

## PRESUPUESTO POR ÍTEMES Y GENERAL DE LA OBRA

(En Bolivianos)

### ESTUDIO DE DISEÑO DE LOSAS CON ESTRUCTURA ESPACIAL MIXTA MODELADA TRIDIMENSIONALMENTE, APLICADO AL DISEÑO DE PUENTE PEATONAL SOBRE LA QUEBRADA EL MONTE

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Numeral)	Precio Unitario (Literal)	Precio Total (Numeral)
	MO1 - MOD-1 Trabajos Preliminares					39,805.52
1	INSTALACION DE FAENAS	glb	1.00	11,690.02	Once Mil Seiscientos Noventa con 2/100 Bolivianos	11,690.02
2	DEMOLICION DE ESTRUCTURAS DE H° C°	m³	64.80	204.78	Doscientos Cuatro con 78/100 Bolivianos	13,269.74
3	RETIRO DE ESCOMBROS(INCLUYE CARGUIO)	m³	64.80	181.11	Ciento Ochenta y Uno con 11/100 Bolivianos	11,735.93
4	REPLANTEO Y CONTROL DE OBRA (PUENTE)	glb	1.00	3,109.83	Tres Mil Ciento Nueve con 83/100 Bolivianos	3,109.83
	MO2 - MOD-2 Movimiento de Tierras					30,988.02
1	EXCAVACION COMUN C/MAQ	m³	156.94	17.79	Diecisietecon 79/100 Bolivianos	2,791.96
2	EXCAVACION CON AGOTAMIENTO Y ENTIBADO	m³	262.85	77.36	Setenta y Siete con 36/100 Bolivianos	20,334.08
3	RELLENO Y COMPACTADO	m³	395.87	19.86	Diecinuevecon 86/100 Bolivianos	7,861.98
	MO3 - MOD-3 Puente - Obra Gruesa					574,002.73
1	HORMIGON TIPO E P/ CAPA DE NIVELACION	m³	2.54	742.87	Setecientos Cuarenta y Dos con 87/100 Bolivianos	1,886.89
2	HORMIGON TIPO A P/ZAPATAS	M3	10.30	1,345.53	Un Mil Trescientos Cuarenta y Cinco con 53/100 Bolivianos	13,858.96
3	HORMIGON TIPO A P/ESTRIBOS	m³	73.82	1,929.33	Un Mil Novecientos Veintinueve con 33/100 Bolivianos	142,423.14
4	HORMIGON TIPO A P/COLUMNAS	M3	9.75	2,125.34	Dos Mil Ciento Veinticinco con 34/100 Bolivianos	20,722.07
5	HORMIGON TIPO A P/VIGAS	M3	4.19	2,125.34	Dos Mil Ciento Veinticinco con 34/100 Bolivianos	8,905.17
6	HORMIGON TIPO A P/LOSAS TABLERO	m³	13.02	2,182.62	Dos Mil Ciento Ochenta y Dos con 62/100 Bolivianos	28,417.71
7	ACERO ESTRUCTURAL FYK = 4200	kg	7,521.41	14.79	Catorce con 79/100 Bolivianos	111,241.65
8	MALLA ESPACIAL C/ACERO ESTRUCTURAL	m²	180.00	1,326.40	Un Mil Trescientos Veintiseis con 40/100 Bolivianos	238,752.00
9	APOYOS DE NEOPRENO COMPUESTO	dm³	10.08	749.76	Setecientos Cuarenta y Nueve con 76/100 Bolivianos	7,557.58
10	DRENAJE EN CALZADA	m	4.00	59.39	Cincuenta y Nueve con 39/100 Bolivianos	237.56
	MO4 - MOD-4 Puente - Obra Fina					121,905.56
1	PAVIMENTO DE HORMIGON (T=5 CM)	m²	168.00	136.51	Ciento Treinta y Seis con 51/100 Bolivianos	22,933.68
2	PROV. Y COLOC. DE POSTES DE ILUMINACION	pza	6.00	3,012.13	Tres Mil Doce con 13/100 Bolivianos	18,072.78
3	PROV. Y TENDIDO DE CABLE CU (2 FAS)	m	140.00	32.80	Treinta y Dos con 80/100 Bolivianos	4,592.00
4	BARANDADO INTERIOR TUBOS F°G°	m	123.28	476.04	Cuatrocientos Setenta y Seis con 4/100 Bolivianos	58,686.21
5	PINTURA ACEITE SOBRE MALLA ESPACIAL METALICA	m²	180.00	49.08	Cuarenta y Nueve con 8/100 Bolivianos	8,834.40
6	TUBERIA DE DRENAJE PVC 4"	ml	10.00	59.39	Cincuenta y Nueve con 39/100 Bolivianos	593.90
7	JUNTAS DE DILATACION	m	6.00	662.06	Seiscientos Sesenta y Dos con 6/100 Bolivianos	3,972.36
8	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA Y DESMOVILIZACION	glb	1.00	4,220.23	Cuatro Mil Doscientos Veinte con 23/100 Bolivianos	4,220.23
n						
<b>PRECIO TOTAL (Numeral)</b>				<b>766,701.83</b>		
<b>PRECIO TOTAL (Literal)</b>				<b>Setecientos Sesenta y Seis Mil Setecientos Uno con 83/100 Bolivianos</b>		

## PLANILLA DE COMPUTOS METRICOS

ESTUDIO DE DISEÑO DE LOSAS CON ESTRUCTURA ESPACIAL MIXTA MODELADA TRIDIMENSIONALMENTE,  
APLICADO AL DISEÑO DE PUENTE PEATONAL SOBRE LA QUEBRADA EL MONTE

### *M01 - MOD-1 Trabajos Preliminares*

ÍTEM	Descripción	UNID	Largo	Ancho	Alto	N° Vi	Sup	Vol/Cant	Total
1.01	INSTALACION DE FAENAS	glb							1.00
	Campamento y Oficina		1.00			1		1.00	
2.01	DEMOLICION DE ESTRUCTURAS DE H° C°	m³							64.80
	Fundación		5.00	3.00	0.80	2		24.00	
	Muro de Contención		5.00	0.80	5.10	2		40.80	
3.01	RETIRO DE ESCOMBROS(INCLUYE CARGUIO)	m³							64.80
	Material de demolición		64.80			1		64.80	
4.01	REPLANTEO Y CONTROL DE OBRA (PUENTE)	glb							1.00
	Se realizara para el puente		1.00			1		1.00	

### *M02 - MOD-2 Movimiento de Tierras*

ÍTEM	Descripción	UNID	Largo	Ancho	Alto	N° VI	Sup	Vol/Cant	Total
1	EXCAVACION COMUN C/MAQ	m³							156.74
	p/Estribos (h=2m)		5.50	2.50	5.00	2		137.50	
	p/Zapatas (h=1m)		5.40	3.60	1.00	1		19.44	
2	EXCAVACION CON AGOTAMIENTO Y ENTIBAD	m³							262.85
	p/Estribos (a partir de h=-2m)		5.50	4.60	3.85	2		194.81	
	p/Zapatas (a partir de h=-1m)		5.40	3.60	3.50	1		68.04	
3	RELLENO Y COMPACTADO	m³							395.88
	Excavación p/Estribos		332.31			1		332.31	
	Excavación p/Zapatas		87.48			1		87.48	
	Accesos		6.82		4.60	2	62.75		
	(-) Estribos		76.36			1		-76.36	
	(-) Zapatas		10.30			1		-10.30	

### *M03 - MOD-3 Puente - Obra Gruesa*

ÍTEM	Descripción	UNID	Largo	Ancho	Alto	N° VI	Sup	Vol/Cant	Total
1	HORMIGON TIPO E P/ CAPA DE NIVELACION	m³							2.54
	Hormigón de nivelación Estribos		5.00	3.80	0.05	2		1.90	
	Hormigón de nivelación Zapatas		4.60	2.80	0.05	1		0.64	
2	HORMIGON TIPO A P/ZAPATAS	M3							73.82
	Fundación		4.94	3.80	0.80	2		30.04	
	Muro Tramo 1		3.54	0.80	5.10	2		28.89	
	Muro Tramo 2		3.54	1.00	0.80	2		5.66	
	Muro Tramo 3		3.54	1.20	0.80	2		6.80	
	Muro Tramo 4		3.04	0.25	0.95	2		1.44	
	Muro Tramo 4 (laterales)		0.95	0.25	1.05	4		1.00	
3	HORMIGON TIPO A P/ESTRIBOS	m³							10.30
	Zapatas		4.60	2.80	0.80	1		10.30	
4	HORMIGON TIPO A P/COLUMNAS	M3							9.75
	Columnas de Arranque		0.50		0.80	2	0.80		
	Columnas		0.50		8.90	2	8.95		

5	HORMIGON TIPO A P/VIGAS	M3							4.1?
	Vigas Central (Tablero)		3.00	0.80	0.85	1		2.04	
	Vigas Central (arriostre)		1.30	0.30	0.60	1		0.23	
	Viga de Apoyo (Extremos)		3.00	0.40	0.80	2		1.92	
6	HORMIGON TIPO A P/LOSAS TABLERO	m <sup>3</sup>							13.02
	Losa Superior		60.00	3.00	0.06	1		10.80	
	Losa Inferior (extremos)		1.10	2.30	0.06	2		0.30	
	Losa Inferior (centro)		7.48	2.30	0.06	2		2.06	
	(-) Viga central		3.00	0.80	0.06	-1		-0.14	
7	ACERO ESTRUCTURAL FYK = 4200	kg							7,521.41
	Vigas Central (Tablero)		105.90			1		105.90	
	Vigas Central (arriostre)		32.40			1		32.40	
	Viga de Apoyo (Extremos)		42.40			2		84.80	
	Columnas		1,902.00			1		1,902.00	
	Zapatás		699.60			1		699.60	
	Estribos		4,696.71			1		4,696.71	
8	MALLA ESPACIAL C/ACERO ESTRUCTURAL	m <sup>2</sup>							180.00
	Acero Estructural del Malla Espacial		60.00		3.00	1	180.00		
9	APOYOS DE NEOPRENO COMPUESTO	dm <sup>3</sup>							10.08
	Neopreno Compuesto		2.00	1.50	0.42	8		10.08	
10	DRENAJE EN CALZADA	m							4.00
	En ambos laterales c/3 m		0.10			40		4.00	

*M04 - MOD-4 Puente - Obra Fina*

ÍTEM	Descripción	UNID	Largo	Ancho	Alto	N° VI	Sup	Vol/Cant	Total
1	PAVIMENTO DE HORMIGON (T=5 CM)	m <sup>2</sup>							168.00
	Piso de Hormigón		60.00		2.80	1	168.00		
2	PROV. Y COLOC. DE POSTES DE ILUMINACION	pza							6.00
	En los accesos		2.00			2		4.00	
	Tramo Puente		1.00			2		2.00	
3	PROV. Y TENDIDO DE CABLE CU (2 FAS)	m							140.00
	En los accesos		10.00			2		20.00	
	Tramo Puente		60.00			2		120.00	
4	BARANDADO INTERIOR TUBOS F°G°	m							123.28
	Tramo Puente		60.00			2		120.00	
	Accesos		0.82			4		3.28	
5	PINTURA ACEITE SOBRE MALLA ESPACIAL METAL	m <sup>2</sup>							180.00
	Estructura Metálica		60.00		3.00	1	180.00		
6	TUBERIA DE DRENAJE PVC 4"	ml							10.00
	En Estribos		5.00			2		10.00	
7	JUNTAS DE DILATACION	m							6.00
	Sobre estribos		3.00			2		6.00	
8	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA Y DESMOVILIZAC	glb							1.00
	En el Área de Construcción		1.00			1		1.00	





## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Item: RETIRO DE ESCOMBROS(INCLUYE CARGUIO) 64.80 m<sup>3</sup>  
 Proyecto: PROYECTO DE GRADO / DISEÑO DE PUENTE PEATONAL  
 Cliente: UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO

N°	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
	A	MATERIALES				
>	D	TOTAL MATERIALES			(A) =	0.00
	B	MANO DE OBRA				
1	-	PEON	hr	1.00	6.25	6.25
>	E	SUBTOTAL MANO DE OBRA			(B) =	6.25
	F	Cargas Sociales		67.00% de	(E) =	4.19
	O	Impuesto al Valor Agregado		14.94% de	(E+F) =	1.56
>	G	TOTAL MANO DE OBRA			(E+F+O) =	12.00
	C	EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIEN				
1	-	VOLQUETA 5 M3	hr	1.00	130.00	130.00
	H	Herramientas menores		5.00% de	(G) =	0.60
>	I	TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO			(C+H) =	130.60
>	J	SUB TOTAL			(D+G+I) =	142.60
	L	Gastos grales. y administrativ		12.00% de	(J) =	17.11
	M	Utilidad		10.00% de	(J+L) =	15.97
>	N	PARCIAL			(J+L+M) =	175.68
	P	Impuesto a las Transacciones		3.09% de	(N) =	5.43
>	Q	TOTAL PRECIO UNITARIO			(N+P) =	181.11
>		PRECIO ADOPTADO:				181.11
		Son: Ciento Ochenta y Uno con 11/100 Bolivianos				



















































## **PRESUPUESTO DE PUENTE PEATONAL ATIRANTADO.**

El presente presupuesto fue extraído de un estudio similar que se realizó el en la misma quebrada, pero ubicada aguas arriba a unos 5 km, cuyas características son los siguientes:

- Longitud total de Puente 60.80 m.
- Altura de la Pila Central, 28.00 m dimensionados en tres tramos, de 13.30m, 9.10 m, 5.60 m, cuyas secciones son de 100 x 200 cm, 80 x 175 cm y 80 x 150 cm respectivamente.
- Ancho Útil del Puente peatonal, 2.50 m.
- Ancho Total del Puente peatonal. 3.00 m.
- Altura de la Losa para este sistema, 0.25 m.
- Tiene dos vigas longitudinales de 25 x 50 cm (laterales).
- Todo el tramo se divide en tramos denominados tableros de 5.00m.

Con estas características fue determinado su presupuesto que a continuación mostramos, además, es preciso aclarar de que en el siguiente cuadro se tiene el presupuesto de este puente, cuyos incidencias para calculo de precios unitarios son las mismas que se han definido para el puente en estudio.

## Presupuesto General

N°.	Partidas	Cantidad	Unid	Costo Unit.	Monto	Total
<b>1.00</b>	<b>PUENTE PEATONAL ATIRANTADO (60 mt)</b>					<b>1,752,576.86</b>
1.01	INSTALACIÓN DE FAENAS PARA PUENTE	1.00	gib	14,134.17	14,134.17	
1.02	REPLANTEO Y CONTROL DE OBRA (PUE	1.00	gib	2,442.76	2,442.76	
1.03	DEMOLICIÓN MURO DE H°C°	30.20	M3	184.30	5,565.86	
1.04	MOVIMIENTO DE TIERRAS C/MAQUINARI;	424.23	M3	20.82	8,832.47	
1.05	EXCAVACIÓN CON MAQUINARIA.	148.63	M3	22.14	3,290.67	
1.06	EXCAVACIÓN CON AGOTAMIENTO	420.31	m <sup>3</sup>	127.81	53,719.82	
1.07	HO.SIMPLE FC = 210 KG/CM2.	48.28	M3	709.79	34,268.66	
1.0B	HORMIGÓN P/FUNDACION PILA TIPO R21	35.00	M3	1,810.81	63,378.35	
1.09	HORMIGÓN PARA PILA TIPO R-21	112.00	M3	2,110.13	236,334.56	
1.10	H°A° FUNDACIÓN ESTRIBOS TIPO R-21	32.00	M3	2,138.54	68,433.28	
1.11	H°A° ELEVACIÓN DE ESTRIBOS TIPO R-2	51.11	M3	1,447.84	73,999.10	
1.12	HORMIGÓN PARA VIGAS	6.00	M3	2,110.13	12,660.78	
1.13	APOYOS DE NEOPRENO	600.00	dm3	622.74	373,644.00	
1.14	RELLENO Y COMPACTADO C/MAQUINAR	520.64	M3	42.47	22,111.58	
1.15	CABLE PARA TIRANTES Y POSTESADO	411.22	m	43.97	18,081.34	
1.16	ANCLAJES	40.00	pza	338.19	13,527.60	
1.17	TUBO DE ACERO PARA PROTECCIÓN 3"	411.22	m	110.09	45,271.21	
1.18	H°A° PARA TABLERO TIPO R-350	38.50	M3	3,828.53	147,398.41	
1.19	ACERO ESTRUCTURAL	21,101.63	KG	23.30	491,667.98	
1.20	DRENAJE CON TUBERÍA PVC DE 4"	20.00	m	34.14	682.80	
1.21	BARANDADO METÁLICO	124.00	ML	476.31	59,062.44	
1.22	POSTE DE ILUMINACIÓN	10.00	pza	333.18	3,331.80	
1.23	LIMPIEZA GENERAL	1.00	gib	737.22	737.22	

**TOTAL COSTOS DE CONSTRUCCIÓN = 1,752,576.86**

\*\*\*\*\*  
\* PERFORACIONES A DIAMANTINA \*  
\* RIOS SAN PEDRO Y DEL MONTE \*  
\* TARIJA 1989 \*  
\*\*\*\*\*

## I N D I C E

	<u>PAGINA</u>
1. INTRODUCCION	1
2. GENERALIDADES	1
3. UBICACION	1
4. OBJETIVO	2
5. PERFORACIONES	2
6. LECTURA DE LOS TESTIGOS	3
7. ENSAYOS DE PENETRACION	3
8. CONCLUSIONES	4
9. RECOMENDACIONES	4

## F I G U R A S

FIGURA No. 1	PLANO DE UBICACION DE SONDEOS
FIGURA No. 2a	PERFIL CORRELACION DE SONDEOS RIO SAN PEDRO
FIGURA No. 2b	PERFIL CORRELACION DE SONDEOS RIO DEL MONTE
FIGURA No. 3a-3c	REGISTRO DE PERFORACIONES RIO SAN PEDRO
FIGURA No. 4a-4b	REGISTRO DE PERFORACIONES RIO DEL MONTE



PERFORACIONES A DIAMANTINA  
RIOS SAN PEDRO Y DEL MONTE  
TARIJA 1989

1. INTRODUCCION

Con la presente investigación geotécnica, en base a perforaciones a diamantina en los rios San Pedro y Del Monte, se pretende conocer las condiciones geológicas imperantes del subsuelo en los sitios de fundación de dos estructuras vehiculares, las mismas que tienen el objeto de mejorar los accesos hacia el aeropuerto de la Ciudad de Tarija.

2. GENERALIDADES

Es conocido que el valle de Tarija se encuentra relleno por sedimentos fluvio-lacustres de edad Cuaternaria; constituidos esencialmente por arcillas limosas y lentes de gravas. Estos materiales se caracterizan por estar medianamente consolidados razón por la cual, una fuerte disectación y erosión por efecto de las aguas se observa al presente.

Por este motivo, la presencia de varios rios y quebradas obliga a los Entes Estatales Tarijeños a realizar obras civiles a fin de facilitar el flujo vehicular en el área urbana, tal como se pretende con las actuales investigaciones en estos dos rios.

Teniendo en cuenta las condiciones citadas anteriormente, es que se han realizado sondeos hasta una profundidad de 10 m. en el rio San Pedro y 15 m. en el rio Del Monte; trabajos que permitirán garantizar la estabilidad de las obras.

3. UBICACION

Los trabajos de investigación para la implantación de estas estructuras se halla situada justamente aguas arriba de los actuales puentes sobre la carretera hacia el aeropuerto de la ciudad de Tarija.

En el río San Pedro los 3 sondeos se hallan alineados según un perfil transversal al flujo de las aguas y a 30 m. del eje de la actual carretera; un sondeo (SP-2) en el centro del río y dos sondeos (SP-1 y SP-3) en las partes altas y a cada lado del lecho del río.

En el río Del Monte se tienen 2 sondeos, DM-1 y DM-2, uno en cada margen y situados también a 30 m. del eje de la actual carretera.

La ubicación de los 5 sondeos, puede verse en la figura No 1.

#### 4. OBJETIVO

Como ya se mencionó en líneas anteriores, el objetivo principal de esta investigación es la de reconocer las condiciones geológicas y geotécnicas del subsuelo en el sitio donde se van a fundar estas dos estructuras, o sea determinar el tipo de sedimentos, su espesor y su resistencia o capacidad portante.

De esta forma, el Ingeniero Civil podrá diseñar las zapatas a un cierto nivel de fundación, con un buen margen de seguridad.

#### 5. PERFORACIONES

Las perforaciones han alcanzado un total de 60 m. distribuidos en tres pozos de 10 m. cada uno en el río San Pedro y 2 pozos de 15 m. cada uno en el río Del Monte.

Todos los sondeos fueron realizados con diámetro NQ, es decir con un hueco practicado en el terreno de 75.7 mm.

En el siguiente cuadro, se muestran datos de las perforaciones y que también pueden ser observadas en el "Registro de Perforación y Pruebas de Penetración Standard"

	No. POZO	PROFUN. (m.)	% RECUP. PROMEDIO	No. ENSAYOS SPT
	SP-1	10	65	3
RIO SAN PEDRO	SP-2	10	60	3
	SP-3	10	70	3
	DM-1	15	75	4
RIO DEL MONTE	DM-2	15	78	4

#### 6. LECTURA DE LOS TESTIGOS

Los testigos recuperados han demostrado que en ambos rios y en los 5 sondeos efectuados se encuentran presentes solo dos secuencias litológicas (ver figura No. 2).

La superior formada por sedimentos fluviales recientes, los mismos que litológicamente se hallan constituidos por gravas sub redondeadas de cuarcitas y areniscas duras con tonos grfs plomizo a marrón. Estos materiales se hallan en una abundante matriz areno arcillosa, teniendo poca a ninguna consolidación. Unicamente en el sondeo DM-1, en el rio Del Monte, se ha detectado un lente arenoso, que se infiere como de poca extensión horizontal, pues no ha sido observado en el sondeo DM-2.

La secuencia inferior se halla constituida por arcillas limosas de color marrón verdusco; las mismas que son homogeneas, compactas e impermeables.

Estos sedimentos se han observado hasta el fondo de los sondeos y su espesor debe continuar por varias decenas de metros más, lo que constituye un apropiado material para fundaciones.

#### 7. ENSAYOS DE PENETRACION

Los ensayos de Penetración fueron realizados en cada sondeo con un distanciamiento promedio de 3.00 m., habiendo totalizado 17 ensayos en ambos rios, con preferencia en los materia-

les finos arcillo limosos. (ver cuadro de perforaciones).

El ensayo es el designado según la norma AASHO T-206-70.

La interpretación de los resultados de campo, ha sido efectuada con la ayuda del ábaco confeccionado por B. K. Hough.

El número de golpes necesarios para hincar 30 cms. de la Cuchara Partida, ha variado entre 26 y 34 golpes; lo que traducido a soporte de suelos da valores entre 3.5 a 4.5 Kg/cm<sup>2</sup>; es decir, se considera al sedimento limo arcilloso como "Compacto"

#### 8. CONCLUSIONES

- Con el fin de construir 2 puentes vehiculares, se han practicado 5 sondeos a diamantina; 3 en el río San Pedro y 2 en río Del Monte.
- En ambos ríos y en todos los sondeos se ha determinado la existencia de 2 marcadas litologías.
- Una superior constituida por gravas y arenas fluviales recientes, que litológicamente corresponden a cuercitas y areniscas duras, en una abundante matriz arena limosa.
- Y una inferior formada por arcillas limosas de color marrón verdusco; compacto homogéneo e impermeable.
- Solo en el sondeo DM-1 se ha detectado un lente arenoso de 1.20 m. de espesor.
- En total se han realizado 17 Ensayos de Penetración Normal en los 5 sondeos, haciendo un promedio de un ensayo cada 3 m.
- Los valores obtenidos en función del número de golpes, que fueron entre 26 y 34 es de 3.5 a 4.5 Kg/cm<sup>2</sup>

#### 9. RECOMENDACIONES

- La fundación de todos los elementos de los puentes, sean estos pilas o estribos, deben hacerse en los sedimentos arcillo limosos.

- No es recomendable fundaciones en los materiales fluviales recientes, ni en los materiales de relleno artificial.
- La fundación podrá ser a un nivel tal, que penetre entre 1.00 y 1.50 m. en los sedimentos arcillo limosos; esto a fin de garantizar que se ha eliminado la parte superior alterada.
- Una fundación relativamente profunda garantizará la estabilidad de la obra, evitando un descalze.
- Para esto, el Ingeniero Civil deberá tomar una fatiga no mayor a 3.0 Kg./cm.<sup>2</sup>.

\* \* \* \* \* 0 \* \* \* \* \*

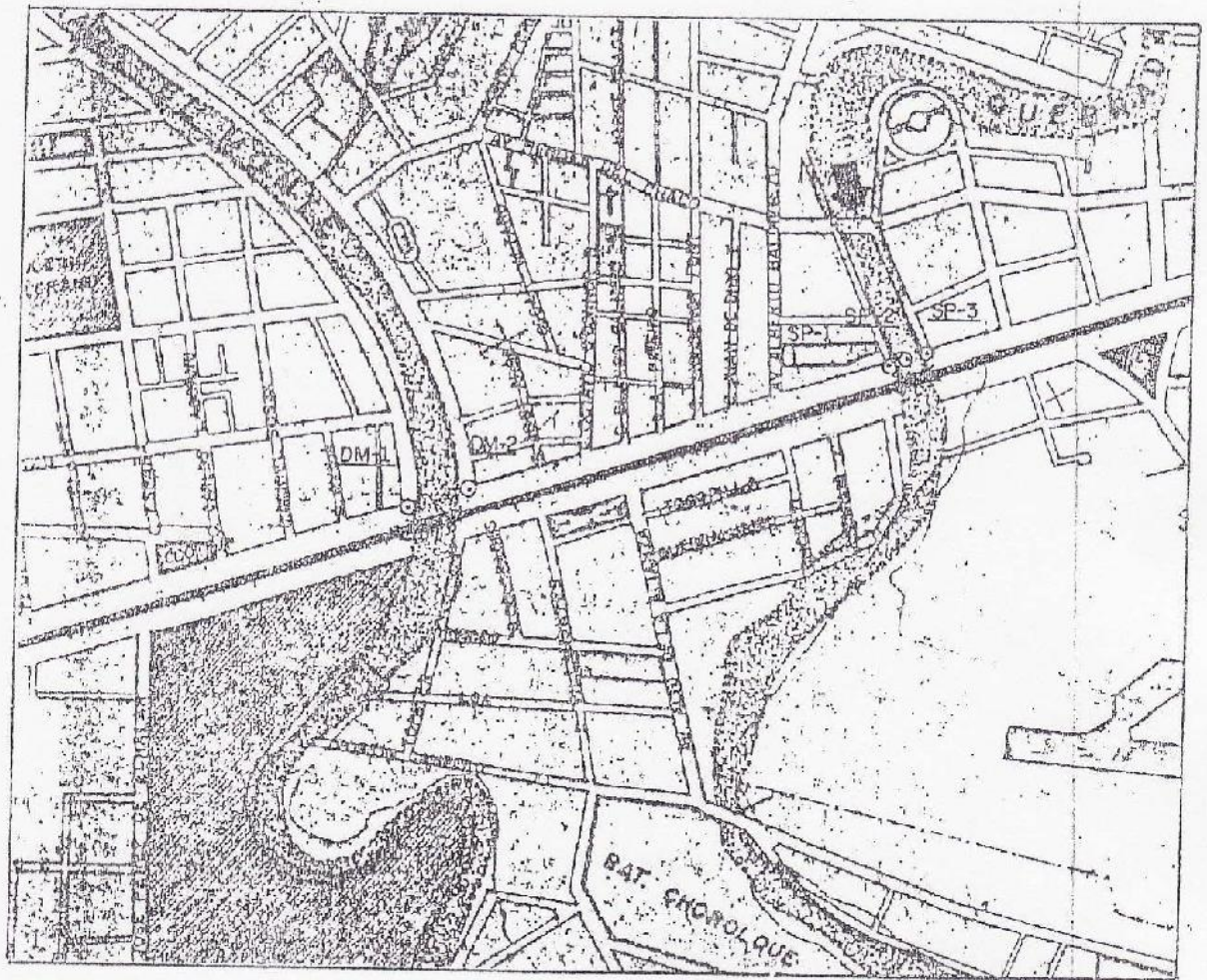


Fig. N° 1 Ubicación de sondes  
Esc. 1:10.000

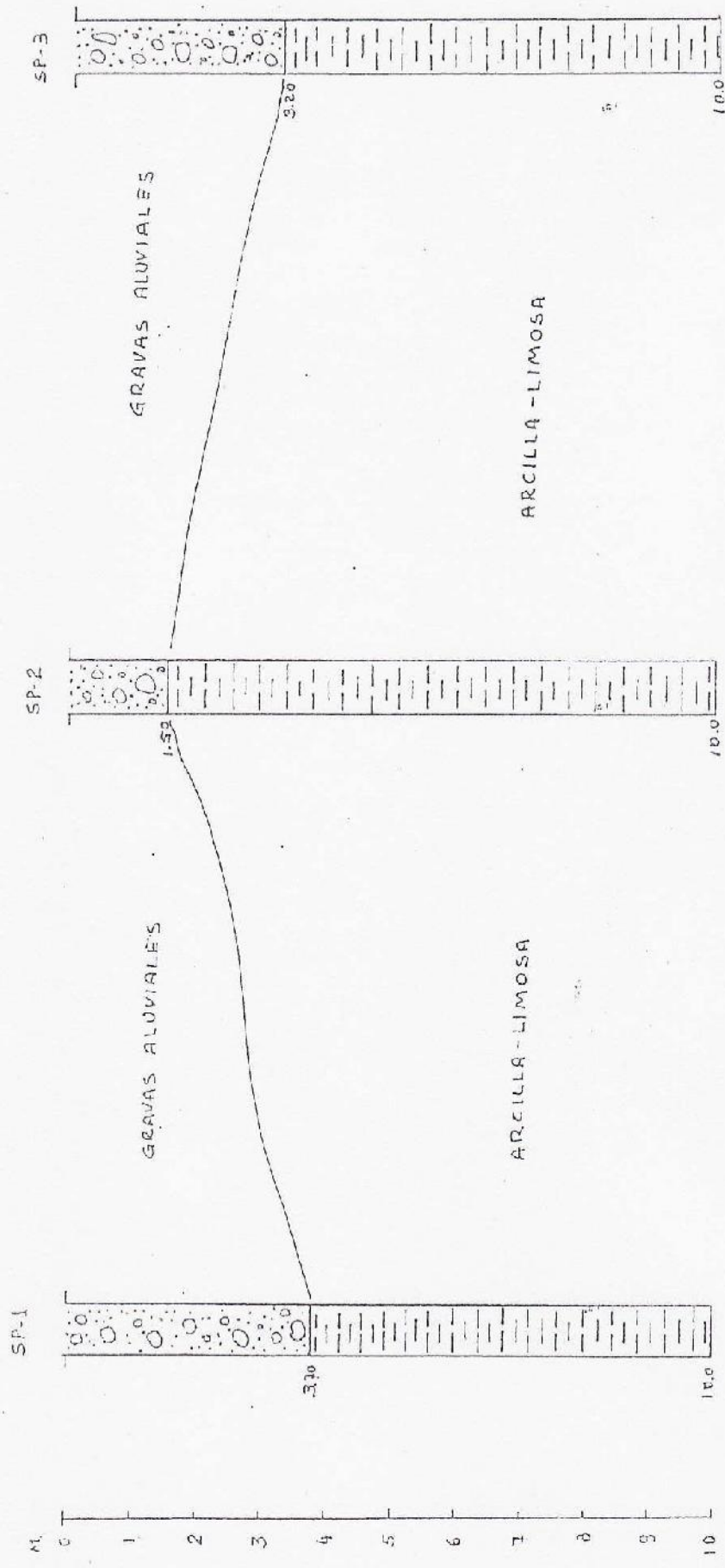


Fig. N° 2a Correlación litológica

Río San Pedro

V = 1:100

Esc. H = 1:250

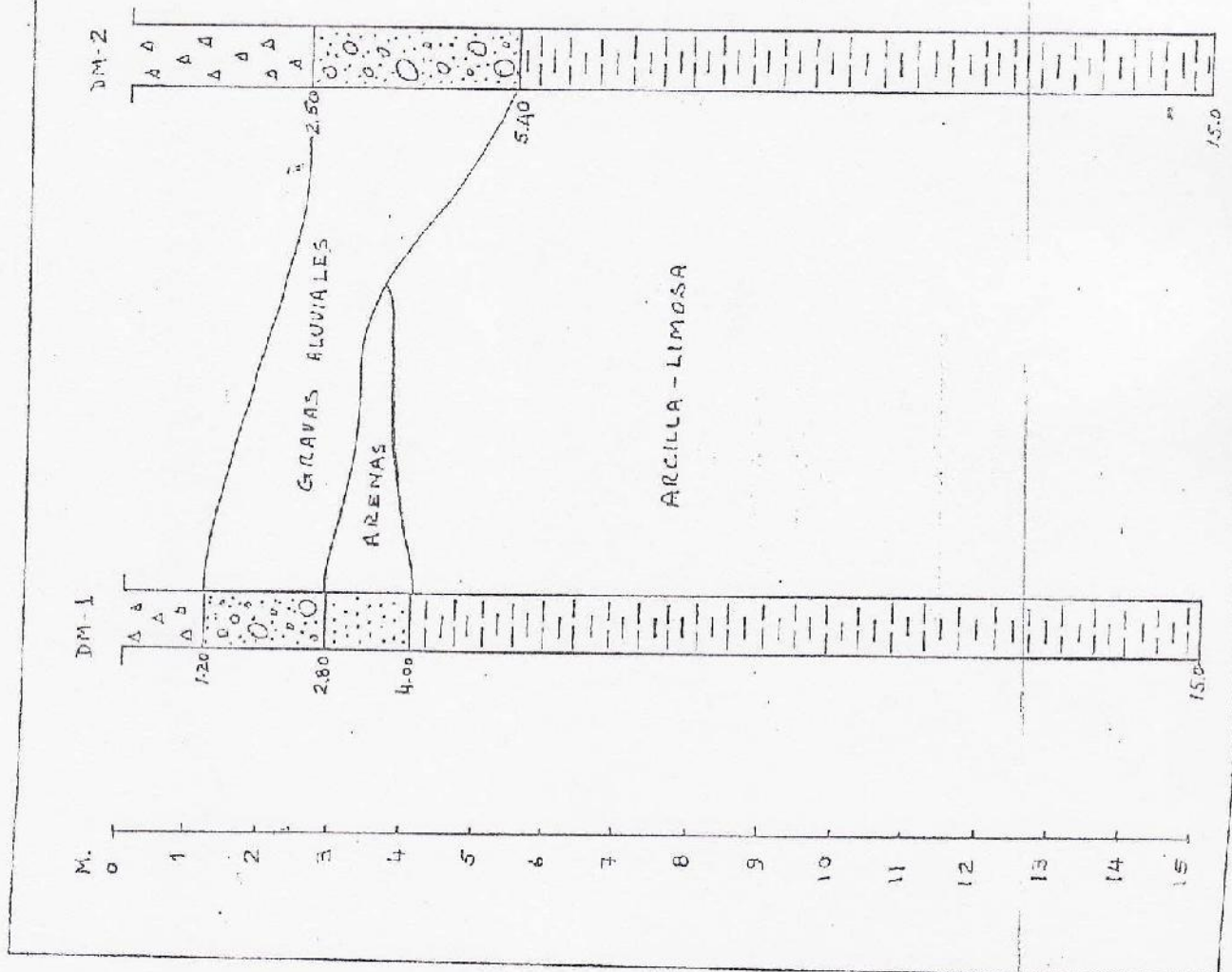


Fig. Nº 2b Correlación litológica  
Río del Monte  
Esc. 1:100

















SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA - TARIJA

Av. Jaime Paz Z. N° 1763 Telfs 6642238 - 6114212 Casilla # 461 Email [senamhi@cosett.com.bo](mailto:senamhi@cosett.com.bo)

TEMPERATURA MAXIMA EXTREMA (°C)

Estación: AEROPUERTO  
 Provincia: CERCADO  
 Departamento: TARIJA

Lat. S.: 21° 32'  
 Long. W.: 64° 43'  
 Altura: 1,855 m.s.n.m.

ANO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MAXIMA
1962					28.0	29.0	17.0	27.0	24.0	32.0	36.0	31.0	
1963	31.0	30.0	29.0	29.5	27.0	31.0	33.0	31.0	33.5	38.3	37.0	30.1	38.3
1964	28.0	32.9	32.0	31.0	27.0	29.6	27.0	34.5	32.0	30.8	32.0	32.0	34.5
1965	30.0	32.0	30.0	24.0	29.0	28.0	28.8	35.0	34.5	35.0	35.2	32.6	35.2
1966	32.0	32.2	32.0	30.1	28.1	29.0	31.0	32.6	36.5	36.0	34.6	38.0	38.0
1967	33.5	32.0	29.4	30.2	32.0	30.0	31.0	32.5	34.0	34.0	34.0	38.2	38.2
1968	32.0	29.1	33.0	30.0	28.2	31.0	30.0	30.5	34.0	36.0	37.3	35.0	37.3
1969	34.2	36.3	37.0	34.4	34.4	33.0	34.0	33.2	36.0	35.0	37.0	30.0	37.0
1970	31.0	32.0	30.6	29.5	33.0	32.0	31.0	32.3	35.0	35.6	36.0	35.0	36.0
1971	33.5	34.4	31.4	32.0	30.1	30.0	30.0	32.0	33.0	35.5	39.0	34.6	39.0
1972	31.6	31.0	31.8	33.3	33.0	33.0	32.0	34.0	35.0	34.0	36.2	31.8	36.2
1973	34.2	34.0	31.8	32.2	32.8	31.0		34.6	34.5	36.2	33.6		
1974	32.4	31.0	30.6	31.0	32.0	31.0	36.0	34.4	36.0	32.8	35.8	33.4	36.0
1975	31.4	32.0	32.0	36.0	31.3	31.0	31.1	32.4	33.4	34.5	37.8	34.0	37.8
1976	31.0	32.4	31.3	34.0	31.0	30.0	31.4	33.2	36.3	38.0	38.0	38.2	38.2
1977	33.3	32.0	35.0	37.3	32.0	32.0	32.0	34.0	35.4	39.3	36.0	34.6	39.3
1978	33.1	30.6	31.0	30.2	32.3	30.0	33.6	33.0	32.6	35.0	36.0	30.0	36.0
1979	30.0	30.0	29.0	31.0	32.4	31.4	33.0	33.6	37.0	34.8	35.0	37.0	37.0
1980	33.0	35.0	31.0	37.4	33.0	31.0	33.4	33.4	36.7	35.0	34.0	35.8	37.4
1981	33.0	31.0	33.0	30.6	33.0	30.4	32.0	33.0	33.8	33.0	32.6	34.4	34.4
1982	31.2	32.0	30.5	30.4	33.2	31.6	31.4	36.2	34.0	37.4	37.2	30.4	37.4
1983	32.7	34.7	35.1	35.0	35.2	33.2	32.8	35.0	36.2	34.5	30.7	32.5	36.2
1984	31.6	32.6	34.6	29.0	36.2	33.2	31.4	32.4	35.6	35.2	32.0	31.2	36.2
1985	31.0	31.0	34.0	36.2	32.6	30.2	32.6	35.5	33.5	34.7	35.8	30.6	36.2
1986	32.0	30.2	30.6	34.0	34.2	33.0	30.0	32.6	33.8	35.6	36.0	29.6	36.0
1987	30.2	31.7	33.3	35.7	32.0	31.0	33.3	34.5	36.0	37.3	35.0	33.6	37.3
1988	34.0	29.0	32.6	30.6	31.0	31.4	33.2	36.0	36.0	36.4	36.6	32.6	36.6
1989	31.4	30.8	33.4	32.8	31.8	30.0	31.6	33.9	34.0	37.2	34.9	31.5	37.2
1990	33.5	29.4	33.6	34.5	33.0	30.4	31.6	32.2	34.2	36.2	37.5	32.0	37.5
1991	30.6	29.6	30.8	33.2	34.8	31.2	32.0	32.2	34.0	39.0	34.0	34.5	39.0
1992	28.5	32.6	31.4	33.5	32.5	32.2	31.2	32.2	34.8	36.1	34.7	33.0	36.1
1993	32.0	28.5	30.8	33.6	33.2	31.6	32.8	35.3	35.3	35.0	35.5	34.8	35.5
1994	30.8	31.8	32.4	34.8	33.4	30.6	34.2	33.2	35.6	35.3	33.2	38.8	38.8
1995	31.6	37.4	32.4	32.8	29.2	31.6	33.0	36.5	35.4	34.8	34.7	32.6	37.4
1996	33.7	34.4	31.2	34.2	30.9	31.4	31.3	32.6	34.6	36.7	35.4	31.4	36.7
1997	32.0	33.5	31.5	32.2	32.6	34.0	33.0	33.5	39.0	36.7	37.0	37.0	39.0
1998	36.0	36.0	34.4	36.0	33.8	34.2	34.8	35.2	36.4	36.6	35.2	34.2	36.6
1999	32.5	32.0	31.0	29.5	30.4	30.7	30.6	34.5	35.0	34.5	32.2	34.0	35.0
2000	32.8	32.2	30.6	30.5	32.6	32.2	33.2	33.4	35.5	35.5	36.2	35.5	36.2
2001	33.5	31.4	31.0	32.4	32.0	30.2	34.4	35.0	36.6	35.5	36.5	31.6	36.6
2002	35.0	32.0	35.0	34.0	34.0	32.5	32.2	34.8	35.0	37.6	34.8	35.0	37.6
2003	32.5	34.0	30.5	32.8	32.8	31.2	34.0						
EXTR.	36.0	37.4	37.0	37.4	36.2	34.2	36.0	36.5	39.0	39.3	39.0	38.8	39.3

**TEMPERATURA MAXIMA EXTREMA: 39.30 Km/Hr**

*Registrado en Octubre de 1977*

Fuente: (SENAMHI)



SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA - TARIJA

Av. Jaime Paz Z. N° 1763 Telfs 6642238 - 6114212 Casilla # 461 Email [senamhi@cosett.com.bo](mailto:senamhi@cosett.com.bo)

TEMPERATURA MINIMA EXTREMA (°C)

Estación: AEROPUERTO  
Provincia: CERCADO  
Departamento: TARIJA

Lat. S.: 21° 32'  
Long. W.: 64° 43'  
Altura: 1,855 m.s.n.m.

ANO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MINIMA
1962					-2.0	-5.0	-6.2	-3.0	4.0	3.0	7.0	11.4	
1963	8.0	9.0	9.0	3.2	3.0	-3.0	-1.5	-2.5	4.6	5.5	3.0	8.5	-3.0
1964	10.3	11.0	7.5	3.5	-0.1	-2.5	-4.5	-3.0	0.0	5.0	10.0	6.5	-4.5
1965	10.2	11.0	8.0	1.2	0.4	-1.5	-3.3	-3.0	2.6	5.0	5.7	7.5	-3.3
1966	11.0	9.3	7.5	3.3	-1.0	-3.5	-4.2	-8.0	-4.0	7.0	8.0	7.4	-8.0
1967	9.0	10.0	10.0	3.0	3.0	-4.6	-1.0	0.6	0.4	7.0	6.7	12.0	-4.6
1968	9.5	11.2	7.0	1.0	-1.0	-2.8	-2.6	0.6	0.8	6.0	10.0	10.0	-2.8
1969	10.0	8.0	8.0	4.0	-1.0	-5.0	-6.0	-4.0	-3.0	1.0	10.0	7.8	-6.0
1970	10.6	4.0	7.6	6.0	-3.0	-5.0	-7.4	-3.8	1.3	4.4	6.0	6.5	-7.4
1971	7.4	9.0	8.0	-2.0	-2.0	-6.5	-6.0	-5.0	3.5	2.0	6.0	5.0	-6.5
1972	9.0	7.4	8.0	2.8	1.0	0.0	-4.2	-2.0	-3.0	1.0	7.0	11.0	-4.2
1973	11.0	10.6	10.0	7.0	-0.2	-3.0		-3.4	-2.0	6.5	5.4		
1974	10.2	10.0	6.0	1.0	-2.0	-4.0	-6.1	-5.0	-1.0	1.4	5.0	7.6	-6.1
1975	9.3	7.4	10.0	3.0	0.4	-6.4	-7.8	-4.7	3.0	5.3	8.2	7.4	-7.8
1976	11.0	9.6	5.0	1.0	0.0	-5.1	-4.4	-3.2	-2.0	3.0	7.0	10.0	-5.1
1977	11.5	12.0	8.8	3.0	0.6	-4.0	-3.0	-3.5	3.0	5.0	9.0	9.0	-4.0
1978	8.0	11.0	7.0	4.0	0.0	-2.0	2.0	-9.5	0.0	7.4	10.0	9.5	-9.5
1979	11.3	8.4	11.0	3.0	-2.0	-1.6	-2.2	3.0	-3.0	6.0	7.0	8.0	-3.0
1980	6.0	10.3	11.2	5.0	2.0	-1.0	-2.0	-1.0	0.2	3.5	3.4	8.5	-2.0
1981	11.9	11.5	9.5	4.4	3.2	-4.0	-7.4	1.5	-4.2	3.0	8.4	9.7	-7.4
1982	9.2	10.6	6.4	7.6	0.2	-5.0	-1.4	-1.2	7.4	7.8	7.6	11.3	-5.0
1983	13.0	11.2	8.6	3.2	1.5	-4.6	-3.5	-1.0	0.0	2.4	5.5	8.2	-4.6
1984	8.8	12.5	12.7	5.2	-1.4	-2.0	-1.6	-2.0	3.0	8.3	11.0	12.0	-2.0
1985	9.5	12.4	10.8	4.5	1.2	-1.8	-3.0	-6.2	4.4	6.5	11.0	9.5	-6.2
1986	12.3	12.4	11.5	4.0	-1.7	-2.2	-3.3	-1.5	4.6	5.6	9.0	11.0	-3.3
1987	14.0	8.0	7.8	7.0	-1.2	-5.6	0.0	-3.6	1.5	7.2	10.5	10.0	-5.6
1988	9.4	9.6	11.0	8.2	0.0	-4.5	-6.2	0.3	4.0	2.6	7.0	12.0	-6.2
1989	9.3	10.0	5.0	6.4	0.0	0.0	-4.8	-0.6	0.0	3.5	4.0	9.4	-4.8
1990	7.2	11.4	8.4	5.1	1.0	-2.0	-5.5	-2.0	-2.8	4.7	9.0	10.7	-5.5
1991	9.6	11.5	10.6	4.8	2.0	-0.6	-3.2	-2.2	5.0	3.0	9.8	11.4	-3.2
1992	12.4	11.3	7.6	5.8	-2.8	-2.2	-5.5	-4.4	-1.2	7.2	7.4	11.8	-5.5
1993	8.0	5.0	10.0	5.2	-0.4	-1.2	-6.4	-4.6	-0.6	8.0	8.0	10.0	-6.4
1994	9.4	10.0	8.0	6.0	2.7	-4.0	-5.0	-2.3	2.0	9.5	8.7	9.8	-5.0
1995	12.0	11.0	11.6	3.5	0.6	-3.0	-3.2	-2.2	-0.4	2.8	9.2	10.6	-3.2
1996	10.3	8.4	9.3	5.5	1.5	-7.7	-3.4	2.5	0.2	3.0	9.2	10.0	-7.7
1997	7.0	11.4	9.2	5.2	-2.4	-2.5	-2.4	-0.2	5.5	3.0	9.2	10.2	-2.5
1998	13.2	10.5	8.6	3.8	-1.5	-2.0	0.4	-0.5	-2.2	4.2	7.0	5.8	-2.2
1999	9.2	11.8	11.2	0.0	0.2	-5.0	-5.6	-3.2	4.0	3.0	4.2	11.2	-5.6
2000	12.5	12.0	7.0	6.0	-1.0	-5.6	-6.8	0.0	1.8	5.0	6.0	10.0	-6.8
2001	10.0	11.3	10.8	4.2	0.0	-5.9	-3.8	3.2	3.4	6.6	9.4	7.0	-5.9
2002	11.4	12.6	9.5	7.0	3.0	-2.8	-2.4	-1.5	0.6	4.0	7.2	12.4	-2.8
2003	11.4	7.2	11.0	4.0	3.5	0.5	-2.0						
EXTR.	6.0	4.0	5.0	-2.0	-3.0	-7.7	-7.8	-9.5	-4.2	1.0	3.0	5.0	-9.5

**TEMPERATURA MINIMA EXTREMA: -9.50 Km/Hr**

**Registrado en Agosto de 1978**

Fuente: (SENAMHI)

PREFECTURA DEL DEPARTAMENTO  
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

A v. Jaime Paz Z. N° 1763 Telfax 591 4 6642238  
Web [www.senamhi.gov.bo](http://www.senamhi.gov.bo) - Email [tarija@senamhi.gov.bo](mailto:tarija@senamhi.gov.bo)

VELOCIDAD DEL VIENTO (km/hr a 2mt)

Estación: AEROPUERTO  
Provincia: CERCADO  
Departamento: TARIJA

Lat. S.: 21° 32' 48"  
Long. W.: 64° 42' 39"  
Altura: 1,849 m.s.n.m.

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MEDIA
1954					6.3	5.4	7.7	7.5	12.2	10.7	9.2	9.4	
1955	8.5	6.5	6.5	6.1	6.6	5.9	9.0	7.9	7.6	10.0	8.9	9.3	7.7
1956	7.9	7.8	7.8	8.6	7.4	7.4	7.6	7.2	9.1	8.9	8.1	7.2	7.9
1957	4.9	5.4	4.1	6.8	4.2	5.2	6.0	6.5	7.8	8.5	8.4	8.2	6.3
1958	6.0	5.5	5.9	5.3	2.8	2.9	3.8	5.9	7.1	6.2	5.2	5.6	5.2
1959	6.4	4.4	4.3	3.7	3.1	3.8	3.2	6.1	6.6	8.1	6.4	6.6	5.2
1960	4.9	5.1	5.3	4.7	3.7	3.6	2.7	4.8	7.5	7.3	6.9	5.9	5.2
1961	6.4	4.2	5.9	4.8	2.7	3.4	4.1	5.0	6.6	7.8	6.6	5.4	5.2
1962	5.5	5.4	4.0	4.0	3.5	2.1	3.5	3.2	5.0	5.9	6.1	6.1	4.5
1963	5.7	5.8	5.3	4.5	4.0	2.7	4.0	4.2	9.3	8.4	9.3	5.4	5.7
1964	6.3	5.9	5.8	5.0	4.6	2.4	4.0	7.2	5.4	8.4	7.3	6.6	5.7
1965	5.1	5.0	4.6	5.0	4.2	1.8	6.2	7.4	8.4	7.9	8.8	7.1	6.0
1966	6.4	6.1	6.2	5.5	3.8	5.9	4.6	5.4	7.4	8.5	7.0	7.0	6.2
1967	6.5	5.8	6.4	6.1	4.7	7.5	5.7	8.5	8.8	9.3	8.9	6.0	7.0
1968	7.4	5.5	5.5	5.6	4.7	4.4	4.7	6.0	7.1	8.9	7.0	7.5	6.2
1969	8.1	5.2	6.0	5.7	4.8	4.2	3.5	5.1	7.9	8.4	8.6	5.8	6.1
1970	5.3	5.6	5.8	5.4	4.0	5.2	4.7	8.1	9.3	10.2	12.2	8.6	7.0
1971	8.1	6.4	6.3	7.3	5.1	8.5	4.7	8.1	9.3	8.7	9.7	7.4	7.5
1972	6.2	6.5	7.1	7.1	4.9	3.1	6.2	9.0	10.3	11.5	9.6	8.5	7.5
1973	6.0	6.6	5.1	6.5	5.4	4.2		6.7	7.9	10.2	9.5		
1974	6.8	5.6	5.4	4.7	5.3	5.9	4.7	6.9	9.3	9.8	10.0	8.0	6.9
1975	5.3	4.4	4.2	4.4	4.1	5.2	5.3	7.0	9.3	7.3	8.7	7.2	6.0
1976	6.3	5.9	5.3	5.1	4.2	4.8	6.1	8.8	7.4	10.3	8.7	6.6	6.6
1977	5.5	5.3	5.6	5.6	4.5	3.8	8.6	6.5	7.2	7.9	8.0	6.4	6.2
1978	6.2	5.9	5.5	5.6	5.5	3.4	6.3	6.0	8.7	9.4	7.1	6.1	6.3
1979	5.8	5.4	5.1	5.2	3.4	3.9	3.1	5.0	7.0	6.8	5.2	5.2	5.1
1980	4.3	4.9	2.9	4.7	3.3	3.1	6.7	6.9	8.9	8.3	8.0	7.7	5.8
1981	5.4	6.0	6.1	5.3	4.1	5.2	4.8	6.3	8.6	9.8	9.5	6.8	6.5
1982	6.6	6.5	5.6	5.8	4.2	5.7	4.0	7.3	9.5	9.3	9.9	7.7	6.8
1983	6.4	5.4	6.3	5.5	6.4	5.2	7.7	6.8	9.2	8.1	6.6	6.2	6.6
1984	4.1	4.4	4.3	5.1	4.3	5.6	6.5	6.7	8.2	7.3	7.3	6.5	5.9
1985	5.8	4.3	6.3	5.3	2.7	4.1	5.5	5.7	8.5	8.5	5.7	4.7	5.6
1986	4.9	3.8	4.4	5.2	3.4	3.3	3.5	4.8	7.3	7.4	7.1	4.3	5.0
1987	4.0	4.8	5.8	4.2	6.5	2.1	7.5	5.5	8.0	7.3	7.0	6.7	5.8
1988	4.4	4.1	4.0	2.3	3.1	3.3	3.6	4.7	6.8	7.3	5.6	4.2	4.4
1989	4.5	3.7	3.4	3.0	3.5	1.2	3.7	5.4	6.8	5.9	5.6	5.0	4.3
1990	4.1	4.1	3.8	5.1	4.0	1.9	4.3	4.4	6.4	6.9	5.6	4.6	4.6
1991	4.1	2.6	3.5	3.7	3.3	4.1	4.6	4.7	6.7	6.7	5.8	6.4	4.7
1992	3.7	4.3	3.7	6.0	4.4	3.4	3.8	6.3	8.1	7.6	7.4	5.4	5.3
1993	4.5	3.6	3.8	5.2	5.3	2.8	3.6	5.9	7.2	7.1	6.0	4.2	4.9
1994	2.1	3.2	4.3	3.8	3.5	2.9	4.1	6.8	7.3	7.8	5.6	4.8	4.7
1995	4.5	4.6	4.3	4.0	3.1	2.7	4.3	5.8	7.1	7.2	6.0	5.4	4.9
1996	4.7	4.9	4.6	5.7	4.9	3.3	3.2	5.3	8.0	7.2	5.3	4.7	5.1
1997	4.2	4.2	3.2	4.0	4.5	4.5	2.8	6.2	5.7		6.6	6.1	

PREFECTURA DEL DEPARTAMENTO  
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

*A v. Jaime Paz Z. N° 1763 Telfax 591 4 6642238*

*Web [www.senamhi.gov.bo](http://www.senamhi.gov.bo) - Email [tarija@senamhi.gov.bo](mailto:tarija@senamhi.gov.bo)*

1998	4.6	4.3	3.9	4.8	4.6	4.0	3.6	5.5	8.0	6.2	5.5	6.4	5.1
1999	5.3	4.4	4.2	4.5	4.7	3.8	3.8	3.8	6.9	5.8	7.2	5.3	5.0
2000	3.4	5.0	4.1	6.0	5.2	5.1	5.6	7.5	7.6	8.1	8.8	6.8	6.1
2001	5.6	3.4	4.4	5.5	4.7	4.3	5.2	7.1	9.3	8.8	8.6	6.3	6.1
2002	6.3	3.9	5.8	6.9	5.0	3.8	5.4	7.1	8.9	7.5	7.9	7.8	6.4
2003	6.4	6.9	3.9	7.2	5.5	2.3	4.2	8.0	8.5	9.4	9.1	8.2	6.6
2004	6.8	7.1	5.7	6.9	6.4	4.4	5.3	6.4	8.1	9.1	8.9	7.7	6.9
2005	6.4	4.5	5.2	4.3	3.8	3.0	6.0	6.8	10.5	10.4	8.6	7.5	6.4
2006	6.0	7.8	6.9	5.5	4.5	4.8	3.9	7.3	9.2	8.3	8.0	7.8	6.7
2007	6.0	6.1	7.4	7.1	7.1	6.0	6.2	9.5	8.2	9.4	8.6	7.6	7.4
MEDIA	5.6	5.2	5.1	5.3	4.5	4.1	5.0	6.4	8.0	8.3	7.7	6.5	6.0

**VELOCIDAD MAXIMA DEL VIENTO: 12.24 Km/Hr**

*Registrado en Noviembre de 1970*

Fuente: (SENAMHI)

PREFECTURA DEL DEPARTAMENTO  
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

*Av. Jaime Paz Z. N° 1763 Telfax 591 4 6642238  
Web [www.senamhi.gov.bo](http://www.senamhi.gov.bo) - Email [tarija@senamhi.gov.bo](mailto:tarija@senamhi.gov.bo)*

DIRECCION DEL VIENTO

Estación: AEROPUERTO  
Provincia: CERCADO  
Departamento: TARIJA

Lat. S.: 21° 32' 48"  
Long. W.: 64° 42' 39"  
Altura: 1,849 m.s.n.m.

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MEDIA
1954					SE	E	SE	SE	SE	SE	SE	SE	
1955	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1956	SE	SE	SE	SE	SE	E	E	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1957	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1958	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1959	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1960	SE	SE	SE	SE	SE	E	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1961	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1962	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1963	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1964	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1965	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1966	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1967	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1968	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1969	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1970	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1971	SE	SE	S	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1972	SE	SE	S	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1973	SE	SE	SE	SE	SE	SE		SE	SE	SE	SE		
1974	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1975	SE	SE	S	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1976	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1977	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1978	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1979	SE	SE	SE	SE	SE	SE	ESE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1980	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1981	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1982	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1983	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1984	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1985	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1986	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	ESE	SE	ESE	SE	SE
1987	ESE	SE	SE	SE	ESE	SE	ESE	ESE	ESE	ESE	SE	ESE	ESE
1988	SE	ESE	SE	ESE	SE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE
1989	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE
1990	ESE	ESE	SE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE
1991	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE
1992	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE
1993	SE	ESE	ESE	ESE	SE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	S	ESE
1994	S	S	ESE	SE	SE	ESE	ESE	ESE	SE	ESE	ESE	S	ESE
1995	ESE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	ESE	SE	SE	SE	S	SE
1996	S	SE	ESE	SE	SE	SSE	ESE	ESE	SE	ESE	SE	SSE	SE

PREFECTURA DEL DEPARTAMENTO  
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

Av. Jaime Paz Z. N° 1763 Telfax 591 4 6642238

Web www.senamhi.gov.bo - Email tarija@senamhi.gov.bo

1997	ESE	S	SSE	SSE	ESE	N	ESE	ESE	SSE		SSE	SSE	
1998	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SW
1999	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SE	SSE	SE	SSE	SSE	SSE	SW
2000	SE	SE	SSE	SSE	SSE	SE	SE	SSE	SE	SSE	SE	SSE	SW
2001	SSE	SSE	SSE	SSE	SE	SSE	SE	SE	SE	SSE	SE	SSE	SW
2002	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SE	SE	SSE	SSE	SSE	SW
2003	SSE	SE	SE	SSE	SSE	SSE	SSE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
2004	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
2005	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SSE	SE
2006	SSE	SSE	S	S	S	S	S	SSE	S	S	S	S	S
2007	S	S	S	S	S	SSE	S	S	S	SSE	SSE	SSE	S
MEDIA	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE

**ANALISIS DE LA DIRECCION:**

N	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0
SE	37	39	36	38	41	35	36	38	42	37	40	34	36
S	3	3	5	2	2	1	2	1	2	1	1	4	2
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	7	6	6	6	6	7	11	11	8	9	8	6	8
SSE	6	5	6	7	5	7	3	4	2	6	5	9	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	37	39	36	38	41	35	36	38	42	37	40	34	36

**DIRECCION PREDOMINANTE: SE**

Fuente: (SENAMHI)

1989

1989

1989

1989

1989

1989

Ing. Alberto Bonitez Reynoso

Tarija - Bolivia

1.989

ESTUDIO DE  
CAUDALES MAXIMOS  
Y  
SOCAVACION  
"RIO EL MONTE"

Ing. Alberto Benítez Reynoso

Tarija - Bolivia

1.989

## CONTENIDO

	Pág.
I. Introducción	1
II. Aspectos Generales	2
2.1. Ubicación	2
2.2. Características climatológicas	2
2.3. Objetivos del Estudio	2
III. Características Físico-Morfológicas de La Subcuenca del Río El Monte	4
3.1. Área y Perímetro	4
3.2. Altura Media	4
3.3. Densidad de drenaje	4
3.4. Hidrografía y Curso Principal	4
3.5. Tiempo de concentración	4
IV. Disponibilidad de Información Hidrológica	6
4.1. Hidrometría	6
4.2. Pluviometría	6
V. Análisis de Frecuencia de Lluvias máximas	7
5.1. Lluvias máximas diarias	7
5.2. Lluvias de corta duración	7
5.3. Intensidades medias de Lluvias máximas	8
VI. Cálculo de caudales máximos o crecidas	9
6.1. Métodos estadísticos	9
6.2. Procedimientos empíricos	9
6.3. Caudales máximos de diseño	10
VII. Características Hidráulicas	11



	Pág.
VIII. Profundidad de socavación	12
8.1. Generalidades	12
8.2. Socavación local en las Pilas	12
8.3. Socavación local en los estribos	14
IX. Periodo de Retorno de Diseño	15
9.1. Criterios generales	15
9.2. Riesgo, Periodo de Retorno y vida útil de la obra	15
X. Referencias	18

## I. INTRODUCCION.

En términos generales, la hidrología trata de resolver dos tipos - de problemas, los cuales se sintetizan a continuación:

- Valoración del exceso de agua contra la cual hay que defenderse.
- Valoración de la disponibilidad de agua con fines de abastecimiento.

Para la solución del primer tipo de problemas, la hidrología emplea una serie de metodologías, las cuales dependen fundamentalmente de la disponibilidad de la información hidrometeorológica. Dentro de esta clase de problemas se ubica la determinación de crecidas con - la finalidad de buscar la protección de cierto tipo de obras tales como puentes.

La Hidráulica Fluvial es otra rama de la Ingeniería, cuya participación es también importante en el diseño y construcción de puentes, pues para las pilas y estribos de los mismos es de vital importancia la determinación de la profundidad de socavación de equilibrio y de diseño.

## II. ASPECTOS GENERALES.

### 2.1. Ubicación.

La subcuenca del río "El Monte" se encuentra ubicada al NNE de la ciudad de Tarija, Provincia Cercado, en la margen izquierda del río Guadalquivir, entre los  $21^{\circ} 14' 40''$  de latitud sur y los  $64^{\circ} 44' 53''$  y  $64^{\circ} 40' 35''$  de longitud oeste (Plano N° 1) Limita al norte y oeste con la subcuenca del río Sella, al este con la subcuenca del río San Pedro y al sud con la ciudad de Tarija y el río Guadalquivir.

### 2.2. Características Climatológicas:

Con los datos de precipitación y temperatura de la estación Tarija, se ha determinado que el clima es semiárido de acuerdo al método de Thornthwaite.

El clima queda definido por los siguientes parámetros:

- Índice de aridez : 39 %
- Índice de humedad: 0 %
- Índice hídrico global: 23 %

La precipitación media anual es de 575 mm.

### 2.3. Objetivos del estudio:

El presente estudio tiene como principales objetivos los siguientes:

- Estimar los caudales máximos del río El Monte en una sección contigua al primer puente, ubicado en la avenida las Américas (ruta al aeropuerto), para luego establecer los niveles máximos (Elentos) de las aguas, que permitan definir el emplazamiento más adecuado del futuro puente (a ser construido al lado del primero) y protegerlo así de los embates del río.
- Determinar las profundidades de socavación de equilibrio y

de diseño para las pilas y estrilos del futuro puente, para que el ingeniero proyectista pueda definir (con ayuda de otros factores más) la cota de fundación de las mencionadas estructuras.

### III. CARACTERÍSTICAS FÍSICO - MORFOLÓGICAS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO EL MONTE.

#### 3.1. Área y Perímetro.

Tomando como base las cartas escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar, se han determinado los siguientes valores:

- Área de la sub cuenca= 51.00 km<sup>2</sup>
- Perímetro de la subcuenca= 35.00 km.

#### 3.2. Altura media.

En base al rectángulo equivalente y a la curva hipsométrica se ha determinado la altura media de la subcuenca que alcanza a 1950 m.s.n.m. El valor obtenido considerando las alturas máximas y mínimas es de 2.153 m.s.n.m.

#### 3.3. Densidad de drenaje.

La densidad de drenaje es mayor a 3 km/km<sup>2</sup>, valor relativamente grande, que indica una alta impermeabilidad del suelo.

#### 3.4. Hidrografía y Curso Principal.

La subcuenca del río El Monte pertenece a la cuenca del río - Guadalquivir, cubre una superficie de 51.00 km<sup>2</sup>.

El curso principal es el río El Monte, que en época de estiaje registra caudales reducidos del orden de 0.0001 a 0.0003 m<sup>3</sup>/s. Nace a 2200 m.s.n.m. en el cerro Ojo de Agua, sigue una dirección N-S, con una longitud de 19.00 km. y una pendiente media del 2 %. El punto de drenaje está a 1826 m.s.n.m. en San Jerónimo.

Los tributarios están reducidos a manantiales de bajo caudal. Es característica la presencia de gran cantidad de cauces como ser canales, sanjas, etc.

#### 3.5. Tiempo de concentración.

Hidrologicamente está establecido que el máximo caudal en una

#### IV. DISPONIBILIDAD DE INFORMACION HIDROLOGICA.

Una gran limitante para la elaboración de estudios y proyectos relacionados con el manejo y control de los recursos hídricos, es la carencia de suficiente y confiable información hidrometeorológica.

Para el caso que nos ocupa, a continuación se indica la situación al respecto.

##### 4.1. Hidrometría.

Desafortunadamente, no se dispone de aforos (ni siquiera eventuales) y tampoco se tiene una estación limnométrica que permita registrar los tirantes de las aguas.

##### 4.2. Pluviometría.

La única información utilizable para el fin que se persigue es la pluviométrica, registrada en las estaciones Tarija - AASANA y Monte Sud. En la primera, se tiene un registro más largo (35 años) y confiable, por lo tanto, serán estos los datos a considerarse para el cálculo de los caudales máximos o de crecidas.

sección cualquiera de una corriente de agua, se produce para una tormenta de duración igual al tiempo de concentración. He ahí la importancia de este parámetro. Para su determinación, se han empleado diversas ecuaciones con los resultados que a continuación se detallan:

- Kirpich:	$t_c = 3.03$ horas
- Tenez :	$t_c = 5.50$ horas
- California Culverts Practice:	$t_c = 7.50$ horas
- Amada Norteamericana:	$t_c = 5.50$ horas
- Ventura:	$t_c = 6.40$ horas
- Giandotti:	$t_c = 3.60$ horas
Valor adoptado:	$t_c = 4.50$ horas

#### DISPONIBILIDAD DE INFORMACION HIDROLOGICA.

Un gran limitante para la elaboración de estudios y proyectos relacionados con el manejo y control de los recursos hídricos, es la falta de suficiente y confiable información hidroclimática.

En el caso que nos ocupa, a continuación se indica la situación al respecto.

#### Hidrometría.

Desafortunadamente, no se disponen de afloros (ni siquiera eventuales) y tampoco se tiene una estación limnométrica que permita registrar los tirantes de las aguas.

#### 4.2. Pluviometría.

La única información utilizable para el fin que se persigue es la pluviométrica, registrada en las estaciones Tarija - AASANA y Monte Sud. En la primera, se tiene un registro más largo (35 años) y confiable, por lo tanto, serán estos los datos a considerarse para el cálculo de los caudales máximos o de crecidas.



## V. ANALISIS DE FRECUENCIA DE LLUVIAS MAXIMAS

### 5.1. Lluvias máximas diarias.

De los 35 años de registro pluviométrico de la estación Tarija-AASANA, se han seleccionado los valores máximos de cada año, registrados en 24 horas, obteniéndose así una serie de 35 valores extremos. Esta serie ha sido ajustada a la ley de distribución de probabilidades de Gumbel con los resultados que se indican a continuación:

CUADRO 5.1  
PRECIPITACIONES MAXIMAS DIARIAS EN mm.  
A DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO T  
ESTACION: TARIJA - AASANA  
PERIODO: 1955 - 1989

T (años)	h (d,T) (mm)
10	86
25	102
30	114
100	125

### 5.2. Lluvias de Costa duración.

Para calcular las Lluvias de duración menor a 24 horas (y hasta 2 horas) se emplea la expresión matemática correspondiente a la zona en estudio, los resultados son:

CUADRO 5.2  
PRECIPITACIONES MAXIMAS EN mm. DE DIFERENTES DURACIONES T Y A  
DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO T  
ESTACION: Tarija - AASANA  
PERIODO: 1955 - 1989

T (Años)	DURACION t (horas)		
	2	4.5	6
10	55	66	69
25	66	77	82
50	74	87	92
100	81	95	100

### 5.3. Intensidades medias de lluvias máximas.

A partir de los valores del cuadro 5.2 se calcularon (cuadro 5.3) los valores correspondientes a las intensidades medias de lluvias máximas.

CUADRO 5.3

INTENSIDADES MEDIAS DE LLUVIAS MAXIMAS EN mm/h  
A DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO T Y PARA  
DIFERENTES DURACIONES  $t$

T (Años)	DURACION $t$ (horas)		
	2	4.5	6
10	28	15	12
25	33	18	14
50	37	20	15
100	41	22	17

## VI. CALCULO DE CAUDALES MAXIMOS O CRECIDAS.

La ausencia de datos hidrométricos obliga al uso de métodos estadísticos que tomen en cuenta los registros de precipitación y otros procedimientos empíricos.

### 6.1. Métodos estadísticos.

Los valores del cuadro 5.3, generados y calculados estadísticamente serán usados para determinar los caudales máximos. El procedimiento empleado es el conocido como método nacional. Este es, en realidad, un procedimiento mixto (estadístico-hidrológico). Los resultados se muestran en el cuadro 6.1.

CUADRO 6.1

CAUDALES MAXIMOS EN m<sup>3</sup>/s  
PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO T

T (Años)	Q <sub>T</sub> (m <sup>3</sup> /s)
10	117
25	156
50	187
100	218

### 6.2. Procedimientos empíricos.

De las dos fórmulas empíricas existentes se han seleccionado en dos grupos:

a) Fórmulas que toman en cuenta la frecuencia, cuyos autores y resultados son:

$$\text{- SANTI: } Q_{100} = 236 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{500} = 357 \text{ m}^3/\text{s}$$

- POSSENTI:  $Q_{50} = 112 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{100} = 122 \text{ m}^3/\text{s}$

b) Fórmulas que no consideran la frecuencia:

- CONTAGNE:  $Q = 386 \text{ m}^3/\text{s}$
- SCIMENI :  $Q = 553 \text{ m}^3/\text{s}$
- FORTI :  $Q = 366 \text{ m}^3/\text{s}$

### 6.3. Caudales máximos de diseño.

Tomando en cuenta los caudales máximos obtenidos por los diferentes métodos empleados, se puede concluir lo siguiente:

- a) Los caudales que tienen valores con un orden de magnitud razonablemente parecido son los calculados por el método racional y la fórmula de Sauti. Esto es lógico, pues, son procedimientos que toman en cuenta la frecuencia, aspecto importante en el tratamiento de fenómenos aleatorios.
- b) Los valores estimados con la fórmula de Possenti no serán tomados en cuenta, pues, se evidencia que están considerablemente subestimados.
- c) Por el contrario, las fórmulas de Contagne, Scimeni y Forti sobre estiman las crecidas y no utilizan el concepto de frecuencia.

En consecuencia y tomando en cuenta lo dicho en a), se adoptan los siguientes valores:

CUADRO 6.2  
CAUDALES MÁXIMOS DE DISEÑO EN  $\text{m}^3/\text{s}$

T (Años)	Q ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
10	125
25	175
50	200
100	250

## VII. CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS.

Para calcular las características que definen el comportamiento hidráulico de la sección se considera que el flujo es uniforme.

Se considera, además, que la sección bajo el puente se comporta como un canal rectangular de ancho igual a 56 m, valor que se obtuvo estando a los 600 m. el ancho total de las pilas, que obviamente reducen la capacidad hidráulica útil de la sección.

El tirante  $h$  (o nivel máximo de aguas) y la velocidad  $V$  se muestra en el cuadro 7.1 para los diferentes períodos de retorno.

CUADRO 6.1  
CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS DE LA SECCION

T (Años)	B (m)	h (m)	V (m/s)
10	56	0.64	3.46
25	56	0.79	3.95
50	56	0.86	4.17
100	56	0.98	4.55

## VIII. PROFUNDIDAD DE SOCAVACION.

### 8.1. Generalidades.

La complejidad del fenómeno de la socavación hace que, a la fecha, existan un gran número de procedimientos para su determinación y que, además se siga experimentando en este aspecto.

De todos los tipos de socavación existentes, se ha de considerar aquel que interesa en el caso particular de los puentes y que se conoce como "socavación local al pie de pilas y estribos por generación de vórtices a causa del desvío de las líneas de corriente".

En todos los métodos a utilizarse, se calculará la profundidad de socavación de equilibrio  $Z_e$ ; luego, la profundidad de socavación de diseño será obtenida como:  $Z_d = Z_e + 1.5$  m (Claude Le Noir; apuntes de Hidráulica de Ríos y Julián Aguirre: Hidráulica de los sedimentos).

Además, pese a que la socavación local en los estribos se produce por las mismas causas que la socavación local en pilas, el análisis se hará en forma separada, pues, el problema es diferente desde el punto de vista teórico y experimental.

### 8.2. Socavación local en las pilas.

#### a) Método de LARRAS:

La profundidad de socavación de equilibrio viene dada por la expresión.

$$Z_e = 1.42 k b^{0.75}$$

Siendo:  $b$  = ancho de las pilas perpendicular al flujo = 1 m

$k$  = Coeficiente que depende de la forma de la pila = 1.

$$\text{ luego: } Z_e = 1.42 \text{ m}$$

$$Z_d = 2.92 \text{ m.}$$

b) Método de LAURSEN Y TOXBI.

$$z_c = K \cdot K_s \cdot D$$

donde:  $K = f(h/b)$  = función de la relación entre el tirante y el ancho de la pila - (obtenido de tablas).

$K_s$  = Coeficiente de forma de la pila = 0.80

El cuadro 8.1 resume los resultados obtenidos.

CUADRO 8.1  
PROPUNIDAD DE SUCAVACION EN LAS PTLAS  
MÉTODO DE LAURSEN Y TOXBI

T (años)	h (m)	K	z <sub>c</sub> (m)	z <sub>d</sub> (m)
10	0.64	1.25	1.00	2.50
25	0.79	1.40	1.12	2.62
50	0.86	1.50	1.20	2.70
100	0.93	1.60	1.30	2.80

c) Método de SIMONS Y SENTURK

$$z_c = 2 \cdot h \left( \frac{D}{h} \right)^{0.5} F^{0.43}$$

Donde  $F$  = Número de Froude.

Los otros parámetros tienen el mismo significado que en el caso b).

Los resultados se resumen a continuación.

CUADRO 8.2  
 PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LAS PIELAS  
 MÉTODO DE SIMONS Y SENIURK

T (años)	F	Z <sub>e</sub> (m)	Z <sub>d</sub> (m)
10	1.38	1.84	3.34
25	1.42	2.07	3.57
50	1.44	2.17	3.67
100	1.47	2.34	3.84

### 8.3. Socavación local en los estribos.

Se emplea el método de ARTAMONOV, cuya expresión matemática es:

$$Z_e = P_q \cdot P_c \cdot P_m \cdot h$$

Siendo:  $P_q$  = Coeficiente que depende de la relación entre el caudal que intercepta el estribo y el caudal de diseño = 2.50

$P_c$  = Coeficiente que depende del ángulo que forma el eje del puente con la dirección de la corriente ( $90^\circ$ ) = 1.00.

$P_m$  = Coeficiente que depende del talud del estribo. Un valor medio utilizado es 1.00.

El cuadro siguiente resume los resultados.

CUADRO 8.3

SOCAVACION LOCAL EN LOS ESTRIBOS.  
 MÉTODO DE ARTAMONOV

T (años)	h (m)	Z <sub>e</sub> (m)	Z <sub>d</sub> (m)
10	0.64	1.66	3.16
25	0.79	2.05	3.55
50	0.86	2.40	3.90
100	0.98	2.55	4.05

Los coeficientes  $P_q$ ,  $P_c$  y  $P_m$  han sido obtenidos de curvas preparadas para el efecto.



## IX. PERIODO DE RETORNO DE DISEÑO

### 9.1. Criterios Generales.

La selección del período de retorno de diseño depende, además del criterio del ingeniero Proyectista, de otros factores como ser el período de vida útil de la obra y el riesgo de falla admitido, el cual es función de la importancia socioeconómica y técnica de la obra.

Si bien las características hidráulicas (velocidad, tirante y caudal) y la profundidad de excavación de la sección considerada se han calculado para diferentes períodos de retorno (10, 25, 50 y 100 años), lo cierto es que se debe adoptar un solo valor como definitivo.

El Ministerio de Obras Públicas de Venezuela recomienda que, para puentes, en ningún caso el período de retorno de diseño debe ser menor a 50 años.

A su vez, A. Benítez (un ingeniero español) en su libro Captación de Aguas Subterráneas considera que para puentes sobre vías de importancia, se deben usar períodos de retorno de diseño comprendidos entre 50 y 100 años.

Todo lo mencionado tiene su estrecha relación con el riesgo admitido, aspecto que se analiza a continuación:

### 9.2. Riesgo, Período de retorno y Vida útil de la obra:

El riesgo de falla  $R$  se define como la probabilidad de que el caudal máximo de período de retorno  $T$  sea excedido al menos una vez durante la vida útil  $N$  de la obra.

Si se asume que un puente de hormigón armado tiene una vida útil promedio de 50 años, los valores del riesgo para diferentes períodos de retorno son los que se resumen en el cuadro siguiente:

CUADRO 9.1

RIESGO R EN FUNCION DEL PERIODO DE  
RETORNO T PARA UNA VIDA ÚTIL R  
DE 50 AÑOS

T (años)	R
25	0.87
50	0.64
100	0.40
500	0.095

Las normas españolas (R. Heras) indican que, es prudente, en general, tener un valor de R menor a 0.5.

Si queremos, por ejemplo (en el caso del puente de homilqún amado), - tener un riesgo solo del 5 %, el período de retorno correspondiente sería de 975 años, valor sumamente excesivo para el caso objeto del estudio.

Si adoptamos la recomendación mínima del Ministerio de obras públicas de Venezuela se tiene:

- Período de retorno = 50 años
- Tirante máximo = 0.86 m.
- Socavación Pilas :  $Z_d = 2.92$  m. (LARRAS)
- $Z_d = 2.70$  m. (LAURSEN - TOCH)
- $Z_d = 3.67$  m. (SIMONS Y SENTURK)
- Socavación estribos:  $Z_d = 3.90$  m. (ARJAMONOV)

Para un período de retorno de 100 años (valor máximo recomendado por A. Benítez) se tiene:

- T = 100 años
- Tirante máximo = 0.98 m.
- Socavación Pilas:  $Z_d = 2.92$  m. (LARRAS)
- $Z_d = 2.80$  m. (LAURSEN - TOCH)
- $Z_d = 3.04$  m. (SIMONS Y SENTURK)
- Socavación Estribos:  $Z_d = 4.05$  m.

El riesgo es de 0.64 (mayor a 0.5) para  $T = 50$  años y 0.40 (menor a 0.5) para  $T = 100$  años.

Se recomendó al proyectista definir entre estas dos últimas situaciones, en función también del costo que puede significar una excesiva excavación en el caso de las pilas y estribos.

X. REFERENCIAS.

- Aguirre Julián  
Hidráulica de Sedimentos
  
- Benítez Alberto  
Captación de Aguas Subterráneas
  
- De León Alfredo  
Consideraciones Básicas para el Diseño de Estructuras  
Hidráulicas como Defensas Fluviales.
  
- Heras Rafael  
Recursos Hidráulicos  
Síntesis, Metodología y Normas
  
- Chang H. Howard  
Fluvial Processes in River Engineering.
  
- Shaw Elizabeth  
Hydrology in Practice
  
- La Noie Claude  
Apuntes de Hidráulica de Ríos.

POLICIA NACIONAL  
ORGANISMO OPERATIVO DE TRANSITO  
TARIJA - BOLIVIA

HECHOS DE TRANSITO  
VIA: AV. JAIME PAZ ZAMORA  
ZONA: PUENTES SOBRE QUEBRADA "EL MONTE"



Nº CASO / AÑO	FECHA	HORA	CLASE DE ACCIDENTE	UBICACIÓN			VEHICULOS INVOLUCRADOS	PERSONAS DAMNIFICADAS					
				Puente Doble Via	Puente Centro	Puente V/a Simple		MUERTAS		HERIDAS			
								TOTAL	MAYORES	MENORES	TOTAL	MAYORES	MENORES
038/96	27-Ene	23:10	Atropello a peatón			1	Vagoneta				1	1	
098/96	26-Feb	20:40	Colisión de vehículos				Camioneta y vagoneta						
269/96	23-May	14:00	Colisión		1		Motocicleta y bicicleta				2	1	
412/96	27-Jul	23:30	Atropello a ciclista	1			Automovil				1	1	
504/96	07-Sep	24:00	Atropello a ciclista	1			Vagoneta	2	2				
594/96	15-Oct	18:20	Atropello a peatón			1	Automovil				1	1	
<b>TOTAL</b>				<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>2</b>	<b>2</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
082/97	02-Feb	02:30	Choque a objeto fijo (Borcillo)		1		Automovil						
128/97	19-Feb	17:30	Atropello a peatón		1		Camión				1		1
169/97	05-Mar	22:20	Atropello a peatón		1		Automovil				1		1
<b>TOTAL</b>				<b>3</b>	<b>3</b>			<b>2</b>	<b>2</b>		<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
009/98	05-Ene	00:05	Choque a objeto fijo (Baranda)		1		Automovil						
405/98	11-Jun	22:50	Choque a vehículo detenido	1			Camioneta y Jeep						
811/98	27-Ago	17:30	Choque a vehículo detenido	1			Automoviles (2)						
890/98	28-Nov	17:00	Colisión de vehículos	1			Camioneta y vagoneta						
<b>TOTAL</b>				<b>3</b>	<b>1</b>			<b>3</b>	<b>1</b>		<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
261/99	20-Mar	20:00	Atropello a ciclista		1		Automovil						
486/99	12-Jun	16:40	Atropello a peatón	1			Automovil				1		1
933/99	13-Nov	19:30	Atropello a peatón	1			Camioneta				1		1
<b>TOTAL</b>				<b>2</b>	<b>1</b>			<b>2</b>	<b>2</b>		<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
048/00	15-Ene	14:30	Colisión de vehículos	1			Automoviles (2)				1		1
161/00	20-Feb	04:00	Atropello a peatón	1			Camión				1		1
331/00	15-Abr	12:15	Colisión de vehículos	1			Micro y automovil						
565/00	05-Jul	09:20	Colisión vehículo c/bicicleta	1			Automovil				1		1
<b>TOTAL</b>				<b>4</b>				<b>4</b>	<b>3</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

POLICIA NACIONAL  
 ORGANISMO OPERATIVO DE TRANSITO  
 TARIJA - BOLIVIA

HECHOS DE TRANSITO  
 VIA: AV. JAIME PAZ ZAMORA  
 ZONA: PUENTES SOBRE QUEBRADA "EL MONTE"

N° CASO / AÑO	FECHA	HORA	CLASE DE ACCIDENTE	UBICACIÓN			VEHICULOS INVOLUCRADOS	PERSONAS DAMNIFICADAS					
				Puente Doble Via	Puente Centro	Puente Via Simple		MUERTAS		HERIDAS			
								TOTAL	MAYORES	MENORES	TOTAL	MAYORES	MENORES
024/01	11-Ene	15:10	Choque a objeto fijo (Baranda)		1		Automovil						
030/01	13-Ene	19:15	Atropello a peatón		1		Jeep				1		
220/01	12-Mar	13:15	Caida de pasajero	1			Micro						1
239/01	19-Mar	07:40	Atropello a peatón	1			Volqueta						1
391/01	12-May	19:30	Atropello a peatón			1	Micro						1
419/01	20-May	03:10	Atropello a peatón	1			Vagoneta						1
TOTAL				3	2	1							5
TOTAL PERIODO 1996 - 1° SEMESTRE 2001				15	8	3			2	2			17
													3
													12
													5



Cn. D.E.S.P. Mario Saucedo E.  
 DIRECTOR DEPARTAMENTAL DEL O.O.T.