÓN

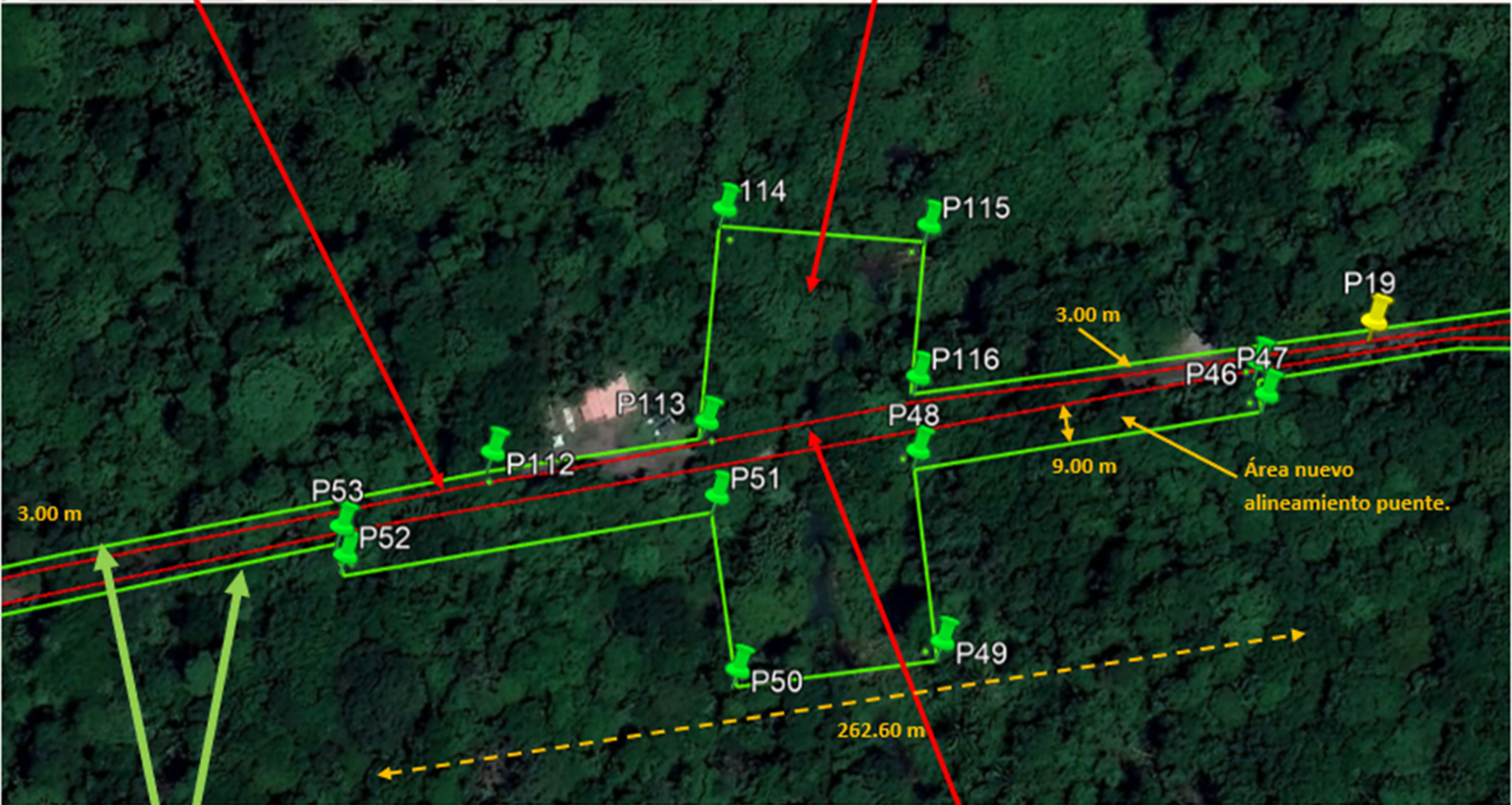
TRAMO CALLE PRINCIPAL HACIA FUERTE EL SAN LORENZO



Tramo Puente sobre Rio Arenal – Construcción de alineamiento nuevo de puente

Calzada existente 6.00 m

Polígono área limpieza cauce.



Servidumbre 3.00 m cada lado de la calzada.

Puente existente – ancho 6.00 m.



CONSULTORES AMBIENTALES Y MULTISERVICIOS S.A.



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

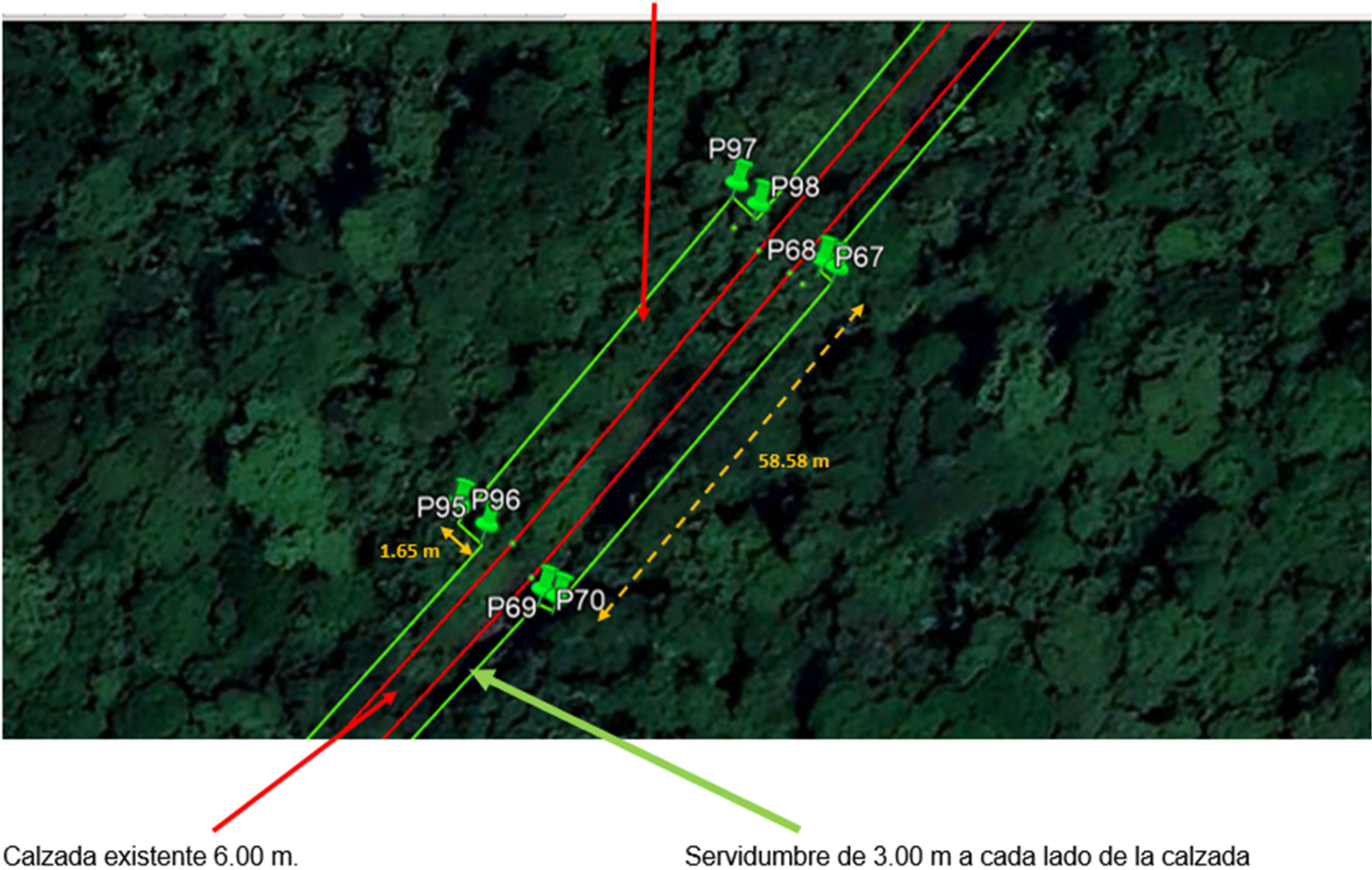
Proyecto: REHABILITACIÓN DEL CAMINO HACIA EL FUERTE DE SAN LORENZO, DISTRITO DE COLÓN, PROVINCIA DE COLÓN

TRAMO CALLE PRINCIPAL HACIA FUERTE EL SAN LORENZO



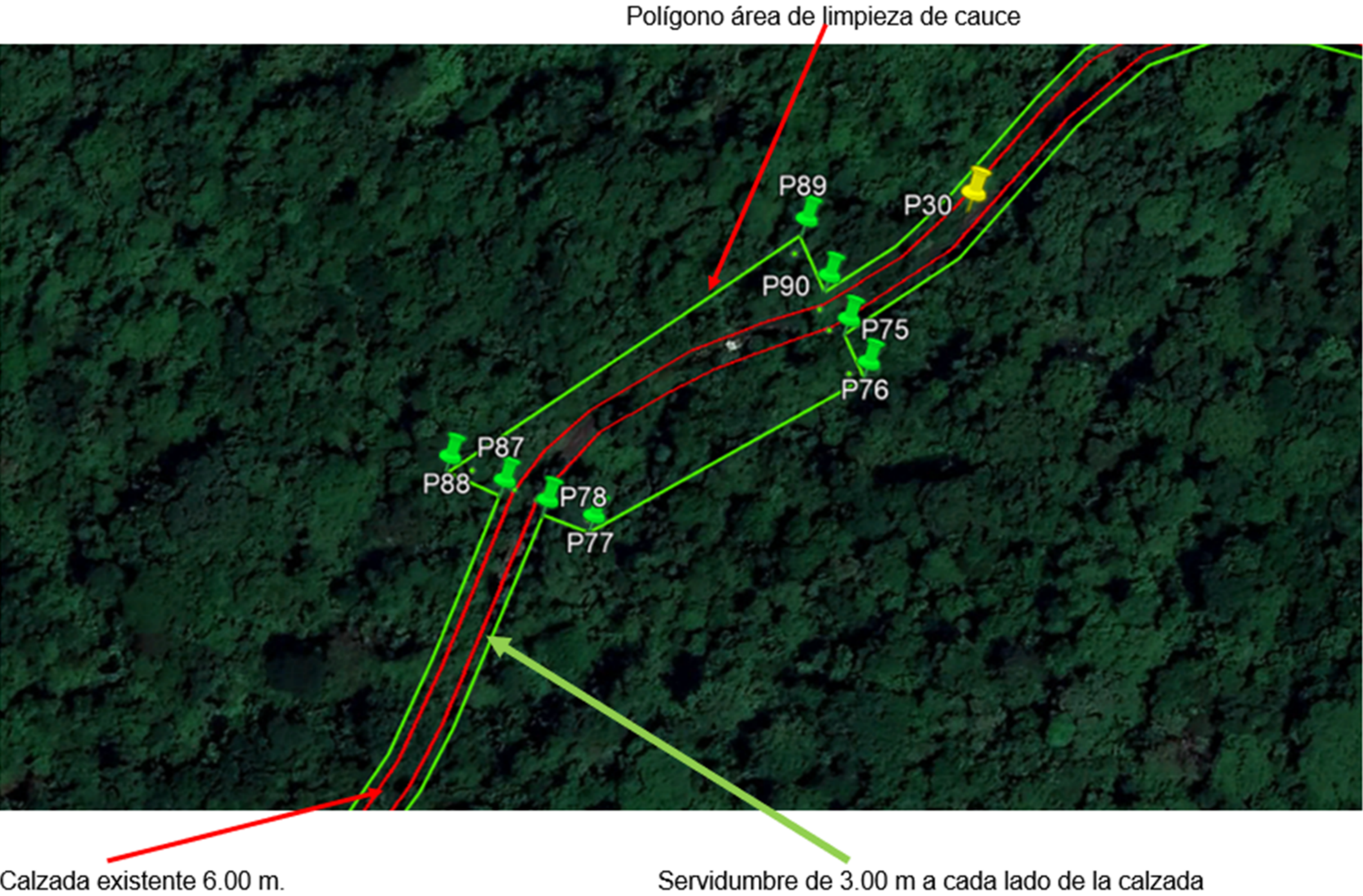
Tramo Punto crítico 1

Ensanche de 1.65 m, para estabilización de terreno y cambio de tubería.



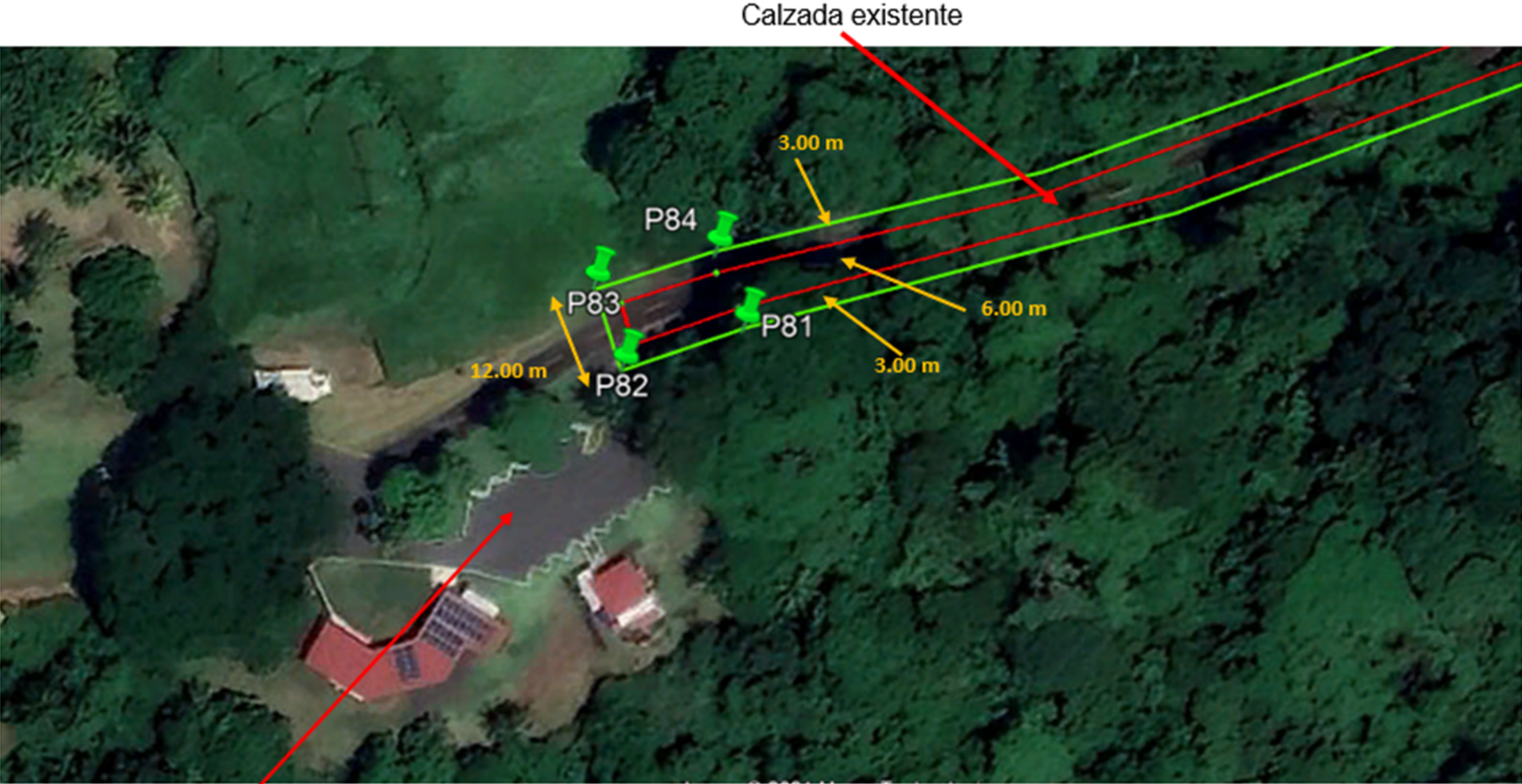


Tramo Puente sobre Río Las Lajas y Punto Crítico 2





Tramo final del proyecto estación 16 k 000 m



Estacionamiento existente, se le instalará carpeta de hormigón asfáltico.

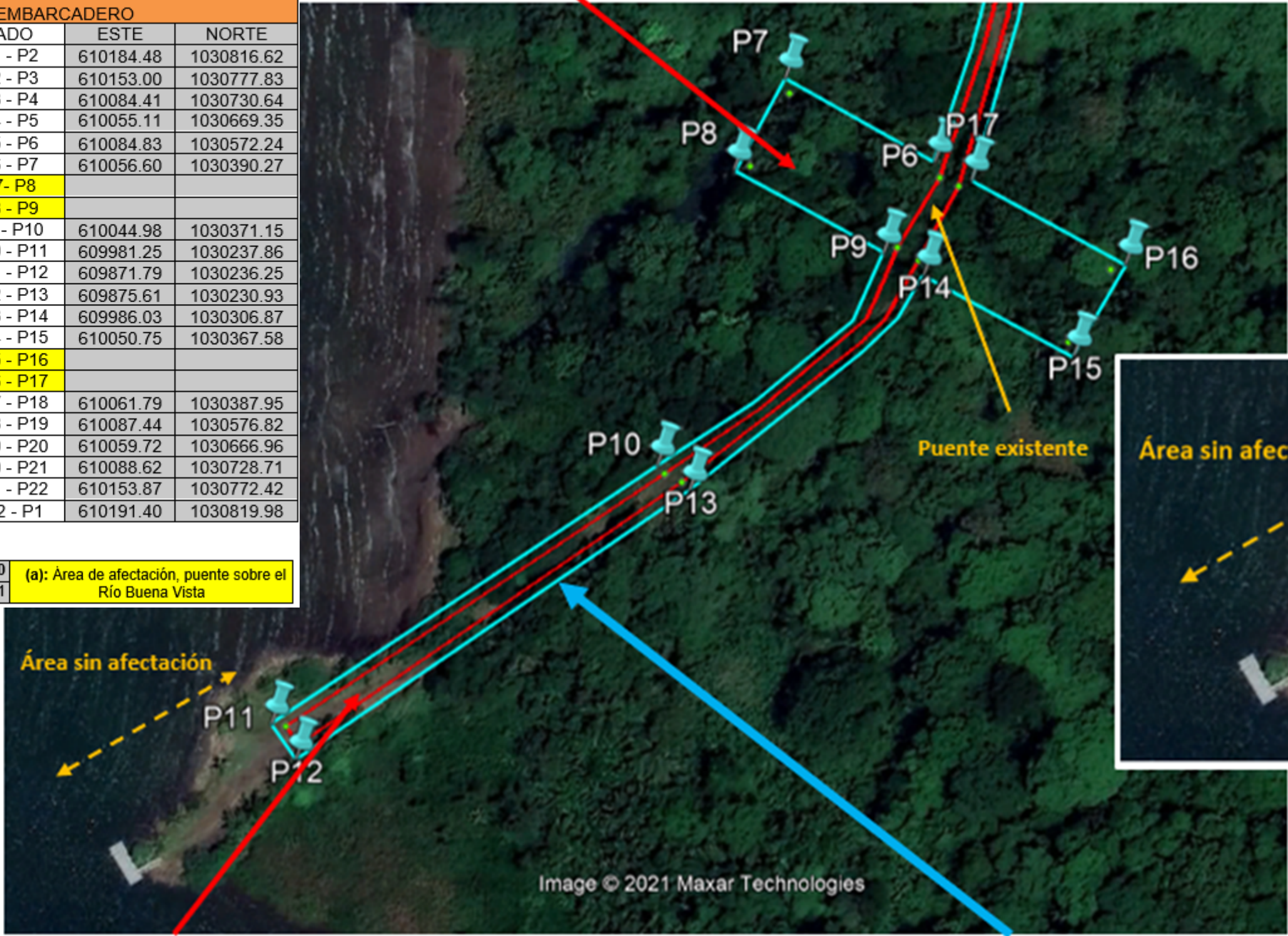


Tramo hacia embarcadero. Ancho total 11.50 m

Polígono área limpieza de cauce

CAMINO EXISTENTE CONSTRUCCION POLIGONO 3 – EMBARCADERO			
PUNTO	LADO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	610184.48	1030816.62
P2	P2 - P3	610153.00	1030777.83
P3	P3 - P4	610084.41	1030730.64
P4	P4 - P5	610055.11	1030669.35
P5	P5 - P6	610084.83	1030572.24
P6	P6 - P7	610056.60	1030390.27
P7 (a)	P7- P8		
P8 (a)	P8 - P9		
P9	P9 - P10	610044.98	1030371.15
P10	P10 - P11	609981.25	1030237.86
P11	P11 - P12	609871.79	1030236.25
P12	P12 - P13	609875.61	1030230.93
P13	P13 - P14	609986.03	1030306.87
P14	P14 - P15	610050.75	1030367.58
P15 (a)	P15 - P16		
P16 (a)	P16 - P17		
P17	P17 - P18	610061.79	1030387.95
P18	P18 - P19	610087.44	1030576.82
P19	P19 - P20	610059.72	1030666.96
P20	P20 - P21	610088.62	1030728.71
P21	P21 - P22	610153.87	1030772.42
P22	P22 - P1	610191.40	1030819.98

Área (m²):	4125.00	(a): Área de afectación, puente sobre el
Área (ha):	0.41	Río Buena Vista



Camino existente 5.50 m.

Servidumbre de 3.00 m a cada lado de la calzada



CONSULTORES AMBIENTALES Y MULTISERVICIOS S.A.



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

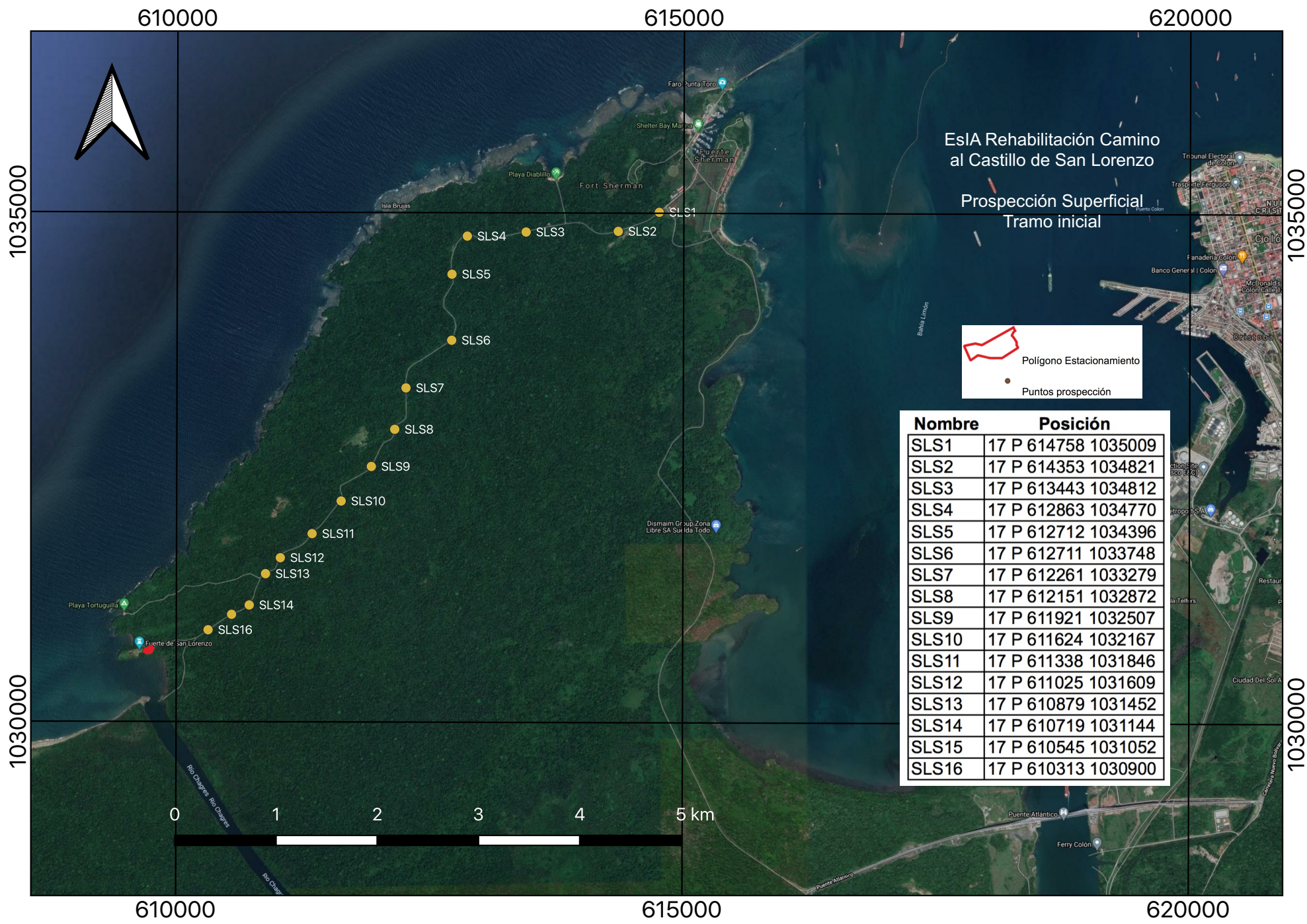
Proyecto: REHABILITACIÓN DEL CAMINO HACIA EL FUERTE DE SAN LORENZO, DISTRITO DE COLÓN, PROVINCIA DE COLÓN

TRAMO EMBARCADERO

Anexo de Respuesta a Pregunta 2


MAPA DE PROSPECCIÓN





EsIA Rehabilitación Camino  
al Castillo de San Lorenzo

Prospección Superficial  
Tramo inicial



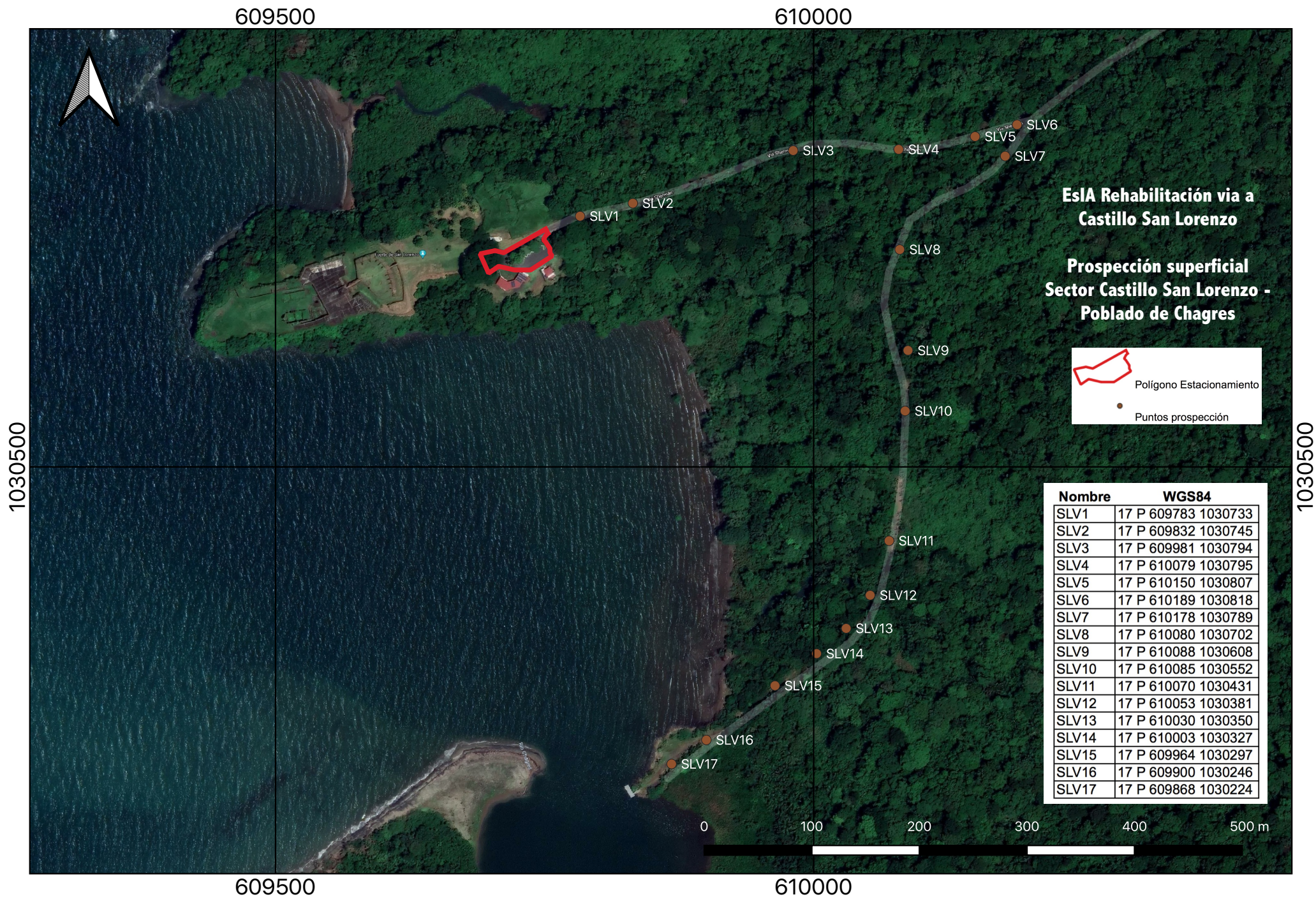
Polígono Estacionamiento



Puntos prospección

Nombre		Posición	
SLS1	17 P	614758	1035009
SLS2	17 P	614353	1034821
SLS3	17 P	613443	1034812
SLS4	17 P	612863	1034770
SLS5	17 P	612712	1034396
SLS6	17 P	612711	1033748
SLS7	17 P	612261	1033279
SLS8	17 P	612151	1032872
SLS9	17 P	611921	1032507
SLS10	17 P	611624	1032167
SLS11	17 P	611338	1031846
SLS12	17 P	611025	1031609
SLS13	17 P	610879	1031452
SLS14	17 P	610719	1031144
SLS15	17 P	610545	1031052
SLS16	17 P	610313	1030900





**EsIA Rehabilitación via a  
Castillo San Lorenzo**

**Prospección superficial  
Sector Castillo San Lorenzo -  
Poblado de Chagres**



Nombre	WGS84
SLV1	17 P 609783 1030733
SLV2	17 P 609832 1030745
SLV3	17 P 609981 1030794
SLV4	17 P 610079 1030795
SLV5	17 P 610150 1030807
SLV6	17 P 610189 1030818
SLV7	17 P 610178 1030789
SLV8	17 P 610080 1030702
SLV9	17 P 610088 1030608
SLV10	17 P 610085 1030552
SLV11	17 P 610070 1030431
SLV12	17 P 610053 1030381
SLV13	17 P 610030 1030350
SLV14	17 P 610003 1030327
SLV15	17 P 609964 1030297
SLV16	17 P 609900 1030246
SLV17	17 P 609868 1030224



Anexo de Respuesta a Pregunta 3

ESTUDIO HIDROLÓGICO



---

# Rehabilitación del camino hacia el Fuerte de San Lorenzo, Distrito de Colón

---

---

AR-ME-02-002 ESTUDIO HIDROLÓGICO- HIDRÁULICO

---

PUENTE SOBRE EL RÍO ARENAL

---

Versión:

AR-ME-02\_ESTUDIO HIDROLÓGICO- HIDRÁULICO\_002

Fecha:

28 de enero de 2021



MINISTERIO DE  
OBRAS PÚBLICAS

# Índice.

<b>1</b>	<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA APLICADA .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO.....</b>	<b>2</b>
3.1	Determinación del Método para el Cálculo del Caudal .....	2
3.2	Caudal de Diseño .....	5
<b>4</b>	<b>ESTUDIO HIDRÁULICO .....</b>	<b>7</b>
4.1	Introducción .....	7
4.2	Simulación con el Software HEC-RAS .....	8
4.3	Resultado del Cálculo .....	17

## **1 INTRODUCCION**

El presente documento es el resultado del Estudio Hidrológico e Hidráulico para la ejecución del puente en la estación 9k+500 sobre el río Arenal en la carretera el Fuerte de San Lorenzo en la provincia de Colon. Ver apéndice 1.

El estudio tiene como objetivo general estimar las condiciones hidrológicas e hidráulicas y las dimensiones que deberán ser tomadas en cuenta en el diseño para así proveer de un correcto funcionamiento.

## **2 NORMATIVA APLICADA**

Como documentos de referencias se han tenido en cuenta las siguientes normativas nacionales e internacionales en el diseño del drenaje del camino:

- Manual de Requisitos para la Revisión de Planos, editado por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) de la República de Panamá (2003).
- Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción y Rehabilitación de Carreteras y Puentes, editado por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) de la República de Panamá (2002).
- Hydraulic Design of Highway Culverts (FHWA-NHI-01-020), editado por el National Highway Institute y el U.S. Department of Transportation de los Estados Unidos (2005).
- Urban Drainage Design Manual (FHWA-NHI-10-009), editado por el National Highway Institute y el U.S. Department of Transportation de los Estados Unidos (2009).

### **3 ESTUDIO HIDROLÓGICO**

Para la obtención del caudal de diseño se seguirá con las normativas estatales de la República de Panamá.

Teniendo bien definidas e identificadas en los mapas las áreas de aportación, se define el método y parámetros a utilizarse para el cálculo de las escorrentías.

Para las áreas de drenaje menores de 250 has. Se usará el método racional de crecidas y para áreas mayores de 250 has, se usará los parámetros indicados en el Resumen Técnico “Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá periodo de 1971-2006” elaborado por el departamento de Hidrometeorología de la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA) en septiembre de 2,008.

#### **3.1 Determinación del Método para el Cálculo del Caudal**

El método de cálculo para el dimensionamiento hidráulico depende de las dimensiones de las cuencas aportantes. Como puede verse más adelante, en este caso, la cuenca de estudio del río Arenal tiene dimensiones superiores a 250 Ha, por lo tanto, el caudal máximo instantáneo para un periodo de retorno de 100 años será estimado por el método de Lavalin, usando la metodología desarrollada por el IRHE “Análisis Regional de Crecidas Máximas”, elaborado por el departamento de Hidrometeorología de la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A (ETESA) en septiembre de 2008.

##### **3.1.1 Método de Lavalin**

Para determinar la crecida máxima del sitio de interés para un periodo de retorno de 100 años por medio de este método, se debe tener en cuenta los siguientes pasos:

- Se determina el área de drenaje de la cuenca hasta el sitio de interés en Km<sup>2</sup>.
- De acuerdo con la localización geográfica del recurso a analizar, se determina la zona a la que pertenece según la Región Hidrológicamente Homogénea (ETESA). Ver mapa de Regiones Hidrológicamente Homogéneas.

- Se calcula el caudal promedio máximo utilizando una de las cinco ecuaciones elaboradas por ETESA para este fin, en función de la Zona establecida. Ver ilustración 1.

Zona	Número de ecuación	Ecuación	Distribución de frecuencia
1	1	$Q_{\text{máx}} = 34A^{0.59}$	Tabla # 1
2	1	$Q_{\text{máx}} = 34A^{0.59}$	Tabla # 3
3	2	$Q_{\text{máx}} = 25A^{0.59}$	Tabla # 1
4	2	$Q_{\text{máx}} = 25A^{0.59}$	Tabla # 4
5	3	$Q_{\text{máx}} = 14A^{0.59}$	Tabla # 1
6	3	$Q_{\text{máx}} = 14A^{0.59}$	Tabla # 2
7	4	$Q_{\text{máx}} = 9A^{0.59}$	Tabla # 3
8	5	$Q_{\text{máx}} = 4.5A^{0.59}$	Tabla # 3
9	2	$Q_{\text{máx}} = 25A^{0.59}$	Tabla # 3

Ilustración 1 Cuadro 7, “Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá Periodo 1971-2006”

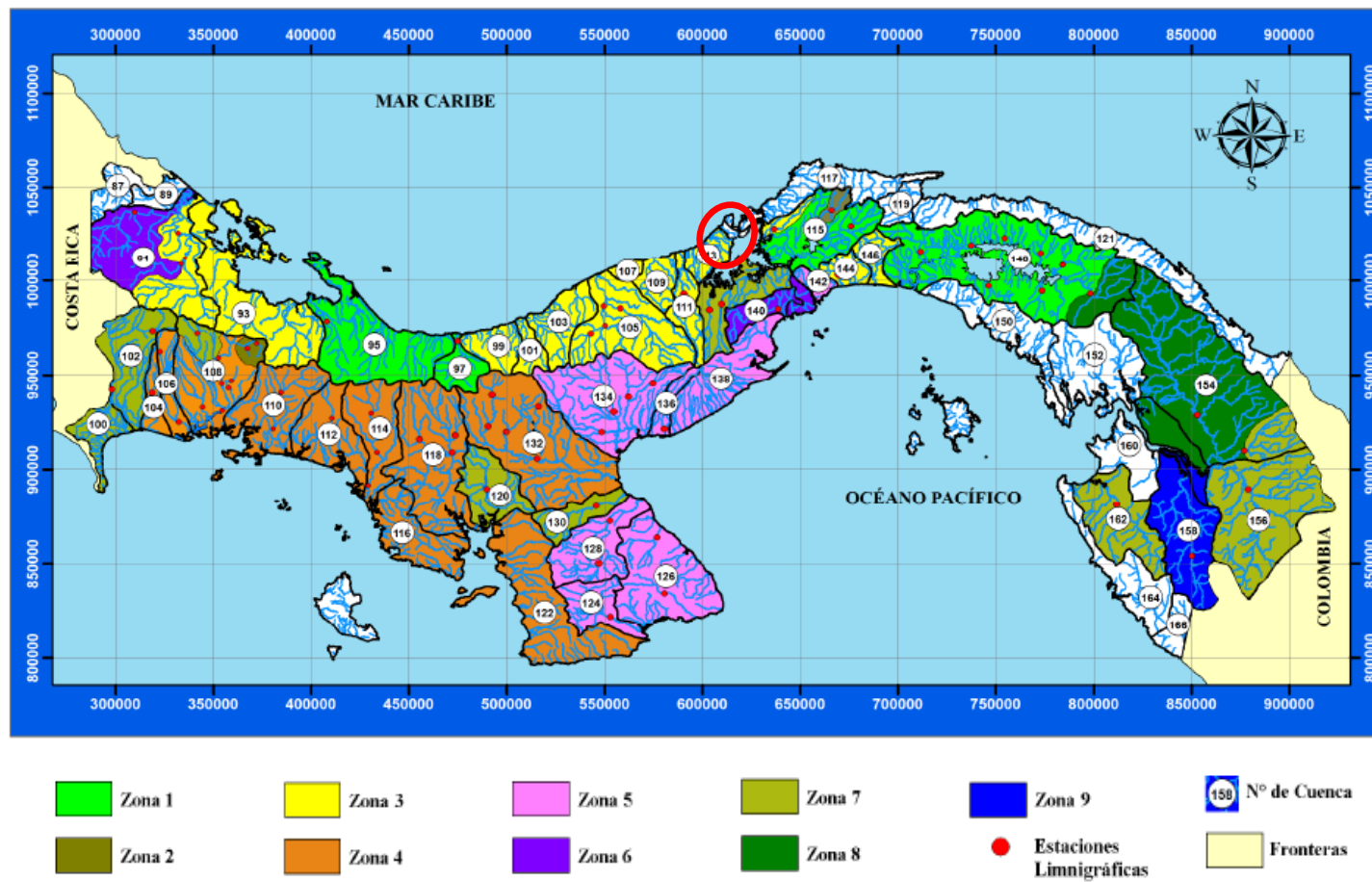
- Se calcula el caudal máximo instantáneo para el periodo de retorno requerido, multiplicando el caudal antes obtenido por uno de los siguientes factores en función del sitio de estudio.

Factores $Q_{\text{máx.}}/Q_{\text{prom.máx}}$ para distintos Tr.				
Tr, años	Tabla # 1	Tabla # 2	Tabla # 3	Tabla # 4
1.005	0.28	0.29	0.3	0.34
1.05	0.43	0.44	0.45	0.49
1.25	0.62	0.63	0.64	0.67
2	0.92	0.93	0.92	0.93
5	1.36	1.35	1.32	1.30
10	1.66	1.64	1.6	1.55
20	1.96	1.94	1.88	1.78
50	2.37	2.32	2.24	2.10
100	2.68	2.64	2.53	2.33
1,000	3.81	3.71	3.53	3.14
10,000	5.05	5.48	4.6	4.00

Ilustración 2 Cuadro 6, “Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá Periodo 1971-2006”



**República de Panamá**  
**Regiones Hidrológicamente Homogéneas**



### 3.2 Caudal de Diseño

Para la obtención del caudal de diseño en la zona dónde se proyectará el puente vehicular, se seguirá con lo establecido en las normativas estatales de Panamá, teniendo en cuenta los criterios de diseños establecidos por el pliego de cargos del Ministerio de obras Públicas.

- 1:20 años para alcantarillas tubulares pluviales, aliviaderos de sistema pluviales, zanjias.
- 1:50 años para cajones pluviales y cauces de ríos y quebradas.
- 1:100 años para puentes.

En el caso de estudio presente se estimará el caudal máximo instantáneo para un periodo de retorno de 100 años correspondiente para puentes.

#### 3.2.1 Determinación del Área de Drenaje

La cuenca del rio Arenal, se encuentra localizada dentro de la cuenca 117 según el mapa de Regiones hidrológicamente Homogéneas en la vertiente del Atlántico.

Se ha delimitado la cuenca asociada a la ubicación a la estructura, obteniendo el área total de aportación, así como la longitud, cota alta y baja correspondiente al cauce principal, datos resumidos en la siguiente tabla. Ver apéndice 1, plano de cuencas.

RÍO	SUPERFICIE (HA)	COTA ALTA (MSM)	COTA BAJA (MSM)	LONGITUD CAUCE (M)
ARENAL	462.11	110	4.5	4262.21



### 3.2.2 Zona de Estudio

La cuenca del río Arenal se encuentra en la cuenca 117, cabe destacar que la cuenca 117 no tiene zona de estudio definida según el mapa de Regiones Hidrológicamente Homogéneas.

### 3.2.3 Ecuación para el Cálculo del Caudal de Diseño

Para el cálculo del caudal promedio máximo se harán dos cálculos detallados a continuación:

**Zona 3:** se ha tomado esta zona como referencia, ya que la misma se encuentra cercana a la cuenca del Río Arenal (cuenca 117). Utilizando el modelo matemático siguiente que pertenece a la zona 3, y el factor de 2.68 para aproximar el caudal máximo instantáneo de la tabla 1, para un periodo de retorno de 1:100 años.

$$Q = 25 \times A^{0.59}$$

Siendo A el área de drenaje hasta el punto de control, en km<sup>2</sup>.

**Zona 1:** se ha tomado esta zona como referencia, ya que es la más desfavorable según el mapa de regiones hidrológicamente homogéneas y por ser una zona con mayor precipitación. Utilizando el modelo matemático siguiente perteneciente a la zona uno, cuyo factor de 2.68 de la tabla 1, para el periodo de retorno de 1:100 años.

$$Q = 34 \times A^{0.59}$$

Siendo A el área de drenaje hasta el punto de control, en km<sup>2</sup>.

Se ha calculado el caudal de ambas zonas, hasta el punto de control obteniéndose los siguientes resultados para los caudales máximos y máximos instantáneos mostrado en la tabla siguiente.

Zona	Río de estudio	Estructura	Periodo de retorno (años)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Caudal promedio máximo (m <sup>3</sup> /s)	Factor de distribución	Caudal máximo instantáneo (m <sup>3</sup> /s)
Zona 3	Arenal	Puente	100.00	4.62	61.68	2.68	165.30
Zona 1	Arenal	Puente	100.00	4.62	83.88	2.68	224.81

### 3.2.4 Caudal de Diseño

Según los resultados obtenidos en la tabla anterior, el caudal de diseño para modelar la estructura hasta el punto de control se ha tomado el caudal de la zona 1, siendo este el más desfavorable según los cálculos obtenidos por medio de la metodología de Lavalin (ETESA).

Río de estudio	Estructura	Periodo de retorno (años)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Caudal promedio máximo (m <sup>3</sup> /s)	Factor de distribución	Caudal máximo instantáneo (m <sup>3</sup> /s)
Arenal	Puente	100	4.62	83.88	2.68	224.81

## 4 ESTUDIO HIDRÁULICO

El análisis Hidráulico del presente estudio se realizó siguiendo los criterios que rige el Ministerio de Obras Públicas para estos elementos de drenaje.

### 4.1 Introducción

El Estudio se basa en la aplicación de un modelo de simulación en el que los cálculos se han realizado en régimen estacionario para el caudal de avenida, obtenido en el Estudio Hidrológico previo. A partir de ese punto, se determina la altura de la lámina de agua en el puente proyectado. Esta determinación se realiza mediante la simulación hidráulica con la versión 4.1.0 del programa informático HEC-RAS del Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers.

## **4.2 Simulación con el Software HEC-RAS**

El presente estudio abarca los siguientes aspectos generales:

- Comprobación de la capacidad hidráulica del puente a proyectar en la ruta.
- Recomendaciones de adecuación del cauce en el caso de que sea comprobada falta de capacidad hidráulica de la estructura.
- Definición de los parámetros y dimensiones para el diseño y la construcción del puente.

### **4.2.1 Bases para el Modelo**

Estados Unidos HEC-RAS 4.1.0 (River Analysis System) para la comprobación del modelo hidráulico.

Dicho modelo resuelve la ecuación de la energía de modo iterativo en cada una de las secciones propuestas e interpola los resultados a lo largo de todo el perfil suministrado. Introduce la energía expresándola en términos unidimensionales y suponiendo unas pérdidas de carga que se contabilizan según la ecuación de Manning. Además de esto considera una serie de hipótesis:

- Los valores de las variables no dependen del tiempo, es decir, considera el flujo estacionario.
- Se supone una distribución hidrostática de la presión. Esto se traduce en que la curvatura de las líneas de corriente es despreciable, el flujo es gradualmente variado.
- La altura de la energía es igual para todos los puntos de cada sección. Se considera el flujo unidimensional con lo que se distribuye horizontalmente dicho flujo entre el cauce y la llanura de inundación por ambas márgenes.

- La pendiente del cauce ha de ser menor del 10% para poder considerar que la altura de presión se mida verticalmente y coincida con la altura de la lámina de agua.
- Entre dos secciones transversales la pendiente de la línea de energía es constante.
- Se considera un lecho fijo para el cauce.

El programa permite contemplar las diferencias existentes entre cauce y llanura de inundación (ambas márgenes), no sólo en cuanto a rugosidades o coeficientes de rozamiento sino también en cuanto a distribución horizontal de las velocidades.

Como se ha mencionado anteriormente el cálculo se realiza a través de la resolución, de manera iterativa de la ecuación de la energía. Para la estimación de la rugosidad del cauce, que causará pérdidas por rozamiento, se usa la conocida fórmula de Manning.

El análisis hidráulico contempla la determinación del nivel máximo que alcanzaría la crecida de diseño extraordinaria, con periodo de recurrencia de 100 años para una hipótesis de flujo.

- Hipótesis 1: Sección hidráulica en la situación con estructuras proyectadas.

#### **4.2.2 Topografía y Distribución de los Perfiles**

Para la realización del presente Estudio Hidráulico y posterior introducción de datos en el software HEC-RAS, se ha utilizado cartografía de la zona del cauce que se va a estudiar. Dada la importancia de la representación topográfica para que el modelo de simulación se ajuste fielmente a la realidad y se pronostique un suceso futuro, se ha realizado un levantamiento topográfico del terreno con la amplitud y nivel de detalle requerido en el Pliego del Proyecto para este tipo de estudios. El levantamiento topográfico realizado se encuentra detallado en el Documento de Planos.

Tomando como base dicha cartografía, se ha definido un eje longitudinal sobre el cauce, representativo de la dirección principal de la corriente, y sobre dicho eje se han dispuesto de forma perpendicular secciones transversales cada 10 metros máximo con una anchura suficiente a cada lado del curso fluvial y hasta una distancia mínima de 100 m aguas arriba y 100 m aguas debajo de la obra de drenaje transversal.

Para dichas secciones transversales se han estudiado las secciones hidráulicas, actuales y proyectadas, bajo la hipótesis de flujo descrita anteriormente. Las secciones hidráulicas se han calculado de acuerdo con los parámetros que se indicarán y se han definido como las áreas comprendidas entre el nivel de agua y el fondo del cauce, incluyendo los taludes.

En el Apéndice 2 se presentan los perfiles transversales del cauce y las secciones obtenidas en campo en donde se situará la estructura.

#### **4.2.3 Simulación de Obstáculos**

Los obstáculos que actualmente aparecen y que se considerarán en la hipótesis de cálculo son los estribos del puente.

El programa HEC-RAS considera las pérdidas de carga o energía ocasionadas por el encuentro de obstáculos en el camino del flujo. Esta simulación se efectúa en tres etapas:

- Pérdidas de energía antes de pasar el obstáculo, inmediatamente aguas arriba, que es en donde el flujo experimenta una contracción para poder atravesarlo.
- Pérdidas de energía debidas al obstáculo.
- Pérdidas de energía una vez pasado el obstáculo, inmediatamente aguas abajo, que es en donde el flujo se expande.

Cuando se produce el choque de las rebanadas que conforman el flujo de agua, bien con otras que circulen en otra dirección o bien con obstáculos, se produce un cambio en la

velocidad del flujo y esa energía, que justo antes del choque es cinética, se transforma en potencial, con lo que se produce una subida de la lámina de agua. Este fenómeno es la base del cálculo y la valoración de los cambios en el flujo. El programa tiene en cuenta los tres factores principales que la constricción provoca al flujo:

- La geometría de la sección del cauce.
- La capacidad de descarga.
- El estado del flujo.

Para el estudio del modelo con HEC-RAS, el programa requiere como mínimo la introducción de cuatro perfiles para cada estructura, además de las establecidas según equidistancias.

- Un primer perfil aguas abajo de la estructura, lo suficientemente alejado como para que el flujo no se afecte.
- Un segundo perfil situado inmediatamente aguas abajo de la estructura en donde si se contempla la afección de los obstáculos al flujo.
- Un tercer perfil situado inmediatamente aguas arriba de la estructura. La distancia entre el perfil y la estructura se toma pequeña para que quede reflejada la aceleración brusca y la contracción del flujo justo en la entrada del paso.
- Un cuarto perfil que funciona en el mismo sentido que el primero donde las líneas de flujo se pueden considerar paralelas y la capacidad útil del perfil es completa.

Para conocer la geometría interna en la estructura, el programa utiliza los perfiles segundo y tercero e interpreta por interpolación la disposición de la estructura, incluso de las áreas que no contribuyen al flujo, como pueden ser estribos de los puentes, además del propio tablero, en el caso de que el flujo superara el gálibo libre.

Los elementos que se han considerado en este caso para modelizar las estructuras (existente y proyectada) han sido:

- Tableros: definidos en las secciones correspondientes, siempre de izquierda a derecha, por:
  - sus distancias al eje del cauce.
  - cota superior arriba y aguas abajo.
  - cota inferior, aguas arriba y aguas abajo.
- Estribos: para terminar de definir las áreas que no computan a efectos de flujo y que completan el estrechamiento que se produce al paso del cauce a través de un puente.

#### **4.2.4 Coeficientes de Rozamiento Adoptados**

Para el cálculo de las pérdidas por rozamiento se ha empleado la fórmula de Manning y su correspondiente coeficiente de rugosidad, como se ha mencionado al principio de este estudio. Hay que recordar que el programa permite definir diferentes rugosidades según se trate del cauce propiamente dicho, o bien, se produzca la inundación de márgenes.

La ecuación de Manning es resultado del proceso de un ajuste de curvas, y por tanto es completamente empírica en su naturaleza. Debido a su simplicidad de forma, y a los resultados satisfactorios que arroja para aplicaciones prácticas, la fórmula de Manning es la más usada de todas las fórmulas de flujo uniforme para cálculos de escurrimiento en canal abierto.

La ecuación viene dada y expresada en unidades métricas como:

$$V = (1/n) * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Siendo  $n$  el coeficiente de rugosidad de Manning.

En la aplicación de la fórmula de Manning, la mayor dificultad reside en la determinación del coeficiente de rugosidad  $n$ , pues no hay un método exacto de seleccionar dicho valor. Para establecer el coeficiente de rugosidad  $n$  se han evaluado tablas extraídas de manuales básicos de hidráulica, y una serie de fotografías del cauce y de su llanura de inundación, tras inspección visual in situ, en campo.

Este criterio está avalado por varios autores. Según **Vente Chow** en su obra *“Hidráulica en canales abiertos”*, algunos de los métodos para la determinación del coeficiente  $n$ , pueden desarrollarse con este enfoque, consultando tablas de valores típicos de  $n$  para varios tipos de canales, o examinando y comparando el canal en estudio con la apariencia de ciertos canales típicos cuyos coeficientes de rugosidad sean conocidos.

El valor del coeficiente de Manning no depende sólo de la rugosidad del cauce, sino de múltiples factores como la vegetación, la irregularidad y alineamiento del canal, los niveles de erosión y sedimentación, las obstrucciones presentes en el cauce, el nivel del río y su caudal, o la carga del lecho.

Dentro de las actividades que se desarrollarán durante la ejecución de las nuevas estructuras, se encuentra la limpieza y conformación de cauces. Ésta se realizará en las áreas próximas a la ubicación de cada obra de drenaje, al menos en 10 metros aguas arriba y 10 metros aguas abajo de las secciones en donde se sitúan. Ello implica la remoción de los desechos arrastrados por las corrientes de los ríos o quebradas, tales como restos de árboles, sedimentos, herbazales y todo tipo de piedras que reduzcan la sección hidráulica del cauce. Igualmente, deberán removerse aquellos árboles nacidos dentro de los cauces, o próximos al sistema estructural de estribos de la estructura.

Teniendo en cuenta que la vegetación acuática es uno de los factores de rugosidad dominantes, así como los residuos leñosos y otro tipo de obstrucciones, se puede concluir que las actividades de limpieza, conformación y/o posible rectificación de los cauces reducirán notablemente la rugosidad total de los tramos objeto de este Estudio.

Otro factor para considerar es que, si bien la vegetación ribereña aumenta la rugosidad total durante las inundaciones, este efecto es significativo en canales pequeños y, en una escala más amplia, en ríos confinados en valles estrechos, en los que aumenta la



resistencia del flujo, al no poder migrar lateralmente. En cambio, en cauces anchos el efecto es menos relevante.

Teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas, los valores finalmente adoptados para el coeficiente de Manning, han sido tomados de la siguiente fuente: **S.M. Woodward and C. J Posey "Hydraulics of steady flow in open channels"**.

Elementos de drenaje	Coeficiente Manning
<b>Cunetas y canales sin revestir</b>	
En tierra ordinaria, superficie uniforme y lisa.	0.020-0.025
En tierra ordinaria, superficie irregular.	0.025-0.035
En tierra con ligera vegetación.	0.035-0.045
En tierra con vegetación espesa.	0.040-0.050
En tierra excavada mecánicamente.	0.028-0.033
En roca, superficie uniforme y lisa.	0.030-0.035
En roca, superficie con aristas e irregularidades.	0.035-0.045
<b>Cunetas y Canales revestidos</b>	
Hormigón.	0.013-0.017
Hormigón revestido con gunita.	0.016-0.022
Encachado.	0.020-0.030
Paredes de hormigón, fondo de grava.	0.017-0.020
Paredes encachadas, fondo de grava.	0.023-0.033
Revestimiento bituminoso.	0.013-0.016
<b>Corrientes Naturales</b>	
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente.	0.027-0.033
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente, algo de vegetación.	0.033-0.040
Limpias, meandros, embalses y remolinos de poca importancia.	0.035-0.050
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados.	0.060-0.080
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados, vegetación densa.	0.100-0.200
Rugosas, corrientes en terreno rocoso de montaña.	0.050-0.080

Elementos de drenaje	Coeficiente Manning
Áreas de inundación adyacentes al canal ordinario.	0.030-0.200

*Fuente: S.M. Woodward and C.J Posey "Hydraulics of steady flow in open channels"*

<b>Arroyos de montaña, sin vegetación en el canal, orillas generalmente empinadas, con maleza y árboles sumergidos en las márgenes.</b>	<b>Coeficiente Manning</b>
Fondo: Gravas, guijarros y algunos cantos rodados.	0.030 – 0.040 – 0.050
Fondo: Guijarros y grandes cantos rodados.	0.040 – 0.050 – 0.070

*Fuente: "HEC-RAS v4.1 Reference Manual "*

Los coeficientes establecidos para los cauces en estudio se encuentran dentro de los intervalos marcados, en función de las características de los tramos considerados. Se ha tomado el valor de 0.030 como referencias para cauce limpio según los tramos.

Para las llanuras de inundación, considerando el efecto retardante de la vegetación sobre el flujo y un moderado efecto por posibles obstrucciones sobre el cauce, se establece un coeficiente igual a 0.063.

Así pues, los coeficientes de Manning aplicados en el cálculo se reflejan en el siguiente cuadro:

Sección	Coeficiente Manning
Cauce ordinario en tramo limpio, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente, algo de vegetación.	0.04
Llanuras de inundación.	0.063

Se muestran a continuación fotografía de la zona que indican la situación actual del puente y el cauce propiamente dicho.



**Ilustración 3 Puente sobre el Rio Arenal.**



**Ilustración 4 Puente sobre el Rio Arenal, situación actual del cauce.**





Ilustración 5 Puente sobre el Rio Arenal, situación actual estructura.

#### 4.2.5 Limpieza y Conformación

Para mejorar el funcionamiento hidráulico de la obra de drenaje y según las recomendaciones de pliego se realizará una limpieza del cauce 50 metros aguas arriba y 50 m aguas abajo de la obra, realizando una transición en la unión con el cauce natural sin tratar. Así, para la simulación de la avenida extraordinaria en la situación de proyecto se van a considerar condiciones de rugosidad asimiladas a cauce limpio y sin obstrucciones para el tramo correspondiente a las secciones en las que se inserta la nueva estructura, así como en las tratadas con limpieza.

#### 4.3 Resultado del Cálculo

Los resultados numéricos obtenidos para la hipótesis de flujo estudiada, así como las secciones transversales y perfiles longitudinales para el cauce, se recogen en los apéndices, al final de este documento.

De dichos datos de salida, se extraen las siguientes conclusiones:

AR-ME-02 ESTUDIO HIDROLÓGICO – HIDRÁULICO PUENTE SOBRE RÍO ARENAL

- Verificación de la estructura y capacidad hidráulica de la sección.
- Recomendaciones sobre actuaciones de rectificación en el cauce.
- Datos para el dimensionamiento de la obra de drenaje en la nueva vialidad.

#### 4.3.1 Datos de Entrada al Modelo

**Geometría:** La geometría empleada consta de 24 secciones que incluyen perfiles transversales del cauce y de las riberas de inundación y las secciones detalladas de la estructura a proyectar en el cauce. La longitud total estudiada es de 206 metros. Ver apéndice 2.

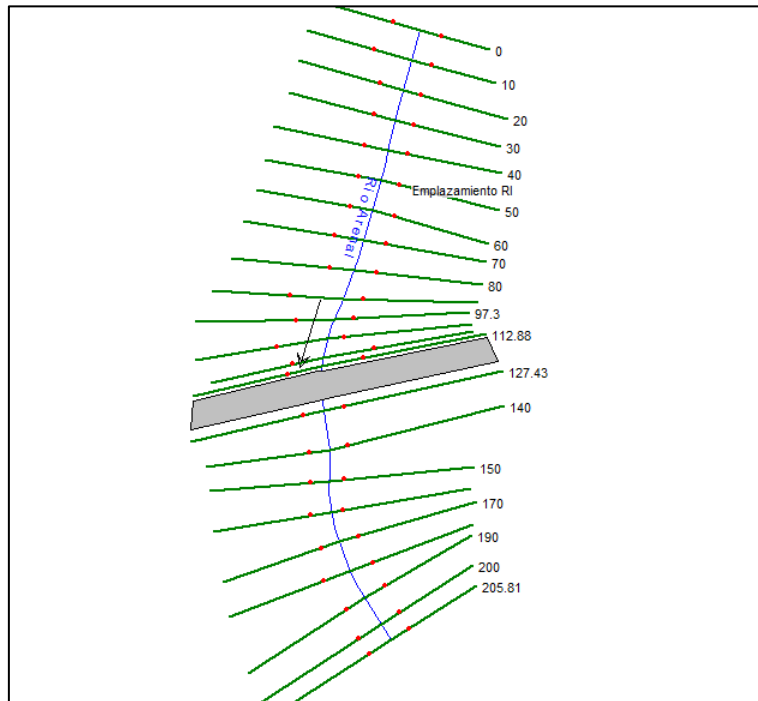


Ilustración 6 Vista de planta de la geometría del río en Hec Ras.

- **Coeficientes de rugosidad:** En la tabla se insertan los valores definidos del coeficiente de Manning  $n_1$  y  $n_3$  que corresponden a llanuras de inundación y  $n_2$  al cauce propiamente dicho.




River:	Rio Arenal				<input checked="" type="checkbox"/> Edit Interpolated XS's	Channel n Values have a light green background
Reach:	Emplazamiento RI	All Regions				
Selected Area Edit Options						
<input type="button" value="Add Constant ..."/> <input type="button" value="Multiply Factor ..."/> <input type="button" value="Set Values ..."/> <input type="button" value="Replace ..."/> <input type="button" value="Reduce to L Ch R ..."/>						
	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3	
1	205.81	n	0.063	0.04	0.063	
2	200	n	0.063	0.04	0.063	
3	190	n	0.063	0.04	0.063	
4	180	n	0.063	0.04	0.063	
5	170	n	0.063	0.04	0.063	
6	160	n	0.063	0.04	0.063	
7	150	n	0.063	0.04	0.063	
8	140	n	0.063	0.04	0.063	
9	127.43	n	0.063	0.04	0.063	
10	118	Bridge				
11	112.88	n	0.063	0.04	0.063	
12	110	n	0.063	0.04	0.063	
13	104.07	n	0.063	0.04	0.063	
14	97.3	n	0.063	0.04	0.063	
15	90	n	0.063	0.04	0.063	
16	80	n	0.063	0.04	0.063	
17	70	n	0.063	0.04	0.063	
18	60	n	0.063	0.04	0.063	
19	50	n	0.063	0.04	0.063	
20	40	n	0.063	0.04	0.063	
21	30	n	0.063	0.04	0.063	
22	20	n	0.063	0.04	0.063	
23	10	n	0.063	0.04	0.063	
24	0	n	0.063	0.04	0.063	

Ilustración 7 Valores del coeficiente de Manning Hec Ras.

- **Caudal de diseño:** se evalúa el efecto producido por el caudal para un periodo de retorno de 100 años, obtenido en el Estudio Hidrológico previo.

**$Q_{\text{máx}} = 224.81 \text{ m}^3/\text{s}$  para un periodo de retorno 1:100 años.**

Enter/Edit Number of Profiles (25000 max):  Reach Boundary Conditions ...

Locations of Flow Data Changes

River:

Reach:  River Sta.:

Flow Change Location				Profile Names and Flow Rates	
	River	Reach	RS	PF 1	
1	SECCIONES R. Al	Emplazamiento1	200	224.81	

**Ilustración 8 Datos del caudal Her Ras.**

Acotación del canal principal: En la siguiente tabla se reflejan los puntos que definen el canal principal, por sus distancias al eje. El resto de la sección se ha considerado llanura de inundación.

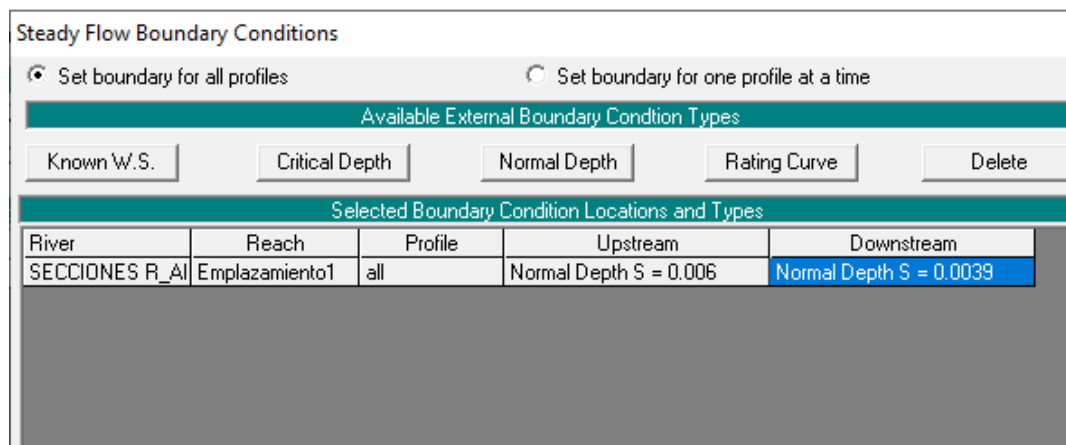
	River Station	Left Bank Sta	Right Bank Sta
1	205.81	25.7	40.75
2	200	28.03	43.64
3	190	31.98	46.61
4	180	34.27	51.02
5	170	39.39	51.77
6	160	41.34	52.08
7	150	41.76	52.75
8	140	52.01	64.45
9	127.43	52.16	65.68
10	118	Bridge	
11	112.88	40.13	65.04
12	110	32.07	58.66
13	104.07	41.19	62.94
14	97.3	37.33	55.81
15	90	36.41	60.2
16	80	33.86	49.09
17	70	32.84	49.68
18	60	31.62	46.11
19	50	33.14	46.75
20	40	30.53	44.82
21	30	28.81	41.72
22	20	29.05	42.55
23	10	21.42	40.3
24	0	16.06	32.16

**Ilustración 9 Datos del caudal Her Ras.**

Condiciones de contorno: Se definen las condiciones iniciales en ambos extremos del tramo de estudio, es decir aguas arriba y aguas abajo. Se realiza el cálculo en régimen mixto (por variaciones de caudal), por lo que es necesario definir ambas condiciones de contorno, al

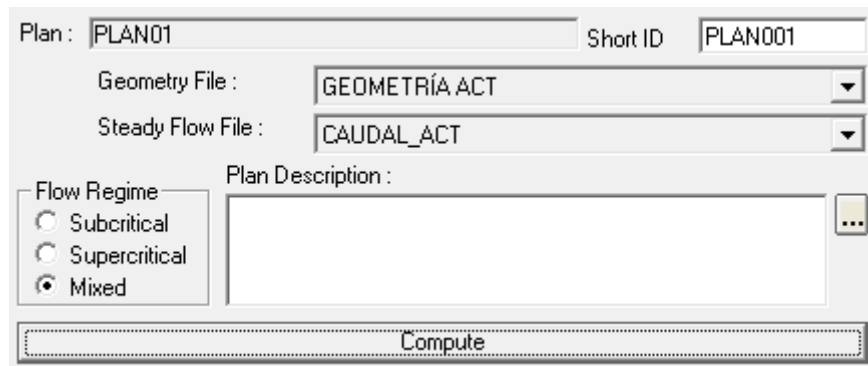
AR-ME-02 ESTUDIO HIDROLÓGICO – HIDRÁULICO PUENTE SOBRE RÍO ARENAL

comienzo y al final. Para “Profundidad Normal”, el modelo requiere conocer los datos de pendiente de la línea de energía o de la línea de agua. Para pendientes pequeñas, se asimilan a las pendientes del fondo del cauce, reflejadas en la tabla siguiente aguas arriba y aguas abajo.



Steady Flow Boundary Conditions				
<input checked="" type="radio"/> Set boundary for all profiles <input type="radio"/> Set boundary for one profile at a time				
Available External Boundary Condition Types				
Known W.S.	Critical Depth	Normal Depth	Rating Curve	Delete
Selected Boundary Condition Locations and Types				
River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
SECCIONES R_Al	Emplazamiento1	all	Normal Depth S = 0.006	Normal Depth S = 0.0039

Ilustración 10 Condición de contorno Her Ras.



Plan : PLAN01 Short ID : PLAN001

Geometry File : GEOMETRÍA\_ACT

Steady Flow File : CAUDAL\_ACT

Flow Regime:

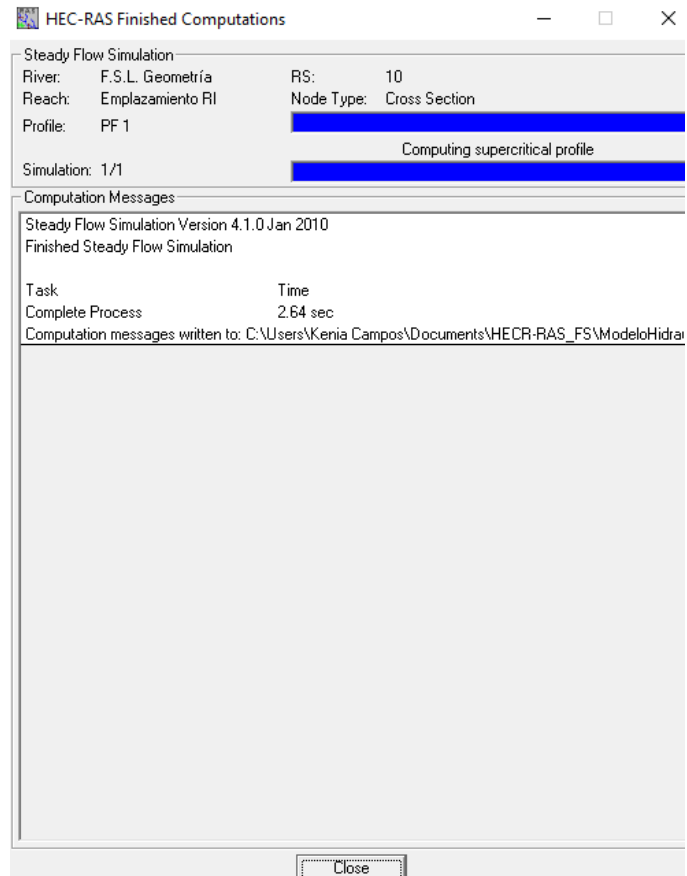
- ☐ Subcritical
- ☐ Supercritical
- ☒ Mixed

Plan Description :

Compute

Ilustración 11 Análisis del caudal Her Ras.





**Ilustración 12 Ejecución del modelo Her Ras.**

#### **4.3.2 Estructura Proyectada**

En el estacionamiento 9k+500 entre las secciones 110 Y 125, el modelo incorpora la geometría. El programa genera las dos secciones adjuntas a continuación, aguas arriba y aguas abajo, para realizar el balance interior de la misma.

Secciones transversales (BU y BD) del modelo para el balance interior del puente proyectado.

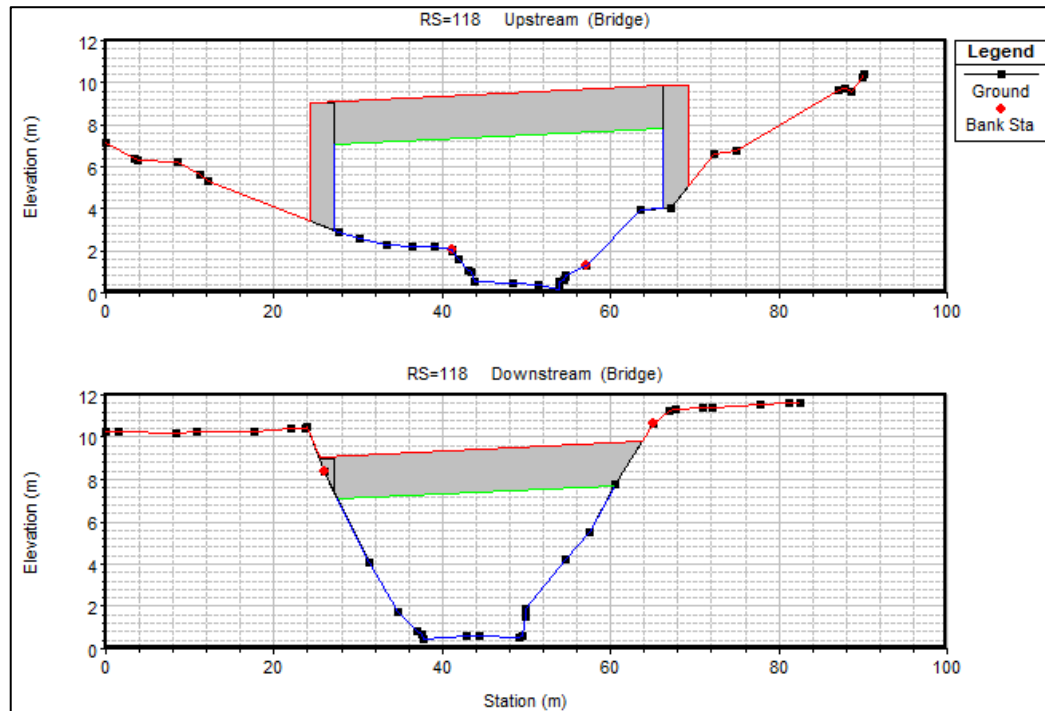


Ilustración 13 Estructura proyectada Hec Ras.

#### 4.3.3 Resultados del Modelo

A continuación, se adjunta el resultado del comportamiento hidráulico del estudio realizado.

Para garantizar la sección hidráulica se deberá realizar una limpieza y conformación del cauce 50 m aguas arriba y 50 metros aguas abajo como lo indica el pliego de cargos.

Se muestra tabla de resultados y análisis para la sección hidráulica 118 donde será proyectado el puente.



River:	SECCIONES R_AREN	Profile:	PF 1	
Reach:	Emplazamiento1	RS:	118	↓ ↑
Plan:	PLAN001			
Plan: PLAN001 SECCIONES R_AREN Emplazamiento1 RS: 118 Profile: PF 1				
E.G. US. (m)	5.30	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	5.09	E.G. Elev (m)	5.29	5.26
Q Total (m3/s)	224.81	W.S. Elev (m)	5.07	4.84
Q Bridge (m3/s)	220.74	Crit W.S. (m)	3.36	3.50
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	4.90	4.42
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	1.66	2.85
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	135.51	78.98
Weir Submerg		Froude # Chl	0.36	0.52
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	281.03	213.05
Min El Weir Flow (m)	9.03	Hydr Depth (m)	2.73	3.07
Min El Prs (m)	9.00	W.P. Total (m)	56.08	28.63
Delta EG (m)	0.05	Conv. Total (m3/s)	6155.9	3883.5
Delta WS (m)	0.27	Top Width (m)	49.57	25.69
BR Open Area (m2)	154.32	Frctn Loss (m)	0.02	0.01
BR Open Vel (m/s)	2.79	C & E Loss (m)	0.02	0.00
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	31.61	90.65
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0.00	0.00

Las velocidades obtenidas en la entrada y salida de la obra son:

- Velocidad entrada: 1.66 m/s
- Velocidad salida: 2.85 m/s

La elevación de la lámina de agua para un periodo de retorno de 100 años en la entrada y salida de la obra son:

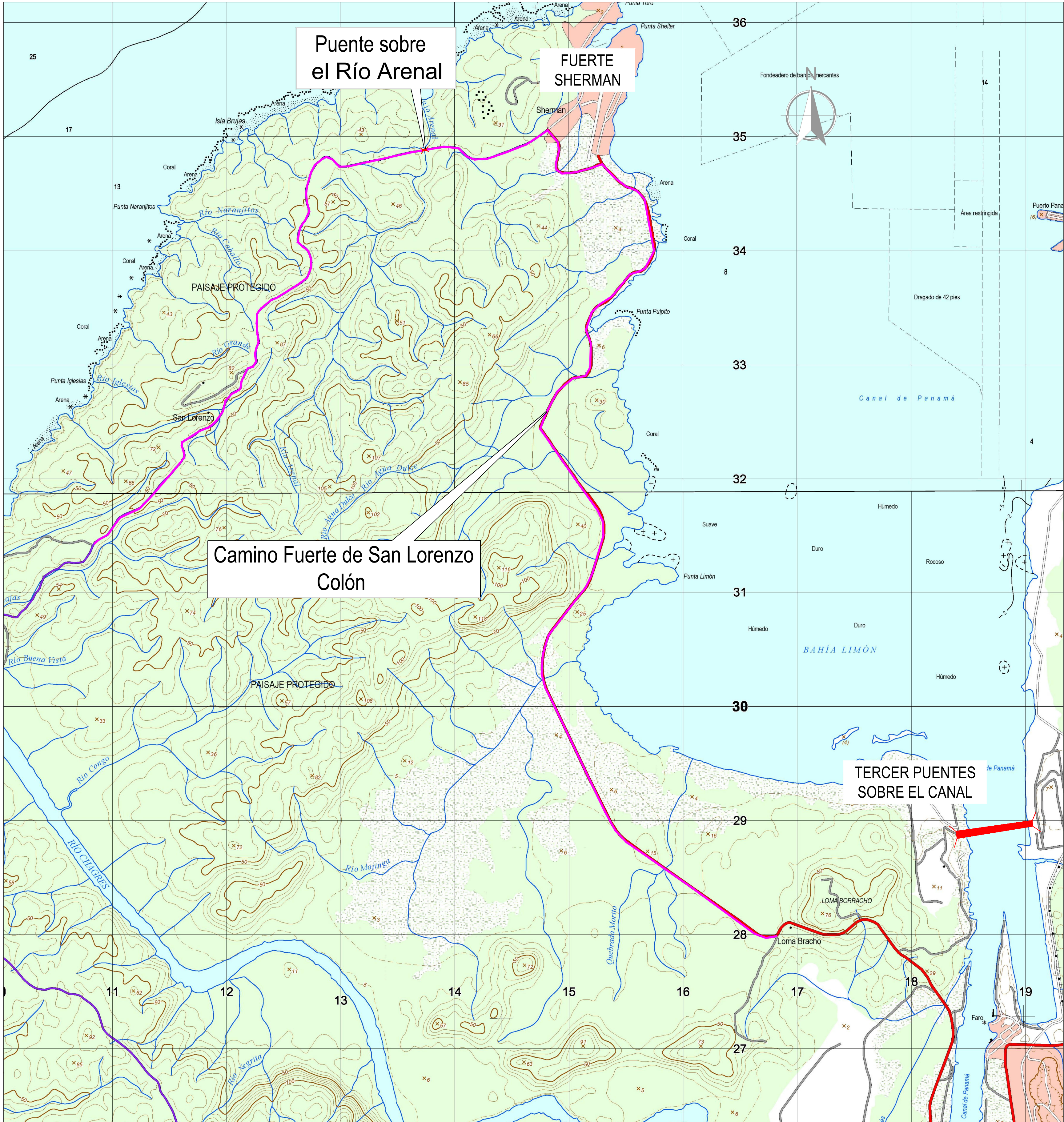
- Altura entrada: 5.07m
- Altura salida: 4.84 m.

En base a los resultados obtenidos para el puente a proyectar se observa la altura de la lámina de agua máxima es de 5.07 metros. Por lo tanto, el puente deberá tener cota mínima de calzada:

- **Cota mínima inferior de la estructura a proyectar: 5.07+ 1.80 m (de resguardo) = 6.87 metros.**

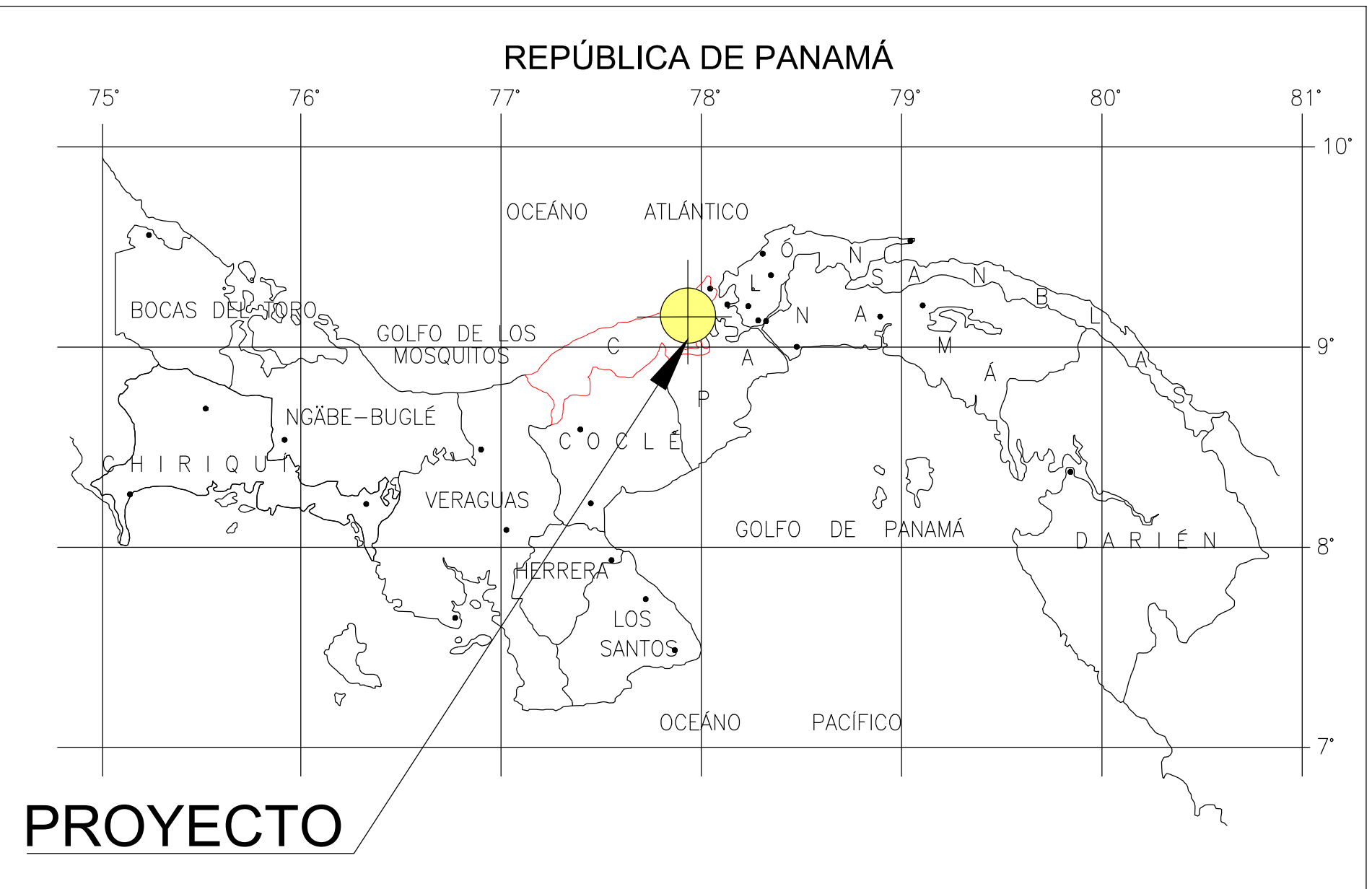
## **APENDICE 1. PLANO DELIMITACION CUENCA PUENTE SOBRE EL RIO ARENAL – EST 5K+500**





LOCALIZACIÓN  
ESC: 1:20000

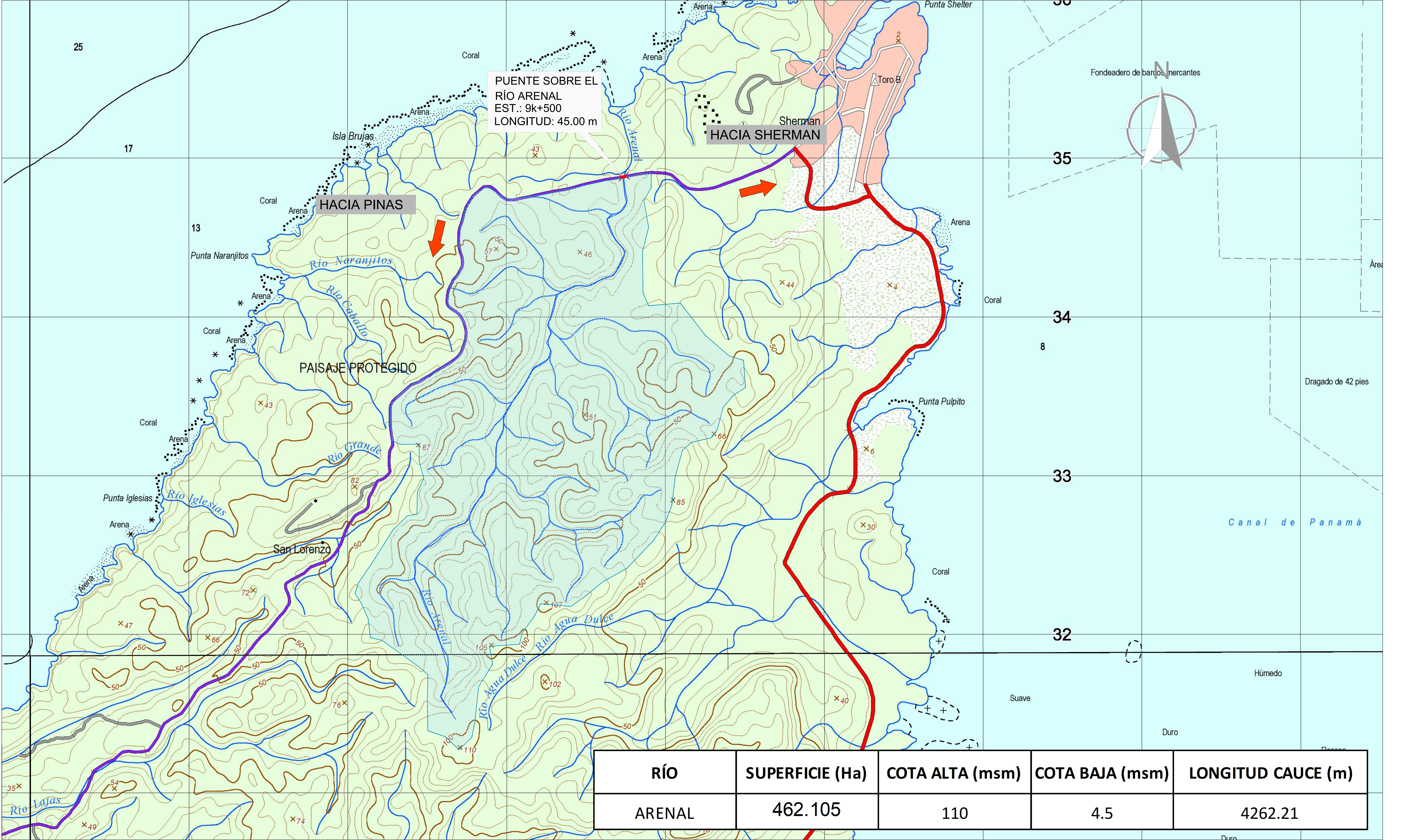
REPÚBLICA DE PANAMÁ  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN PARA LA REHABILITACIÓN DEL  
CAMINO HACIA EL FUERTE DE SAN LORENZO  
DISTRITO DE COLÓN



LOCALIZACIÓN NACIONAL

PLANO	DENOMINACIÓN
APD-01	INDICE Y SITUACIÓN
APD-02	CUENCA DE DRENAJE
APD-03	PERFILES TRANSVERSALES





RÍO	SUPERFICIE (Ha)	COTA ALTA (msm)	COTA BAJA (msm)	LONGITUD CAUCE (m)
ARENAL	462.105	110	4.5	4262.21



## **APENDICE 2. SECCIONES TRANSVERSALES PUENTE SOBRE EL RIO ARENAL – EST 9K+500**

