

ANEXOS

Anexo 1: Cálculo Hidrológico

Apéndice 1.1: Resumen de datos históricos de la Estación Iberia

REGISTRO HISTÓRICO
ESTACIÓN IBERIA

Estación : IBERIA/000591/DRE-12
Parámetro : PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm)

Longitud 69°35' "W"
Latitud : 11°21' "S"
Altitud : 345 m.s.n.m.

Dpto. MADRE DE DIOS
Prov. TAHUAMANU
Dist. IBERIA

ANO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	MAXIMO	
1954	34.0	86.0	47.0	29.0	19.0	15.0	30.0	14.8	27.5	43.5	50.4	51.2	86.0	
1955	43.0	50.5	67.0	187.0	46.0	8.6	8.0	28.9	13.2	30.2	72.0	126.3	187.0	
1956	50.2	59.0	31.3	43.2	44.6	13.0	54.6	16.3	76.0	46.0	35.5	92.0	92.0	
1957	37.0	55.0	54.0	47.4	65.0	20.0	7.2	16.0	72.0	58.0	38.0	27.0	72.0	
1958	55.0	50.0	48.0	55.0	36.5	12.0	8.0	20.0	18.5	80.0	50.0	59.0	80.0	
1959	45.0	34.0	58.0	65.0	39.0	30.0	35.0	38.0	45.0	30.0	47.0	84.0	84.0	
1960	45.0	60.0	39.0	120.0	31.0	30.0	0.0	47.0	17.0	60.0	41.0	58.0	120.0	
1961	28.0	46.0	56.0	40.0	30.0	36.0	1.0	3.0	9.7	55.0	55.0	105.0	105.0	
1962	83.0	32.5	94.1	60.0	12.0	31.0	12.0	13.1	35.0	11.0	32.0	110.0	110.0	
1963	60.7	50.0	70.5	21.0	13.2	69.0	0.0	46.5	45.0	58.0	59.3	38.0	70.5	
1964	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	6.5	27.5	56.0	18.5	65.0	68.0	93.0	93.0	
1965	78.0	27.0	43.0	69.0	6.0	18.0	8.5	3.0	44.0	53.5	45.5	47.0	78.0	
1966	25.0	60.0	25.0	61.0	53.5	10.5	23.5	7.5	74.5	40.0	37.0	44.5	74.5	
1967	25.0	34.0	48.5	36.5	20.0	3.5	34.0	10.0	21.0	11.0	16.0	22.0	48.5	
1968	21.0	37.0	14.0	11.0	15.0	13.0	9.0	13.0	13.0	25.0	27.0	17.0	37.0	
1969	S/D	S/D	40.0	54.0	13.0	9.0	4.0	10.0	13.0	13.0	14.0	23.0	54.0	
1970	17.0	100.0	57.0	44.0	27.0	0.0	8.0	12.0	11.0	30.0	33.0	29.0	100.0	
1971	63.0	62.0	65.0	48.0	32.0	58.0	11.0	69.0	24.0	48.0	65.0	29.0	69.0	
1972	68.0	67.0	67.0	25.0	28.0	21.0	16.0	44.0	S/D	66.0	53.0	56.0	68.0	
1973	27.0	54.0	57.0	54.0	24.0	30.0	8.0	76.0	49.0	46.0	112.0	43.0	112.0	
1974	71.0	S/D	41.0	37.0	29.0	7.0	20.0	25.0	37.0	49.0	77.0	56.0	77.0	
1993	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	57.4	57.4
1994	44.4	31.2	56.2	78.8	54.0	10.0	0.3	19.9	74.0	S/D	S/D	S/D	78.8	
1995	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	5.2	29.1	4.9	121.0	10.9	S/D	S/D	121.0	
PROMEDIO	46.0	52.4	51.4	56.5	30.4	19.8	15.4	25.8	39.0	42.2	48.9	57.6	86.4	
DESV. EST.	19.7	18.8	17.3	37.7	15.7	17.1	14.1	21.2	28.9	19.8	22.3	31.2	30.6	
MAXIMO	83.0	100.0	94.1	187.0	65.0	69.0	54.6	76.0	121.0	80.0	112.0	126.3	187.0	
MINIMO	17.0	27.0	14.0	11.0	6.0	0.0	0.0	3.0	9.7	10.9	14.0	17.0	37.0	
Nº Datos	20	19	21	21	21	23	23	23	22	22	21	22	24	

S/D: Sin Dato

FUENTE: SENAMHI

Histograma Histórico



Apéndice 1.2: Cálculo de parámetros hidrológicos

REGISTRO HISTÓRICO
**Cuadro 1: DATOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS
ESTACIÓN IBERIA**

AÑO	Precipitación
	máxima (24H)
1954	86.0
1955	187.0
1956	92.0
1957	72.0
1958	80.0
1959	84.0
1960	120.0
1961	105.0
1962	110.0
1963	70.5
1965	78.0
1966	74.5
1967	48.5
1968	37.0
1970	100.0
1971	69.0
1972	68.0
1973	112.0

Fuente: SENAMHI

**Cuadro 2: ORDENAMIENTO Y PRUEBA DE DATOS DUDOSOS
DATOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS
ESTACIÓN IBERIA**

Nº	AÑO	ORDEN	P24	log(Pmáx24)
1	1954	8	86	1.9345
2	1955	1	187	2.2718
3	1956	7	92	1.9638
4	1957	13	72	1.8573
5	1958	10	80	1.9031
6	1959	9	84	1.9243
7	1960	2	120	2.0792
8	1961	5	105	2.0212
9	1962	4	110	2.0414
10	1963	14	70.5	1.8482
11	1965	11	78	1.8921
12	1966	12	74.5	1.8722
13	1967	17	48.5	1.6857
14	1968	18	37	1.5682
15	1970	6	100	2.0000
16	1971	15	69	1.8388
17	1972	16	68	1.8325
18	1973	3	112	2.0492

Máximo valor histórico registrado

Numero de datos n	18	18
Suma Σ	1593.5	34.5836
Máximo	187.0	2.2718
Mínimo	37.0	1.5682
Promedio \bar{x}	88.5	1.9213
Desviación estándar s	32.7016	0.1543
Coefficiente asimetría Cs	1.4813	-0.1220
Cs/6 k	0.2469	-0.0203

PRUEBA DE DATOS DUDOSOS (Método Water Resources Council)

$$n = 18$$

$$Kn = 2.335^*$$

Kn: valor recomendado, varía según el valor de n (significancia: 10%)

Umbral de datos dudosos altos (x_H : unid. logarítmicas)

$$x_H = \bar{x} + Kn \cdot s \quad x_H = 2.282$$

Precipitación máxima aceptada

$$PH = 10^{x_H} \quad PH = 191.2 \text{ mm}$$

Umbral de datos dudosos bajos (x_L : unid. logarítmicas)

$$x_L = \bar{x} - Kn \cdot s \quad x_L = 1.561$$

Precipitación mínima aceptada

$$PL = 10^{x_L} \quad PL = 36.4 \text{ mm}$$

Nota: Se observa que todos los valores ' P24 ' están dentro de los límites PH y PL, es decir se encuentran entre 36,4 y 191,2 mm. No existen datos dudosos.

* Referencia: Tabla 12.5.3 - Hidrología Aplicada, Ven Te Chow

Cuadro 3: PRUEBA DE LA BONDAD DEL AJUSTE - GRÁFICA DE PROBABILIDADES

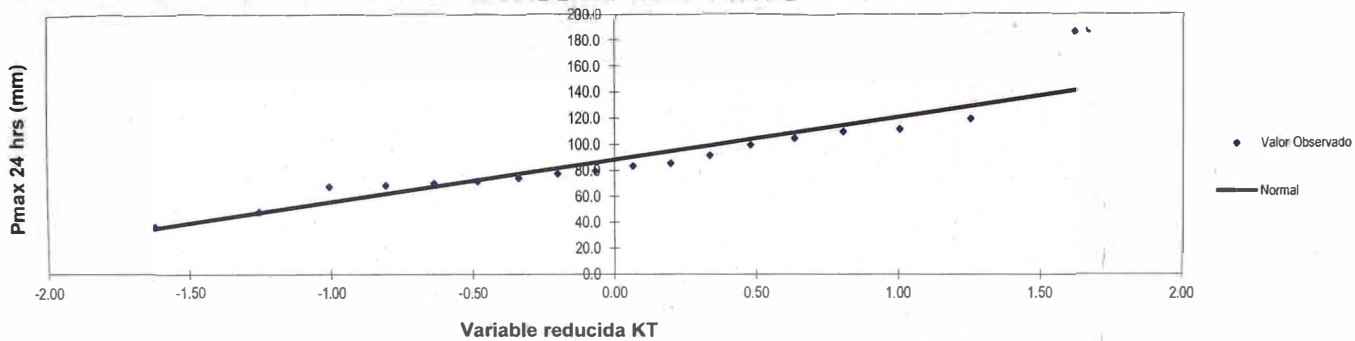
	P24	log(P24)
Numero de datos: n	18	
Promedio: x	88.53	1.92
Desviación estándar: s	32.70	0.15
Coficiente asimetría: Cs	1.48	-0.12
Cs/6: k	0.25	-0.02

ESTACION IBERIA														
N	T	P(X≤T)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		GUMBEL		LOGNORMAL		PEARSON III		LOGPEARSON III	
			P24	log(P24)	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO
1	19.00	5.26%	187.0	2.2718	1.6199	141.5	1.8247	148.2	1.6199	148.3	1.8916	150.4	1.5861	146.6
2	9.50	10.53%	120.0	2.0792	1.2521	129.5	1.2623	129.8	1.2521	130.2	1.2760	130.3	1.2398	129.6
3	6.33	15.79%	112.0	2.0492	1.0031	121.3	0.9231	118.7	1.0031	119.1	0.9069	118.2	1.0023	119.1
4	4.75	21.05%	110.0	2.0414	0.8046	114.8	0.6745	110.6	0.8046	111.0	0.6386	109.4	0.8112	111.3
5	3.80	26.32%	105.0	2.0212	0.6336	109.2	0.4748	104.1	0.6336	104.5	0.4255	102.4	0.6453	104.9
6	3.17	31.58%	100.0	2.0000	0.4795	104.2	0.3054	98.5	0.4795	98.9	0.2468	96.6	0.4948	99.5
7	2.71	36.84%	92.0	1.9638	0.3360	99.5	0.1562	93.6	0.3360	94.0	0.0917	91.5	0.3538	94.6
8	2.38	42.11%	86.0	1.9345	0.1992	95.0	0.0210	89.2	0.1992	89.5	-0.0465	87.0	0.2186	90.2
9	2.11	47.37%	84.0	1.9243	0.0660	90.7	-0.1043	85.1	0.0660	85.4	-0.1723	82.9	0.0862	86.0
10	1.90	52.63%	80.0	1.9031	-0.0660	86.4	-0.2228	81.2	-0.0660	81.5	-0.2887	79.1	-0.0457	82.1
11	1.73	57.89%	78.0	1.8921	-0.1992	82.0	-0.3370	77.5	-0.1992	77.7	-0.3982	75.5	-0.1795	78.3
12	1.58	63.16%	74.5	1.8722	-0.3360	77.5	-0.4489	73.8	-0.3360	74.0	-0.5024	72.1	-0.3177	74.5
13	1.46	68.42%	72.0	1.8573	-0.4795	72.8	-0.5608	70.2	-0.4795	70.4	-0.6033	68.8	-0.4635	70.8
14	1.36	73.68%	70.5	1.8482	-0.6336	67.8	-0.6753	66.4	-0.6336	66.6	-0.7024	65.6	-0.6210	66.9
15	1.27	78.95%	69.0	1.8388	-0.8046	62.2	-0.7958	62.5	-0.8046	62.7	-0.8015	62.3	-0.7968	62.9
16	1.19	84.21%	68.0	1.8325	-1.0031	55.7	-0.9279	58.2	-1.0031	58.4	-0.9033	59.0	-1.0026	58.4
17	1.12	89.47%	48.5	1.6857	-1.2521	47.6	-1.0828	53.1	-1.2521	53.5	-1.0121	55.4	-1.2629	53.3
18	1.06	94.74%	37.0	1.5682	-1.6199	35.6	-1.2920	46.3	-1.6199	46.9	-1.1380	51.3	-1.6521	46.4

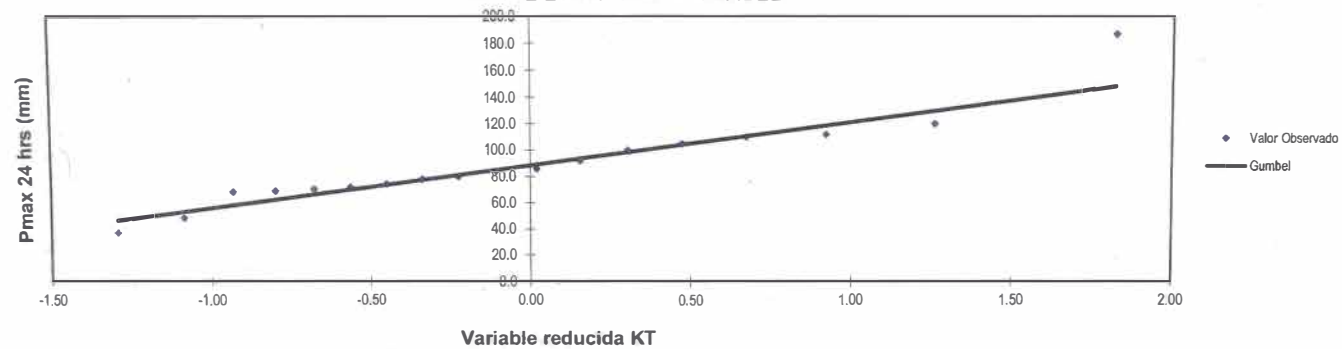
T: Periodo de retorno en años

P: Probabilidad de ocurrencia

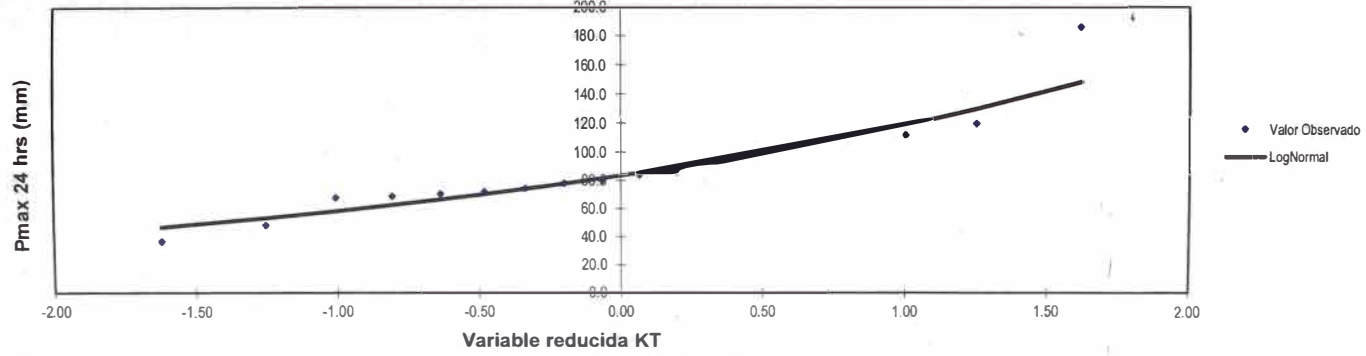
AJUSTE ESTADISTICO - NORMAL



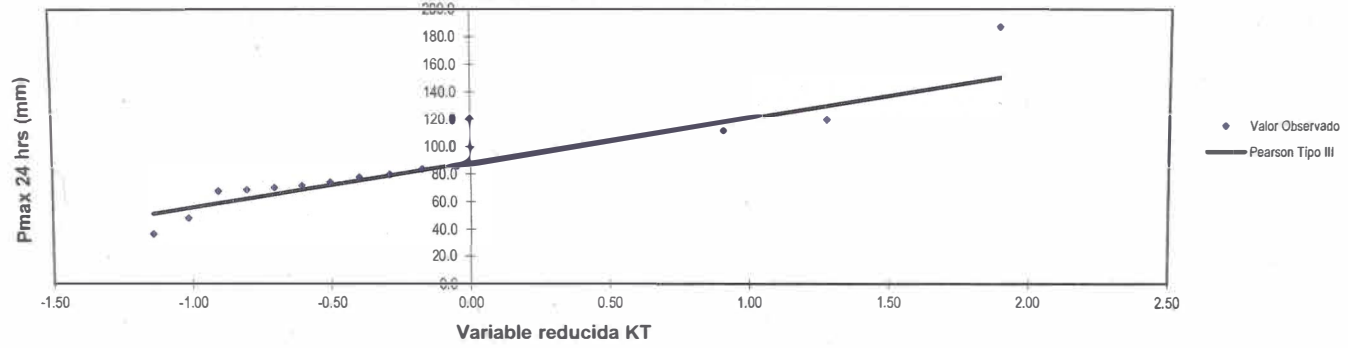
AJUSTE ESTADISTICO - GUMBEL



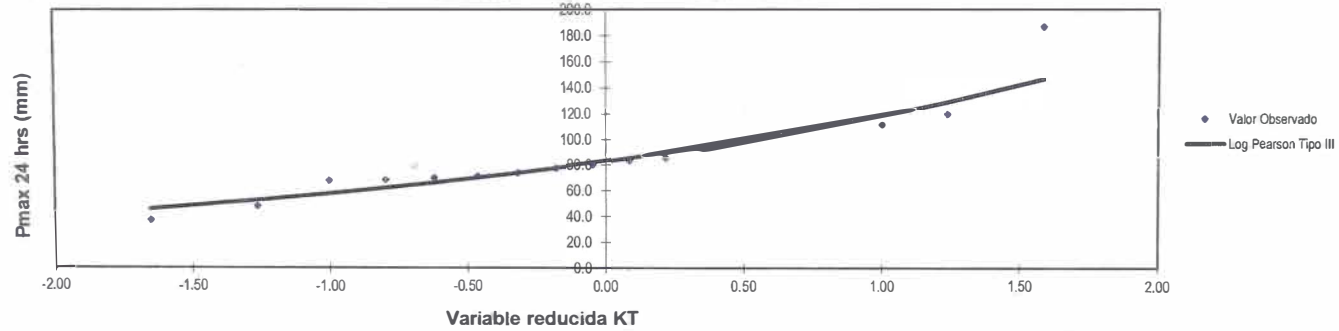
AJUSTE ESTADISTICO - LOG NORMAL



AJUSTE ESTADISTICO - PEARSON TIPO III



AJUSTE ESTADISTICO - LOG PEARSON TIPO III



**CUADRO 4: PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE KOLMOGOROV - SMIRNOV
ESTACIÓN IBERIA**

	x_{ni}	$F_o(x_{ni})$	$F(x_{ni})$ Normal	$ F_o(x_{ni}) - F(x_{ni}) $ Normal	$F(y_{ni})$ Log Normal	$ F_o(y_{ni}) - F(y_{ni}) $ Log Normal	$F(y_{ni})$ Pearson III	$ F_o(y_{ni}) - F(y_{ni}) $ Pearson II	$F(y_{ni})$ Log Pearson III	$ F_o(y_{ni}) - F(y_{ni}) $ Log Pearson II	$F(x_{ni})$ GEV I	$ F_o(x_{ni}) - F(x_{ni}) $ GEV I
1	187.00	0.947368	0.99869906	0.05133	0.988459	0.04109	0.985484	0.03812	0.990973	0.04360	0.9883	0.04090
2	120.00	0.894737	0.83207702	0.06266	0.846915	0.04782	0.851304	0.04343	0.847201	0.04754	0.8492	0.04549
3	112.00	0.842105	0.76355023	0.07856	0.796470	0.04564	0.806549	0.03556	0.794615	0.04749	0.7996	0.04249
4	110.00	0.789474	0.74428423	0.04519	0.781820	0.00765	0.793388	0.00391	0.779423	0.01005	0.7852	0.00432
5	105.00	0.736842	0.69278834	0.04407	0.741314	0.00447	0.635971	0.10087	0.737532	0.00069	0.7451	0.00823
6	100.00	0.684211	0.63713645	0.04707	0.694995	0.01078	0.649218	0.03499	0.657375	0.02684	0.6991	0.01484
7	92.00	0.631579	0.54227979	0.08930	0.608473	0.02311	0.673454	0.04187	0.684242	0.05266	0.6126	0.01894
8	86.00	0.578947	0.46919315	0.10975	0.534066	0.04488	0.694731	0.11578	0.707106	0.12816	0.5380	0.04099
9	84.00	0.526316	0.44493952	0.08138	0.507682	0.01863	0.702474	0.17616	0.715299	0.18898	0.5114	0.01490
10	80.00	0.473684	0.39713287	0.07655	0.452999	0.02069	0.719349	0.24566	0.732636	0.25895	0.4564	0.01732
11	78.00	0.421053	0.3737512	0.04730	0.424907	0.00385	0.728427	0.30737	0.741711	0.32066	0.4281	0.00701
12	74.50	0.368421	0.33397518	0.03445	0.375018	0.00660	1.000000	0.63158	0.758383	0.38996	0.3778	0.00940
13	72.00	0.315789	0.30663491	0.00915	0.339189	0.02340	1.000000	0.68421	0.770911	0.45512	0.3418	0.02599
14	70.50	0.263158	0.2907206	0.02756	0.317771	0.05461	1.000000	0.73684	0.778620	0.51546	0.3203	0.05709
15	69.00	0.210526	0.27520359	0.06468	0.296504	0.08598	1.000000	0.78947	1.000000	0.78947	0.2989	0.08837
16	68.00	0.157895	0.26509054	0.10720	0.282451	0.12456	1.000000	0.84211	1.000000	0.84211	0.2848	0.12691
17	48.50	0.105263	0.11047041	0.00521	0.063395	0.04187	0.013696	0.09157	1.000000	0.89474	0.0673	0.03795
18	37.00	0.052632	0.05754808	0.00492	0.011047	0.04158	1.000000	0.94737	0.003740	0.04889	0.0145	0.03817
n	18		Δ_{\max}	0.10975		0.12456		0.94737		0.89474		0.12691
α	0.05		$\Delta_{\text{critico}} > \Delta_{\max}$	Si se ajusta		Si se ajusta		No se ajusta		No se ajusta		Si se ajusta
Δ_{critico}	0.31085		Mejor Ajuste	1		2		5		4		3

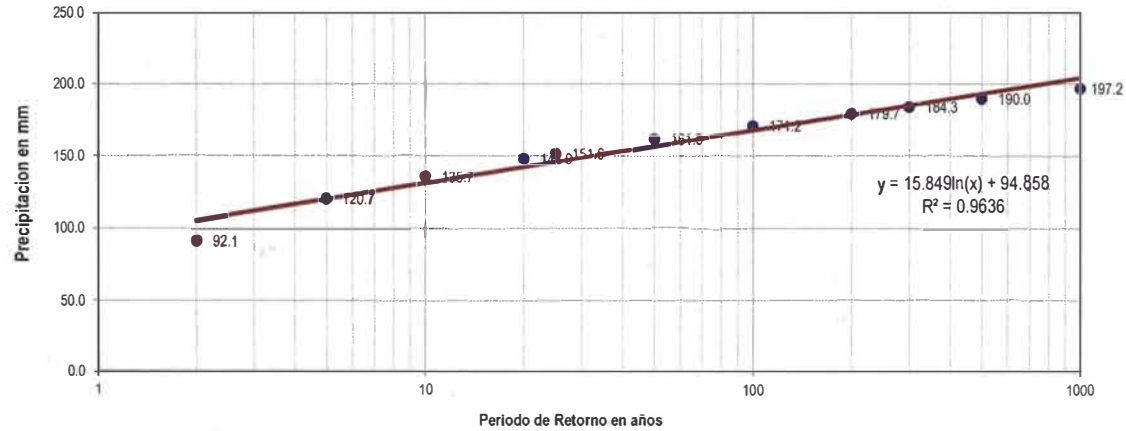
Cuadro 5: PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES EN 24 HORAS

ESTACIÓN IBERIA

Promedio : $x = 88.5278$ $y = 1.9213$ Coeficiente de corrección de Pmax por N° de lecturas (OMM)
 Desviación estándar : $s = 32.7016$ $sy = 0.1543$ $f(2 \text{ lecturas}) = 1.04$
 Cs/6 : $k = 0.2469$ $k = -0.0203$

T (años)	P(X ≤ x _T)	DISTRIB. NORMAL		DISTRIB. GUMBELL		DISTRIB. LOGNORMAL			DISTRIB. PEARSON III		DISTRIB. LOG PEARSON III			P _{MAX} mm	P _{MAX} (corregida) mm
		K _T	x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	10 ^a x _T	K _T	x _T	K _T	X _T	10 ^a x _T		
2	0.500	0.0000	88.5	-0.1643	83.2	0.00	1.9213	83.4	-0.2315	81.0	0.0203	1.9244	84.0	88.5	92.1
5	0.800	0.8416	116.1	0.7195	112.1	0.84	2.0512	112.5	0.6869	111.0	0.8469	2.0520	112.7	116.1	120.7
10	0.900	1.2816	130.4	1.3046	131.2	1.28	2.1190	131.5	1.3221	131.8	1.2677	2.1169	130.9	130.4	135.7
20	0.950	1.6449	142.3	1.8658	149.5	1.64	2.1751	149.6	1.9366	151.9	1.6094	2.1696	147.8	142.3	148.0
25	0.960	1.750	145.8	2.0438	155.4	1.75	2.1914	155.4	2.1318	158.2	1.7080	2.1848	153.0	145.8	151.6
50	0.980	2.0537	155.7	2.5923	173.3	2.05	2.2382	173.0	2.7334	177.9	1.9878	2.2280	169.0	155.7	161.9
100	0.990	2.3263	164.6	3.1367	191.1	2.33	2.2802	190.6	3.3304	197.4	2.2365	2.2664	184.7	164.6	171.2
200	0.995	2.5758	172.8	3.6791	208.8	2.58	2.3187	208.3	3.9253	216.9	2.4615	2.3011	200.0	172.8	179.7
300	0.997	2.7131	177.2	3.9959	219.2	2.71	2.3399	218.7	4.2731	228.3	2.5843	2.3200	208.9	177.2	184.3
500	0.998	2.8782	182.6	4.3947	232.2	2.88	2.3653	231.9	4.7114	242.6	2.7310	2.3427	220.1	182.6	190.0
1000	0.999	3.0902	189.6	4.9355	249.9	3.09	2.3981	250.1	5.3070	262.1	2.9180	2.3715	235.2	189.6	197.2

PRECIPITACION MAXIMA ANUAL PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO



**Cuadro 6: PRECIPITACIÓN DE DISEÑO PARA DURACIONES MENORES A 24 HORAS
DICK PESCHKE
(mm)**

ESTACIÓN: IBERIA										
DURACIÓN		PERÍODO DE RETORNO (años)								
Hr	min	2	5	10	20	25	50	100	200	500
0.17	10.00	26.58	34.84	39.16	42.73	43.77	46.74	49.42	51.87	54.84
0.33	20.00	31.61	41.43	46.57	50.81	52.05	55.58	58.77	61.68	65.21
0.50	30.00	34.98	45.85	51.54	56.23	57.60	61.51	65.04	68.26	72.17
0.67	40.00	37.59	49.27	55.38	60.42	61.89	66.10	69.89	73.35	77.55
0.83	50.00	39.74	52.10	58.56	63.89	65.45	69.89	73.90	77.56	82.00
1.00	60.00	41.60	54.53	61.29	66.87	68.50	73.15	77.34	81.18	85.82
1.50	90.00	46.03	60.35	67.83	74.00	75.80	80.96	85.59	89.84	94.98
2.00	120.00	49.47	64.85	72.88	79.52	81.46	87.00	91.98	96.54	102.06
4.00	240.00	58.83	77.12	86.68	94.57	96.87	103.46	109.38	114.80	121.37
6.00	360.00	65.10	85.34	95.92	104.66	107.20	114.49	121.05	127.05	134.32
7.00	420.00	67.66	88.70	99.69	108.77	111.42	118.99	125.80	132.04	139.60
8.00	480.00	69.96	91.71	103.07	112.46	115.20	123.03	130.07	136.52	144.33
10.00	600.00	73.97	96.97	108.99	118.92	121.81	130.09	137.54	144.35	152.61
11.00	660.00	75.75	99.31	111.62	121.78	124.74	133.23	140.85	147.83	156.29
12.00	720.00	77.42	101.49	114.07	124.46	127.49	136.15	143.95	151.09	159.73
24.00	1440.00	92.07	120.69	135.65	148.07	151.61	161.92	171.19	179.67	189.95

Para el caso de duraciones de tormenta menores a 1 hora, o no se cuenta con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas, estas pueden ser calculadas mediante la metodología de Dick Peschke (Guevara, 1991) que relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas. La expresión es la siguiente:

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

Donde:

P_d = precipitación total (mm)

d = duración en minutos

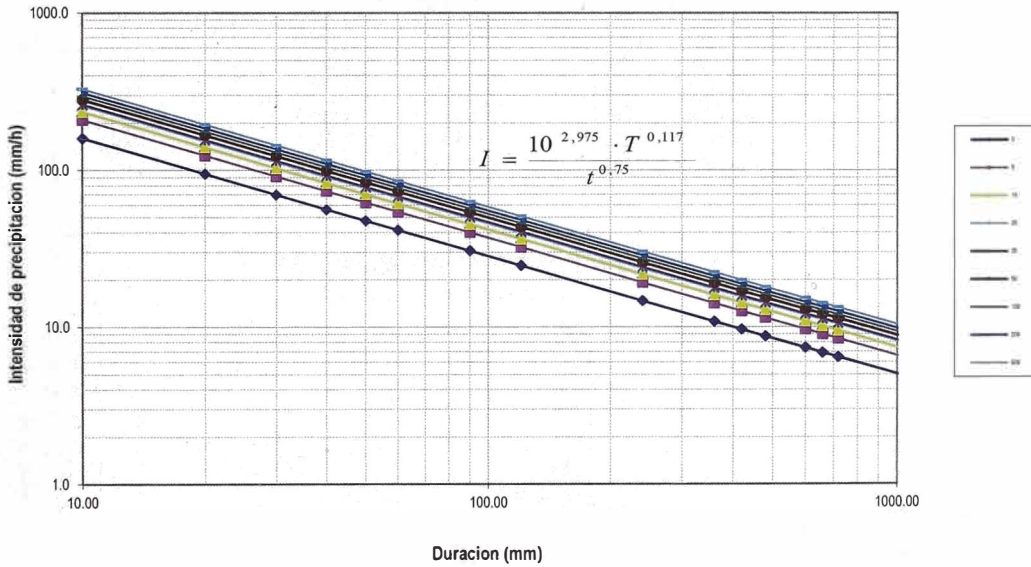
P_{24h} = precipitación máxima en 24 horas (mm)

Referencia: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (pag. 30)

Cuadro 7: INTENSIDADES DE DISEÑO PARA DURACIONES MENORES A 24 HORAS

DURACION		ESTACION IBERIA								
		PERIODO DE RETORNO								
Hr	min	2	5	10	20	25	50	100	200	500
0.17	10.00	159.5	209.0	235.0	256.4	262.6	280.4	296.5	311.2	329.0
0.33	20.00	94.8	124.3	139.7	152.4	156.1	166.8	176.3	185.0	195.6
0.50	30.00	70.0	91.7	103.1	112.5	115.2	123.0	130.1	136.5	144.3
0.67	40.00	56.4	73.9	83.1	90.6	92.8	99.2	104.8	110.0	116.3
0.83	50.00	47.7	62.5	70.3	76.7	78.5	83.9	88.7	93.1	98.4
1.00	60.00	41.6	54.5	61.3	66.9	68.5	73.2	77.3	81.2	85.8
1.50	90.00	30.7	40.2	45.2	49.3	50.5	54.0	57.1	59.9	63.3
2.00	120.00	24.7	32.4	36.4	39.8	40.7	43.5	46.0	48.3	51.0
4.00	240.00	14.7	19.3	21.7	23.6	24.2	25.9	27.3	28.7	30.3
6.00	360.00	10.9	14.2	16.0	17.4	17.9	19.1	20.2	21.2	22.4
7.00	420.00	9.7	12.7	14.2	15.5	15.9	17.0	18.0	18.9	19.9
8.00	480.00	8.7	11.5	12.9	14.1	14.4	15.4	16.3	17.1	18.0
10.00	600.00	7.4	9.7	10.9	11.9	12.2	13.0	13.8	14.4	15.3
11.00	660.00	6.9	9.0	10.1	11.1	11.3	12.1	12.8	13.4	14.2
12.00	720.00	6.5	8.5	9.5	10.4	10.6	11.3	12.0	12.6	13.3
24.00	1440.00	3.8	5.0	5.7	6.2	6.3	6.7	7.1	7.5	7.9

CURVA INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA



CURVA INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA

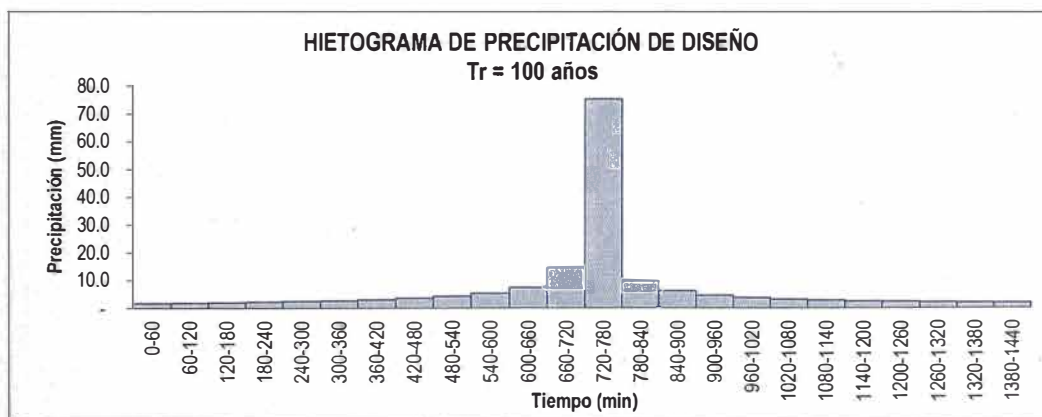
I: Intensidad máxima (mm/h)
T: Periodo de retorno en años
t: Duración de la precipitación (min)

$$I = \frac{10^{2.975} T^{0.117}}{t^{0.75}}$$

**Cuadro 8(a): HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO
ESTACION IBERIA**

Tr (años) = 100

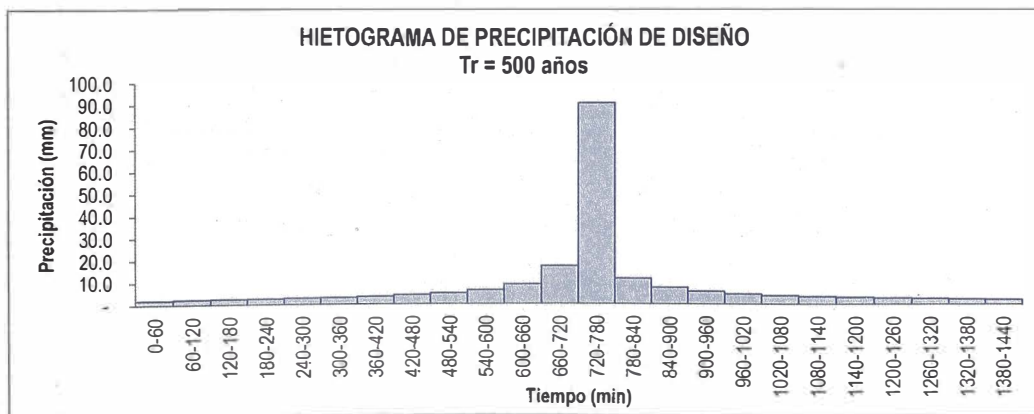
METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
1	60	75.183	75.183	0-60	1.761
2	120	44.704	89.409	60-120	1.883
3	180	32.982	98.947	120-180	2.026
4	240	26.581	106.325	180-240	2.197
5	300	22.485	112.425	240-300	2.407
6	360	19.611	117.668	300-360	2.670
7	420	17.470	122.291	360-420	3.011
8	480	15.805	126.443	420-480	3.476
9	540	14.469	130.221	480-540	4.151
10	600	13.370	133.697	540-600	5.243
11	660	12.447	136.921	600-660	7.378
12	720	11.661	139.932	660-720	14.225
13	780	10.982	142.760	720-780	75.183
14	840	10.388	145.430	780-840	9.538
15	900	9.864	147.960	840-900	6.100
16	960	9.398	150.367	900-960	4.623
17	1020	8.980	152.663	960-1020	3.779
18	1080	8.603	154.860	1020-1080	3.224
19	1140	8.261	156.968	1080-1140	2.828
20	1200	7.950	158.993	1140-1200	2.530
21	1260	7.664	160.945	1200-1260	2.296
22	1320	7.401	162.827	1260-1320	2.107
23	1380	7.159	164.647	1320-1380	1.951
24	1440	6.934	166.408	1380-1440	1.820



**Cuadro 8(b): HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO
ESTACION IBERIA**

Tr (años) = 500

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
1	60	90.779	90.779	0-60	2.127
2	120	53.977	107.955	60-120	2.273
3	180	39.824	119.472	120-180	2.446
4	240	32.095	128.381	180-240	2.653
5	300	27.149	135.746	240-300	2.906
6	360	23.679	142.076	300-360	3.223
7	420	21.094	147.659	360-420	3.636
8	480	19.084	152.671	420-480	4.197
9	540	17.470	157.233	480-540	5.012
10	600	16.143	161.430	540-600	6.331
11	660	15.029	165.323	600-660	8.909
12	720	14.080	168.958	660-720	17.176
13	780	13.259	172.373	720-780	90.779
14	840	12.543	175.597	780-840	11.517
15	900	11.910	178.652	840-900	7.365
16	960	11.347	181.558	900-960	5.582
17	1020	10.843	184.330	960-1020	4.562
18	1080	10.388	186.983	1020-1080	3.893
19	1140	9.975	189.528	1080-1140	3.415
20	1200	9.599	191.974	1140-1200	3.055
21	1260	9.254	194.330	1200-1260	2.773
22	1320	8.936	196.603	1260-1320	2.545
23	1380	8.643	198.800	1320-1380	2.356
24	1440	8.372	200.926	1380-1440	2.197



Cuadro 9: NÚMERO DE CURVA
Cuenca del río Manuripe

Tipo de superficie

Condición de Escorrentía

$$NC_I = \frac{4,2NC_{II}}{10 - 0,058NC_{II}}$$

$$NC_{III} = \frac{23NC_{II}}{10 + 0,13NC_{II}}$$

Descripción de cobertura	Condición hidrológica	Tipo de superficie			
		A	B	C	D
Pastizales: áreas de pastoreo	Pobre	68	79	86	89
	Media	49	69	79	84
	Buena	39	61	74	80
Praderas, protegidas del pastoreo	-	30	58	71	78
Áreas de arbustos con mezcla de pastos, pero siendo predominantes los arbustos	Pobre	48	67	77	83
	Media	35	56	70	77
	Buena	30	48	65	73
Bosques con mezcla de pastizales	Pobre	57	73	82	86
	Media	43	65	76	82
	Buena	32	58	72	79
Bosques	Pobre	45	66	77	83
	Media	36	60	73	79
	Buena	30	55	70	77

Cobertura	Bosques	Arbustos
Porcentaje	65%	35%
NC	55	30

NC_{II} = NC Ponderado =

NC de la Cuenca = NC_{III} =

Cuadro 10: TIEMPO DE CONCENTRACIÓN
Cuenca del río Manuripe

Parámetros fisiográficos de la cuenca :

Nombre cuenca	Área (km ²)	Cota mínima del cauce (msnm)	Cota máxima del cauce (msnm)	Longitud cauce mayor (m)	Pendiente del cauce principal (m/m)	Pendiente de la cuenca (m/m)
SC-1	563.33	364.00	466.00	63767.00	0.0016	0.0018
SC-2	442.06	292.00	400.00	65114.00	0.0017	0.0026
SC-3	622.26	260.00	347.00	49076.00	0.0018	0.0023
SC-4	1088.33	248.00	337.00	60335.00	0.0015	0.0022
TOTAL	2715.99			238292.00		

CN : 66

Expresiones del Tiempo de concentración:

Kirpich $t_c = 0,01947 L^{0,77} S^{-0,385}$
 US Corps of Engineers $t_c = 60 * 0,30 (L/1000)^{0,76} S^{-0,19}$
 Bransby-Williams $t_c = 0,015 L A^{-0,1} S^{-0,2}$
 SCS $t_c = 0,0136 L^{0,8} (1000/CN-9)^{0,7} (S^{0,5})$
 NRSC $t_c = \sum T_i$ $T_i = 0.0912(nL)^{0,5} (P^{0,5} S^{0,4})$

Calculo del tiempo de concentración y el Tlag:

tc (min.)	SUB-CUENCA			
	SC1	SC2	SC3	SC4
Kirpich	1104.45	977.86	831.85	978.02
US Corps of Engineers	1402.94	1331.68	1104.27	1293.76
Bransby-Williams	1791.71	1744.94	1308.47	1523.44
SCS	7918.59	6732.40	5774.63	6837.32
Diseño (min)	7918.59	6732.40	5774.63	6837.32
Diseño (horas)	131.98	112.21	96.24	113.96
Tlag=0,6 t_c (min)	4751.16	4039.44	3464.78	4102.39

Anexo 2: Datos de mecánica de suelos

PROYECTO : CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR PERU - BRASIL
CONTRATISTA : CONIRSA
SUPERVISIÓN : OSITRAN



PERFIL ESTRATIGRÁFICO

FECHA : 24 de agosto de 2011

1. UBICACIÓN : PTE. INAMBARI - PTE. INAPARI

1.1 Estructura : Puente		1.2 Ubicación Puente Mavila Muestreo		Aguas Arriba	Izquierdo
PDC - 04					
Prof.(m)		Muestra	Simb.	Descripción	Clasif.
DE	A				
0.00	0.50			Arcilla de baja a mediana plasticidad, saturada, blanda color marron	CL
0.50	1.00			Arena muy fina limosa, con grumos de arcilla de alta plasticidad saturada blanda. Color gris	SC
1.00	2.00			Arena muy fina color gris saturada	SM
Continúa el mismo estrato					

OBSERVACIONES:

La descripción se realizó en forma visual.

El nivel freático se presenta a -1.00 m de la cota de terreno existente.

Se tomó una muestra de a profundidad de -2.00 m para análisis granulométrico y humedad natural.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

* RECTORADO
Calle Tigre N° 127
Teléfono: 222271 - 224891

* CIUDAD UNIVERSITARIA-DECANATO
Av. de la Cultura N° 733
Teléfono: 232398

* LABORATORIO
Av. Universitaria s/n.
laboratorio_ingcivil@hotmail.com

CONTENIDO DE AGUA

PROYECTO: CARRETERA INTEROCEANICA TRAMO 3
UBICACION: KM 565 + 964.30 / PUENTE MAVILA / AGUAS ARRIBA / C - 10
SOLICITA: ODEBRECHT TRANSPORTES PERU SAC
DIRECCION: AV. VICTOR ANDRES BELAUDE - 171 - OF. 201, SAN ISIDRO
FECHA: SETIEMBRE 2011
MUESTRA: M - 3
PROF: — m

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AGUA

Muestra Nro.	1	
Lata Nro.	16	14
Peso Cápsula(gr)	21.20	21.30
Peso de Cáp.+S.Humedo	60.36	62.57
Peso de Cáp.+S.Seco	54.35	55.98
Peso del Suelo Seco	33.15	34.68
V	6.01	6.59
Cont. de Humedad(%)	18.13	19.00

CONTENIDO DE AGUA PROM. 18.57 %

Universidad Nacional San Antonio Abad Cusco
Laboratorio de Materiales de Construcción
y Mecánica de Suelos

Ing. José Díaz Parfán
JEFE



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAÐ DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

* RECTORADO
Calle Tigré N° 127
Teléfono: 222271 - 224891

* CIUDAD UNIVERSITARIA-DECANATO
Av. de la Cultura N° 733
Teléfono: 232398

* LABORATORIO
Av. Universitaria s/n.
laboratorio_ingcivil@hotmail.com

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM D 3080-72

PROYECTO: CARRETERA INTEROCEANICA TRAMO 3
UBICACION: KM 565 + 964.30 / PUENTE MAVILA / AGUAS ARRIBA / C - 10

SOLICITA: ODEBRECHT TRANSPORTES PERU SAC
DIRECCION: AV. VICTOR ANDRES BELAUNDE - 171 - OF. 201, SAN ISIDRO

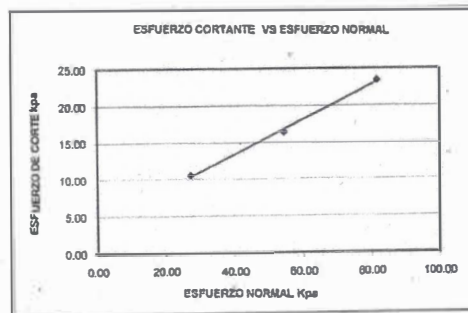
FECHA: SETIEMBRE 2011

MUESTRA: M - 3 (INALTERADA)

PROF: m

RESUMEN

Nro.	ESFUERZO NORMAL Kpa	ESFUERZO CORTANTE Kpa	ϕ	C Kpa
1	27.25	10.55	13	3.9
2	54.50	16.40		
3	81.75	23.44		



Universidad Nacional San Antonio Abad Cusco
Laboratorio de Materiales de Construcción
y Mecánica de Suelos

Ing. José Díaz Farián
J E F E



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

* RECTORADO
Calle Tigre N° 127
Teléfono: 222271 - 224891

* CIUDAD UNIVERSITARIA-DECANATO
Av. de la Cultura N° 733
Teléfono: 232398

* LABORATORIO
Av. Universitaria s/n.
laboratorio_ingcivil@hotmail.com

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(VIA HUMEDA) - ASTM D421-58

PROYECTO: CARRETERA INTEROCEANICA TRAMO 3
UBICACION: KM 565 + 964.30 / PUENTE MAVILA / AGUAS ARRIBA / C - 10

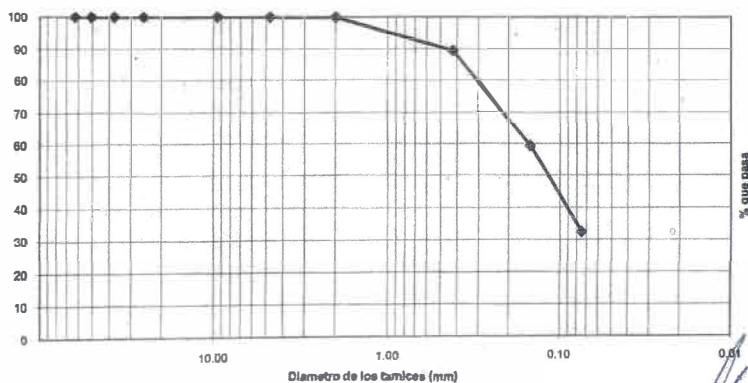
SOLICITA: ODEBRECHT TRANSPORTES PERU SAC
DIRECCION: AV. VICTOR ANDRES BELAUNDE - 171 - OF. 201, SAN ISIDRO
FECHA: SETIEMBRE 2011
MUESTRA: M - 3

PROF: m

Peso de la Muestra: 900.00 gr
Peso desp de lavar: 608.96 gr

Tamiz	Diam(mm)	Peso Ret.	Peso Corr.	% Ret.	% Pasa
21/2	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
4.0	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
10.0	2.00	0.73	0.73	0.06	99.92
40.0	0.43	94.19	94.19	10.47	89.45
100.0	0.15	271.61	271.61	30.18	59.27
200.0	0.08	241.26	241.26	26.61	32.47
cazuela	0.00	1.17	292.21	32.47	0.00
		608.96	900.00	100.00	

D60	D30	D10	Cu	Cc	% GRAVA	% ARENA	% FINOS
0.157	0.069	0.035	4.49	0.87	10.55	56.99	32.47



Universidad Nacional San Antonio Abad Cusco
Laboratorio de Materiales de Construcción
y Mecánica de Suelos

Ing. José Díaz Parfán



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

* RECTORADO
Calle Tigre N° 127
Teléfono: 222271 - 224891

* CIUDAD UNIVERSITARIA-DECANATO
Av. de la Cultura N° 733
Teléfono: 232398

* LABORATORIO
Av. Universitaria s/n.
laboratorio_ingcivil@hotmail.com

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: CARRETERA INTEROCEANICA TRAMO 3
UBICACIÓN: KM 565 + 964.30 / PUENTE MAVILA / AGUAS ARRIBA / C - 10
SOLICITA: ODEBRECHT TRANSPORTES PERU SAC
DIRECCIÓN: AV. VICTOR ANDRES BELAUNDE - 171 - OF. 201, SAN ISIDRO
FECHA: SEPTIEMBRE 2011
MUESTRA: M - 3
PROF: m

LIMITE PLASTICO - ASTM D424-59

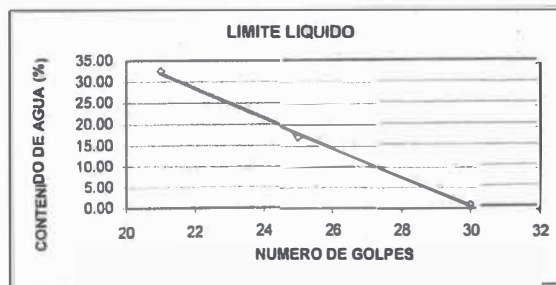
Capsula	---	---
Peso de la Capsula (gr)	---	---
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (gr)	---	---
Peso de la Capsula+ Suelo Seco (gr)	---	---
Peso del Suelo Seco (gr)	---	---
Contenido de Humedad (w)	---	---

LIMITE PLASTICO (%) = NP

LIMITE LIQUIDO - ASTM 423-66

Capsula	67	64	23	32
Peso de la Capsula (gr)	20.73	21.73	24.42	25.89
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (gr)	39.22	43.01	41.12	31.16
Peso de la Capsula+ Suelo Seco (gr)	36.47	39.88	37.02	31.11
Numero de golpes	25	25	21	30
Peso del Suelo Seco (gr)	15.74	18.15	12.60	5.22
Contenido de Humedad (w)	17.47	17.25	32.54	0.96

LIMITE LIQUIDO (%) = 17.93
INDICE DE PLASTICIDAD = NP



Universidad Nacional San Antonio Abad Cusco
Laboratorio de Materiales de Construcción
y Mecánica de Suelos

Ing. José Díaz Farfán
EFE

PROYECTO : CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR PERU - BRASIL
CONTRATISTA : CONIRSA
SUPERVISIÓN : OSITRAN



PERFIL ESTRATIGRÁFICO

FECHA : 24 de agosto de 2011

1. UBICACIÓN : PTE. INAMBARI - PTE. IÑAPARI

1.1 Estructura : Puente		1.2 Ubicación		Puente Mavila	Muestreo	Agua Abajo	Derecho
PDC - 10							
Prof.(m)		Muestra	Simb.	Descripción			Clasif.
DE	A						
0.00	0.30			Arena muy fina limosa, con grumos de arcilla de alta plasticidad saturada blanda. Color amarillento			SM
0.30	0.80			Arena muy fina limosa, con grumos de arcilla de alta plasticidad saturada blanda. Color amarillento			SM
0.80	1.20			Arena fina limosa. Color amarillento saturada			SM
Continúa el mismo estrato							

OBSERVACIONES:

La descripción se realizó en forma visual.

El nivel freático se presenta a -0.30 m de la cota de terreno existente.

Solo se profundizó hasta -1.20 m debido a la presencia de agua y desmoronamiento de paredes de la calicata.

Se tomo una muestra de a profundidad de -1.20 m para analisis granulometrico y humedad natural.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

* RECTORADO
Calle Tigre N° 127
Teléfono: 222271 - 224891

* CIUDAD UNIVERSITARIA-DECANATO
Av. de la Cultura N° 733
Teléfono: 232398

* LABORATORIO
Av. Universitaria s/n.
laboratorio_ingcivil@hotmail.com

CONTENIDO DE AGUA

PROYECTO: CARRETERA INTEROCEANICA TRAMO 3
UBICACION: KM 565 + 964.30 / PUENTE MAVILA / AGUAS ABAJO / C - 4

SOLICITA: ODEBRECHT TRANSPORTES PERU SAC
DIRECCION: AV. VICTOR ANDRES BELAUNDE - 171 - OF. 201, SAN ISIDRO
FECHA: SETIEMBRE 2011
MUESTRA: M - 2

PROF: m

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AGUA

Muestra Nro.	1	
Lata Nro.	12	1
Peso Cápsula(gr)	21.30	21.21
Peso de Cáp.+S.Humedo	88.02	73.13
Peso de Cáp.+S.Seco	72.86	61.21
Peso del Suelo Seco	51.36	40.00
V	15.36	11.92
Cont. de Humedad(%)	29.91	29.80

CONTENIDO DE AGUA PROM. 29.85 %

Universidad Nacional San Antonio Abad Cusco
Laboratorio de Materiales de Construcción
y Mecánica de Suelos

Ing. José Díaz Farfán
JEFE



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

* RECTORADO
Calle Tigre N° 127
Teléfono: 222271 - 224891

* CIUDAD UNIVERSITARIA-DECANATO
Av. de la Cultura N° 733
Teléfono: 232398

* LABORATORIO
Av. Universitaria s/n.
laboratorio_ingcivil@hotmail.com

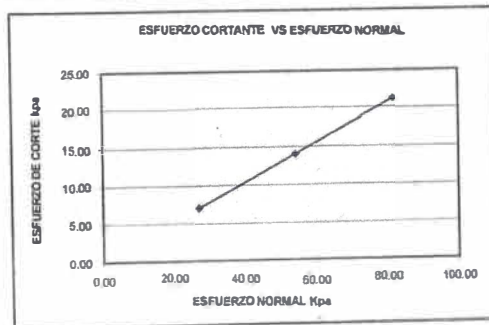
ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM D 3080-72

PROYECTO: CARRETERA INTEROCEANICA TRAMO 3
UBICACION: KM 565 + 964.30 / PUENTE MAVILA / AGUAS ABAJO / C - 4

SOLICITA: ODEBRECHT TRANSPORTES PERU SAC
DIRECCION: AV. VICTOR ANDRES BELAUNDE - 171 - OF. 201, SAN ISIDRO
FECHA: SETIEMBRE 2011
MUESTRA: M - 2 (INALTERADA)
PROF: m

RESUMEN

Nro.	ESFUERZO NORMAL Kpa	ESFUERZO CORTANTE Kpa	ϕ	C Kpa
1	27.25	7.03	14	0.0
2	54.50	14.05		
3	81.75	21.09		



Universidad Nacional San Antonio Abad Cusco
Laboratorio de Materiales de Construcción
y Mecánica de Suelos

Ing. José Díaz Farfán
JEFE



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

* RECTORADO
Calle Tigre N° 127
Teléfono: 222271 - 224891

* CIUDAD UNIVERSITARIA-DECANATO
Av. de la Cultura N° 733
Teléfono: 232398

* LABORATORIO
Av. Universitaria s/n.
laboratorio_ingcivil@hotmail.com

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(VIA HUMEDA) - ASTM D421-58

PROYECTO: CARRETERA INTEROCEANICA TRAMO 3
UBICACION: KM 565 + 964.30 / PUENTE MAVILA / AGUAS ABAJO / C - 4

SOLICITA: ODEBRECHT TRANSPORTES PERU SAC
DIRECCION: AV. VICTOR ANDRES BELAUDE - 171 - OF. 201, SAN ISIDRO
FECHA: SETIEMBRE 2011
MUESTRA: M - 2

PROF: --- m

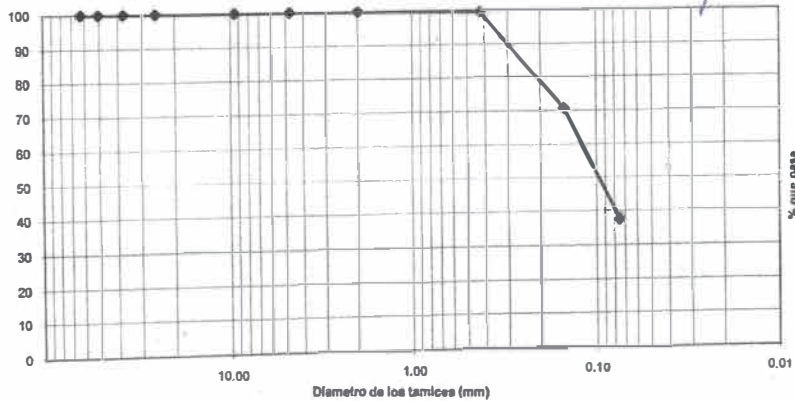
Peso de la Muestra: 800.00 gr
Peso desp de lavar: 504.04 gr

Tamiz	Diam(mm)	Peso Ret.	Peso Corr.	% Ret.	% Pasa
21/2	83.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
4.0	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
10.0	2.00	0.00	0.00	0.00	100.00
40.0	0.43	3.36	3.36	0.42	99.58
100.0	0.15	231.44	231.44	26.93	70.65
200.0	0.08	265.70	265.70	33.21	37.44
cazuela	0.00	3.53	299.49	37.44	0.00
		504.03	800.00	100.00	

Universidad Nacional San Antonio Abad Cusco
Laboratorio de Material de Construcción
y Mecánica Suelos

Ing. José Díaz Farfán

D60	D30	D10	Cu	Cc	% GRAVA	% ARENA	% FINOS
0.126	0.065	0.045	2.80	0.75	0.42	82.14	37.44





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

* RECTORADO
Calle Tigre N° 127
Teléfono: 222271 - 224891

* CIUDAD UNIVERSITARIA-DECANATO
Av. de la Cultura N° 733
Teléfono: 232398

* LABORATORIO
Av. Universitaria s/n.
laboratorio_ingcivil@hotmail.com

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: CARRETERA INTEROCEANICA TRAMO 3
UBICACION: KM 565 + 964.30 / PUENTE MAVILA / AGUAS ABAJO / C - 4
SOLICITA: ODEBRECHT TRANSPORTES PERU SAC
DIRECCION: AV. VICTOR ANDRES BELAUNDE - 171 - OF. 201, SAN ISIDRO
FECHA: SETIEMBRE 2011
MUESTRA: M - 2
PROF: --- m

LIMITE PLASTICO - ASTM D424-59

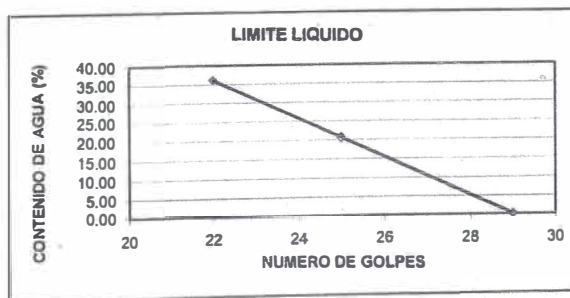
Capsula	---	---
Peso de la Capsula (gr)	---	---
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (gr)	---	---
Peso de la Capsula+ Suelo Seco (gr)	---	---
Peso del Suelo Seco (gr)	---	---
Contenido de Humedad (w)	---	---

LIMITE PLASTICO (%) = NP

LIMITE LIQUIDO - ASTM 423-66

Capsula	49	59	13	2
Peso de la Capsula (gr)	20.1	21.44	22.22	24.14
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (gr)	34.14	39.88	42.66	30.23
Peso de la Capsula+ Suelo Seco (gr)	31.72	36.74	37.23	30.22
Numero de golpes	25	25	22	29
Peso del Suelo Seco (gr)	11.62	15.30	15.01	6.08
Contenido de Humedad (w)	20.83	20.52	36.18	0.16

LIMITE LIQUIDO (%) = 20.63
INDICE DE PLASTICIDAD = NP



Universidad Nacional San Antonio Abad Cusco
Laboratorio de Materiales de Construcción
y Mecánica de Suelos

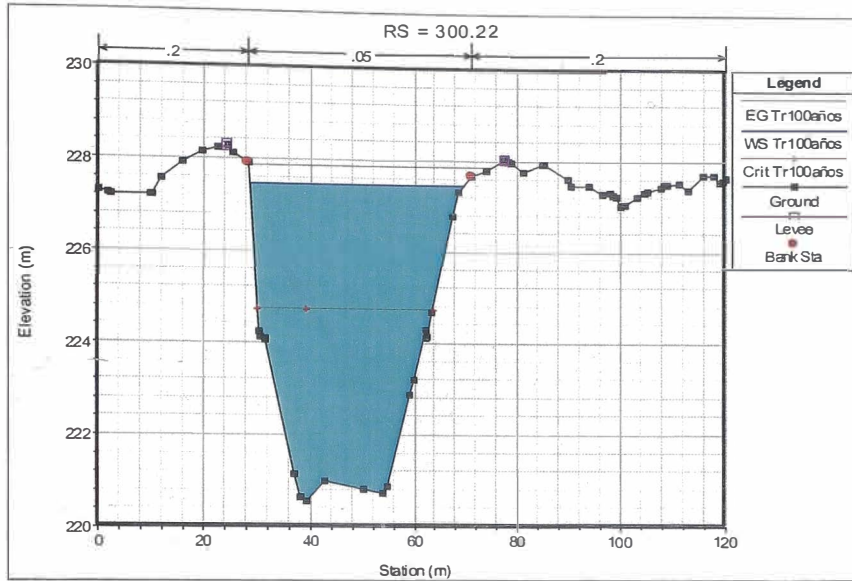
Ing. José Díaz Farfán
EFE

Anexo 3: Estudio Hidráulico

**Apéndice 3.1: Modelo en HEC-RAS para la situación actual del puente
Mavila**

Detalle del modelamiento:

Caudal Q= 528,3 m³/s
 Tiempo de retorno = 100 años
 Sección aguas arriba



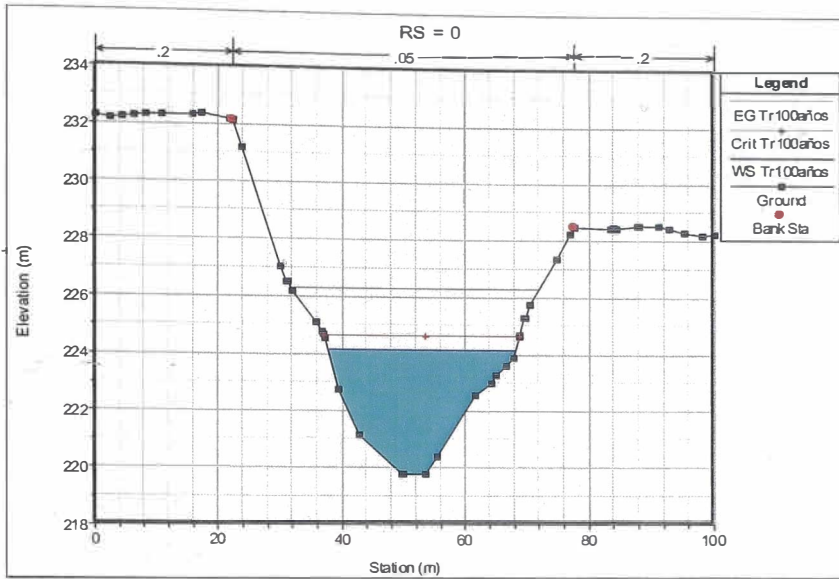
Plan: Plan 08 mavila eje RS: 300.22 Profile: Tr100años					
E.G. Elev (m)	227.84	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.36	Wt. n-Val.		0.05	
W.S. Elev (m)	227.48	Reach Len. (m)	0.22	0.22	0.22
Crit W.S. (m)	224.74	Flow Area (m2)		199.29	
E.G. Slope (m/m)	0.002461	Area (m2)		199.29	
Q Total (m3/s)	528.3	Flow (m3/s)		528.3	
Top Width (m)	41.12	Top Width (m)		41.12	
Vel Total (m/s)	2.65	Avg. Vel. (m/s)		2.65	
Max Chl Dpth (m)	6.92	Hydr. Depth (m)		4.85	
Conv. Total (m3/s)	10649.7	Conv. (m3/s)		10649.7	
Length Wtd. (m)	0.22	Wetted Per. (m)		45.63	
Min Ch El (m)	220.56	Shear (N/m2)		105.4 °	
Alpha	1	Stream Power (N/m s)		279.41	
Frctn Loss (m)	0	Cum Volume (1000 m3)	0.22	63.2	2.21
C & E Loss (m)	0	Cum SA (1000 m2)	0.54	15.68	1.62

Detalle del modelamiento:

Caudal Q= 528,3 m³/s

Tiempo de retorno = 100 años

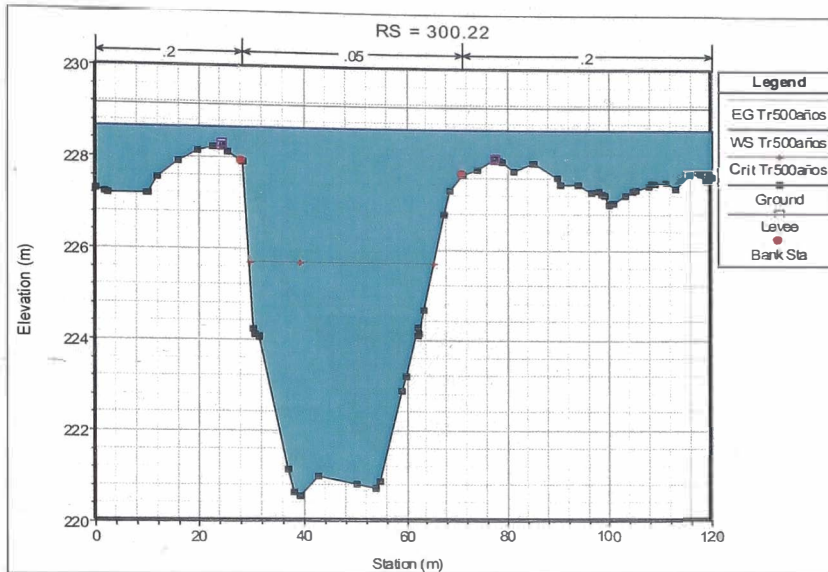
Sección aguas abajo



Plan: Plan 08 mavila eje RS: 0 Profile: Tr100años					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	226.3	Wt. n-Val.		0.05	
Vel Head (m)	2.14	Reach Len. (m)			
W.S. Elev (m)	224.16	Flow Area (m2)		81.57	
Crit W.S. (m)	224.63	Area (m2)		81.57	
E.G. Slope (m/m)	0.030548	Flow (m3/s)		528.3	
Q Total (m3/s)	528.3	Top Width (m)		30.65	
Top Width (m)	30.65	Avg. Vel. (m/s)		6.48	
Vel Total (m/s)	6.48	Hydr. Depth (m)		2.66	
Max Chl Dpth (m)	4.38	Conv. (m3/s)		3022.7	
Conv. Total (m3/s)	3022.7	Wetted Per. (m)		32.34	
Length Wtd. (m)		Shear (N/m2)		755.49	
Min Ch El (m)	219.78	Stream Power (N/m s)		4893.01	
Alpha	1	Cum Volume (1000 m3)			
Frctn Loss (m)	0.23	Cum SA (1000 m2)			
C & E Loss (m)	0.07				

Detalle del modelamiento:

Caudal $Q = 789,1 \text{ m}^3/\text{s}$
 Tiempo de retorno = 500 años
 Sección aguas arriba



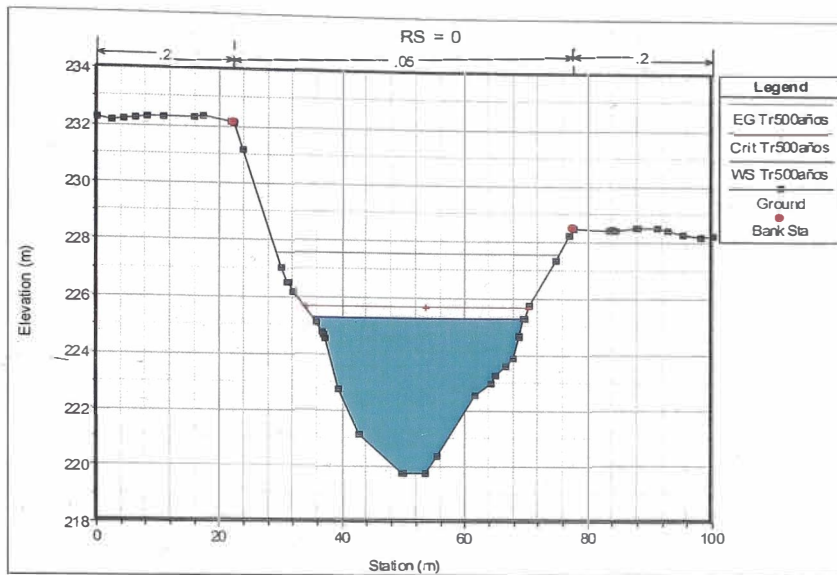
Plan: Plan 08 mavila eje RS: 300.22 Profile: Tr500años					
E.G. Elev (m)	229.15	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.47	Wt. n-Val.	0.2	0.05	0.2
W.S. Elev (m)	228.69	Reach Len. (m)	0.22	0.22	0.22
Crit W.S. (m)	225.7	Flow Area (m ²)	27.97	250.68	53.86
E.G. Slope (m/m)	0.002564	Area (m ²)	27.97	250.68	53.86
Q Total (m ³ /s)	789.1	Flow (m ³ /s)	6.77	768.01	14.32
Top Width (m)	120	Top Width (m)	28.33	42.86	48.81
Vel Total (m/s)	2.37	Avg. Vel. (m/s)	0.24	3.06	0.27
Max Chl Dpth (m)	8.13	Hydr. Depth (m)	0.99	5.85	1.1
Conv. Total (m ³ /s)	15584.8	Conv. (m ³ /s)	133.7	15168.3	282.8
Length Wtd. (m)	0.22	Wetted Per. (m)	29.92	47.64	50.03
Min Ch EI (m)	220.56	Shear (N/m ²)	23.5	132.3°	27.06
Alpha	1.62	Stream Power (N/m s)	5.69	405.31	7.2
Frctn Loss (m)	0	Cum Volume (1000 m ³)	2.76	81.91	8.65
C & E Loss (m)	0	Cum SA (1000 m ²)	3.13	16.31	5.62

Detalle del modelamiento:

Caudal Q= 789,1 m³/s

Tiempo de retorno = 500 años

Sección aguas abajo



Plan: Plan 08 mavila eje RS: 0 Profile: Tr500años					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	227.56	Wt. n-Val.		0.05	
Vel Head (m)	2.26	Reach Len. (m)			
W.S. Elev (m)	225.3	Flow Area (m2)		118.43	
Crit W.S. (m)	225.67	Area (m2)		118.43	
E.G. Slope (m/m)	0.023562	Flow (m3/s)		789.1	
Q Total (m3/s)	789.1	Top Width (m)		34.64	
Top Width (m)	34.64	Avg. Vel. (m/s)		6.66	
Vel Total (m/s)	6.66	Hydr. Depth (m)		3.42	
Max Chl Dpth (m)	5.52	Conv. (m3/s)		5140.7	
Conv. Total (m3/s)	5140.7	Wetted Per. (m)		37.04	
Length Wtd. (m)		Shear (N/m2)		738.84	
Min Ch EI (m)	219.78	Stream Power (N/m s)		4922.7	
Alpha	1	Cum Volume (1000 m3)			
Frctn Loss (m)	0.2	Cum SA (1000 m2)			
C & E Loss (m)	0.06				

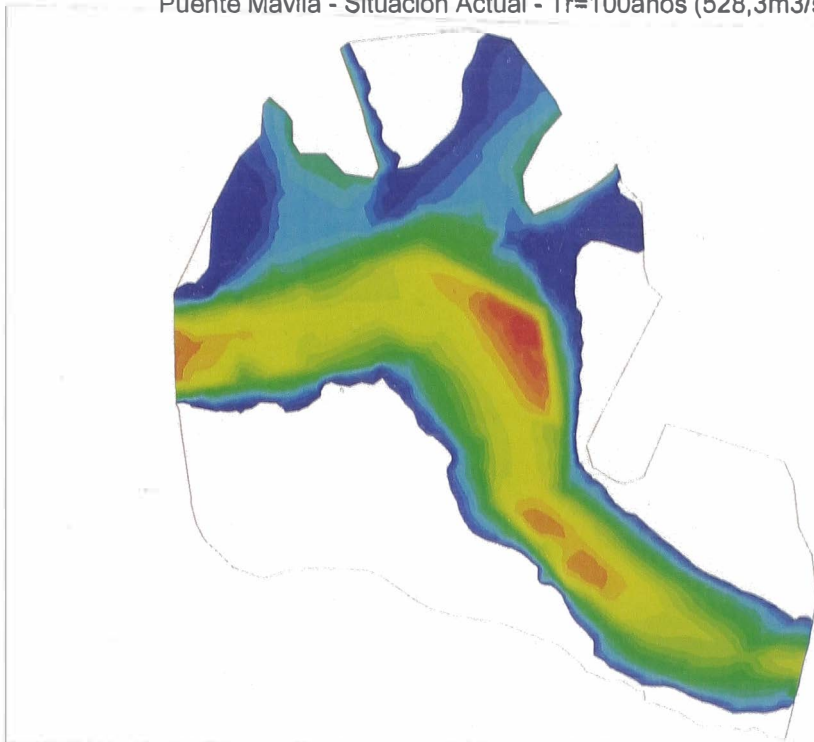
**Apéndice 3.2: Modelo en River 2D para la situación actual del puente
Mavila**

Depth



Distance
10.0 m

Puente Mavila - Situación Actual - Tr=100años (528,3m³/s)

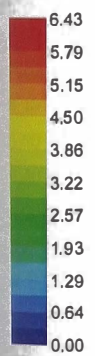


487021.895

X

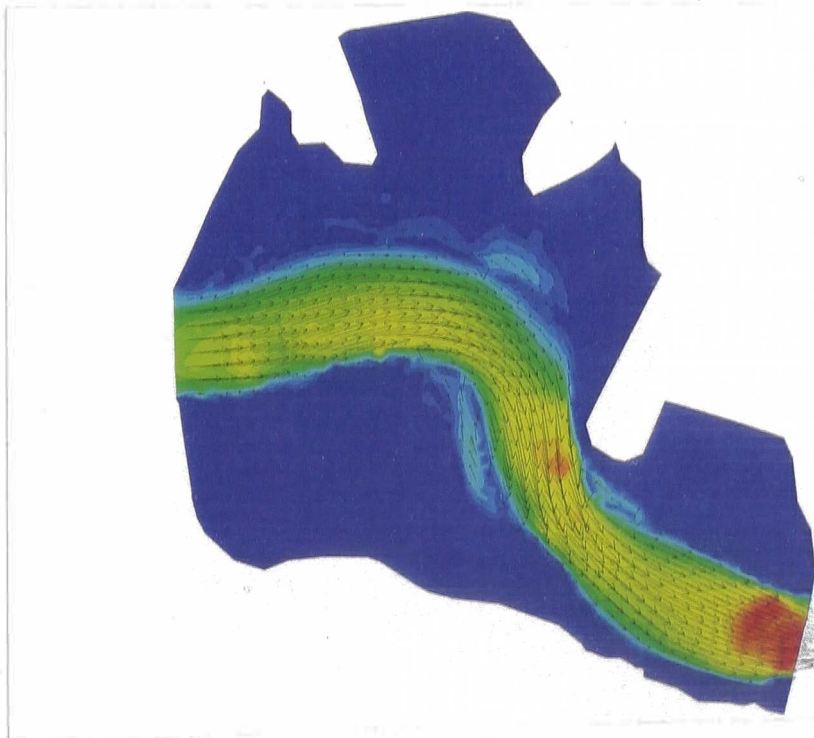
8680988.841
487387.455

Velocity



Distance
10.0 m

Puente Mavila - Situación Actual - Tr=100años (528,3m³/s)

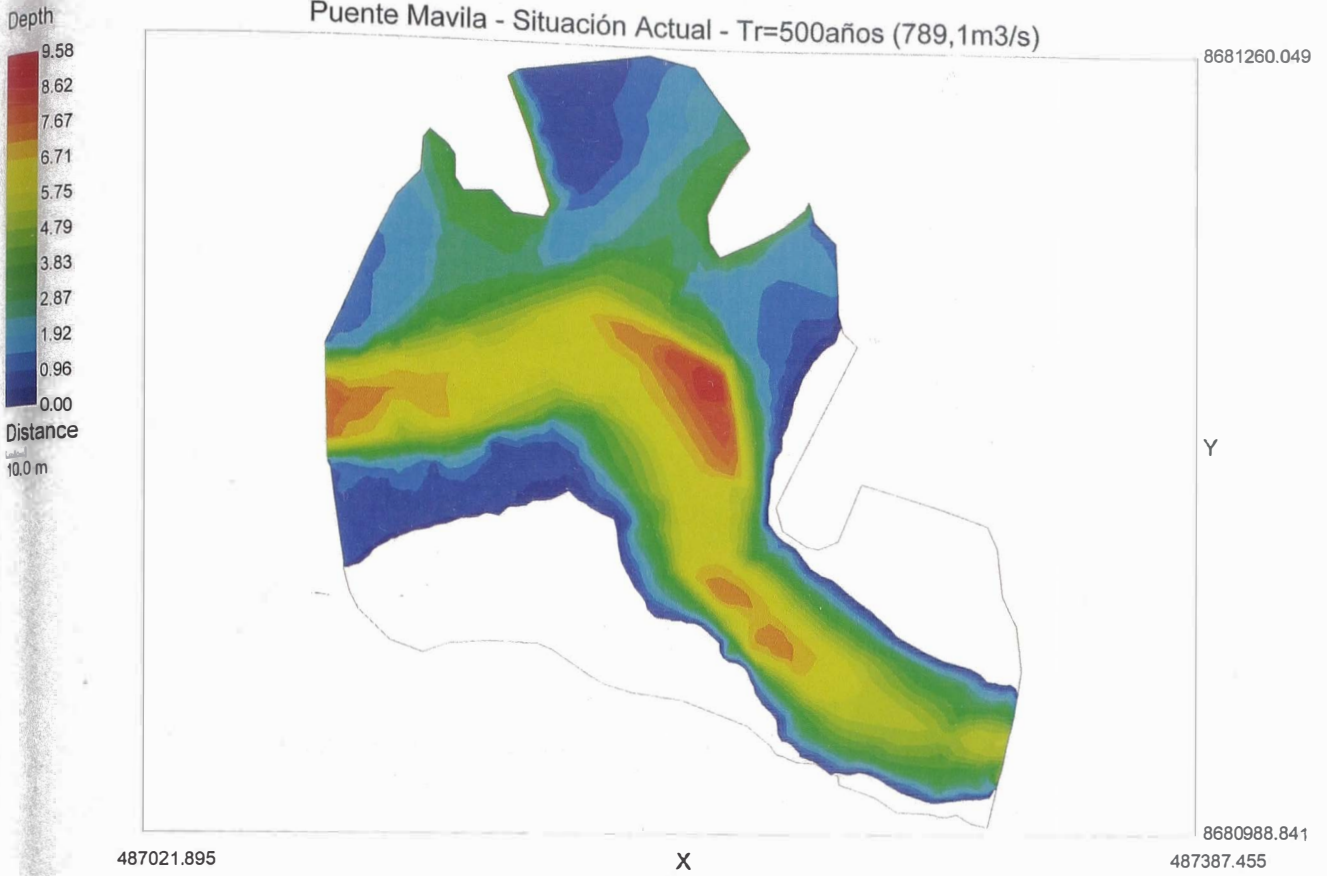


487021.895

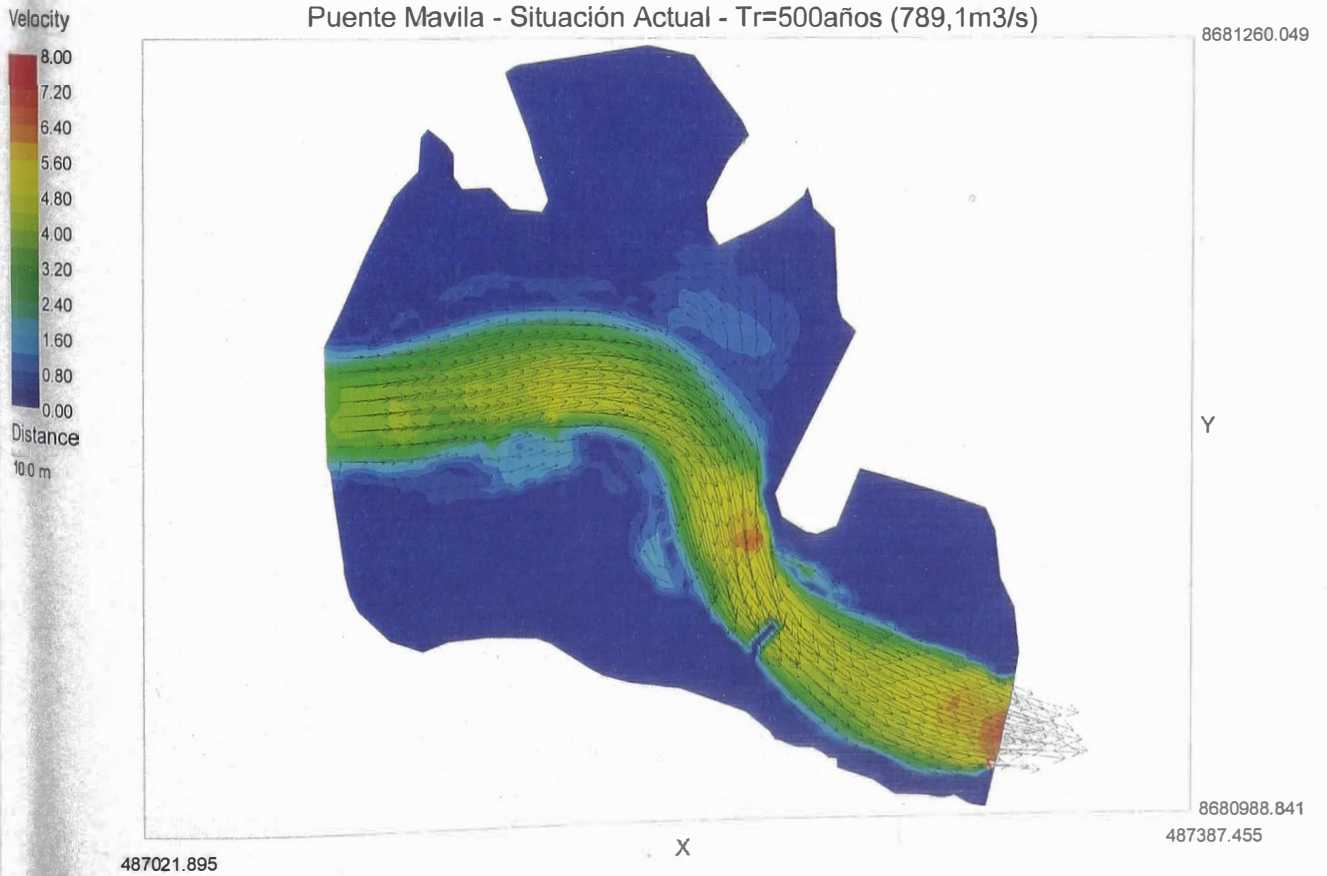
X

8680988.841
487387.455

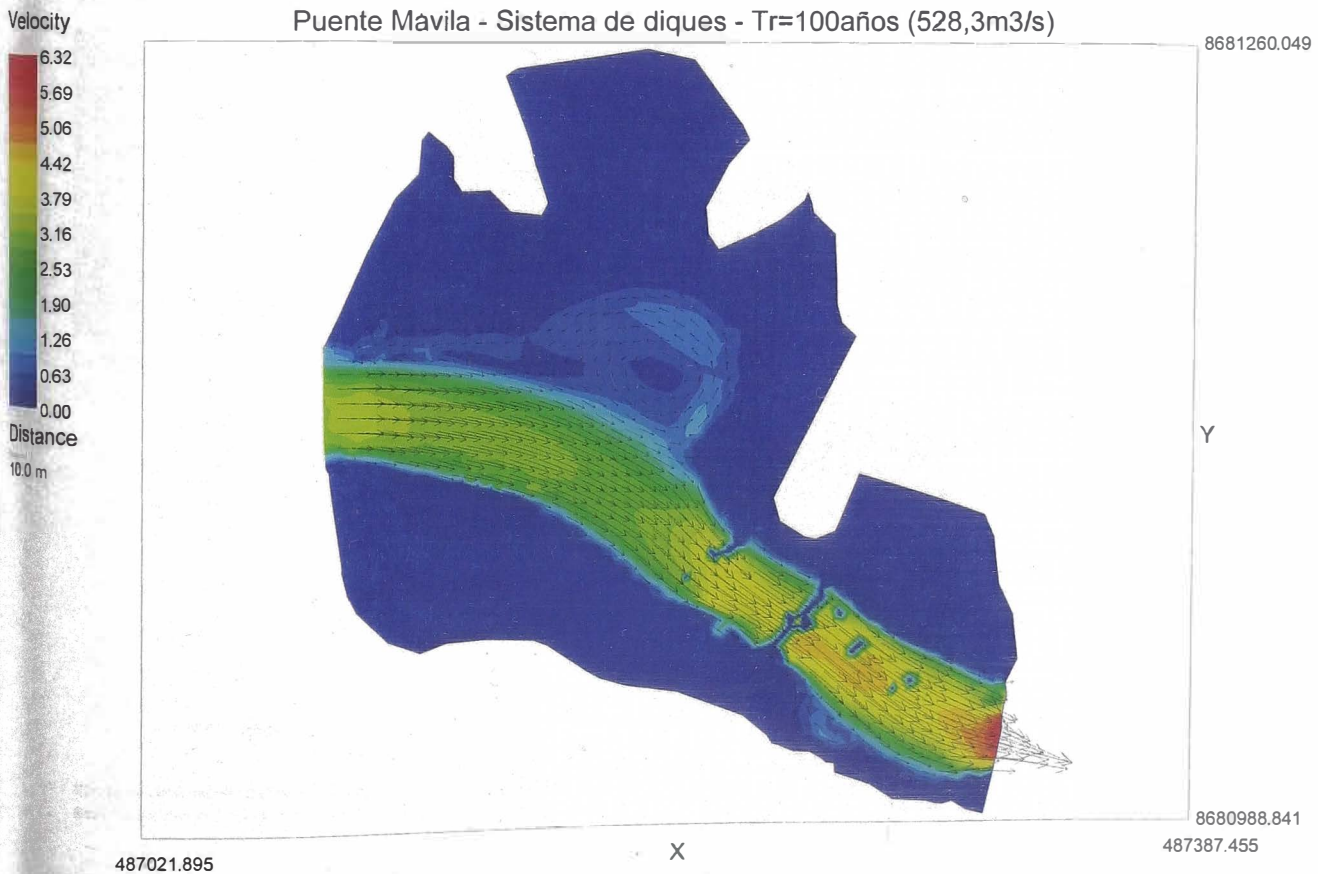
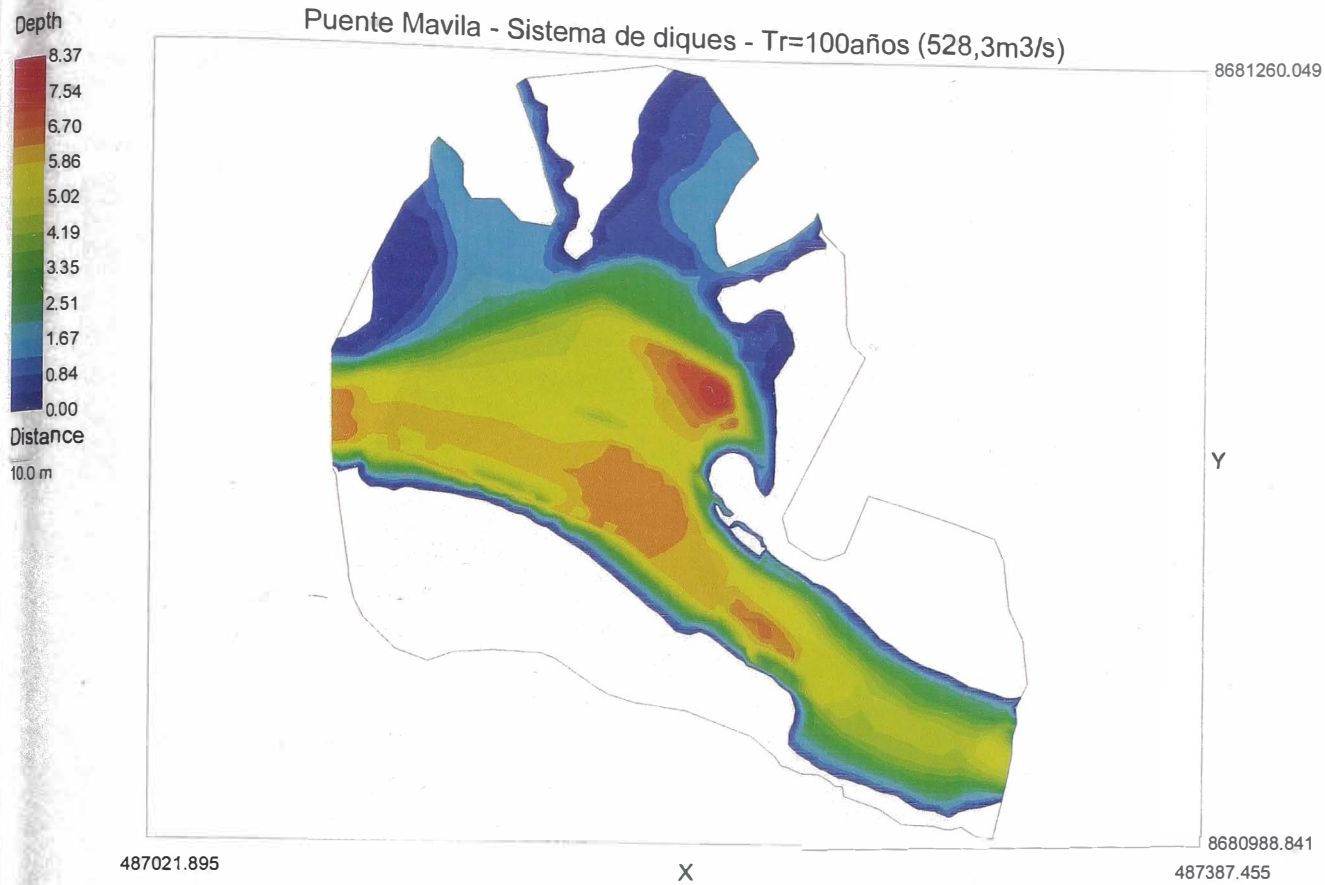
Puente Mavila - Situación Actual - Tr=500años (789,1m³/s)



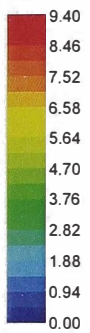
Puente Mavila - Situación Actual - Tr=500años (789,1m³/s)



Apéndice 3.3: Modelo en River 2D para el Sistema de Diques Guía

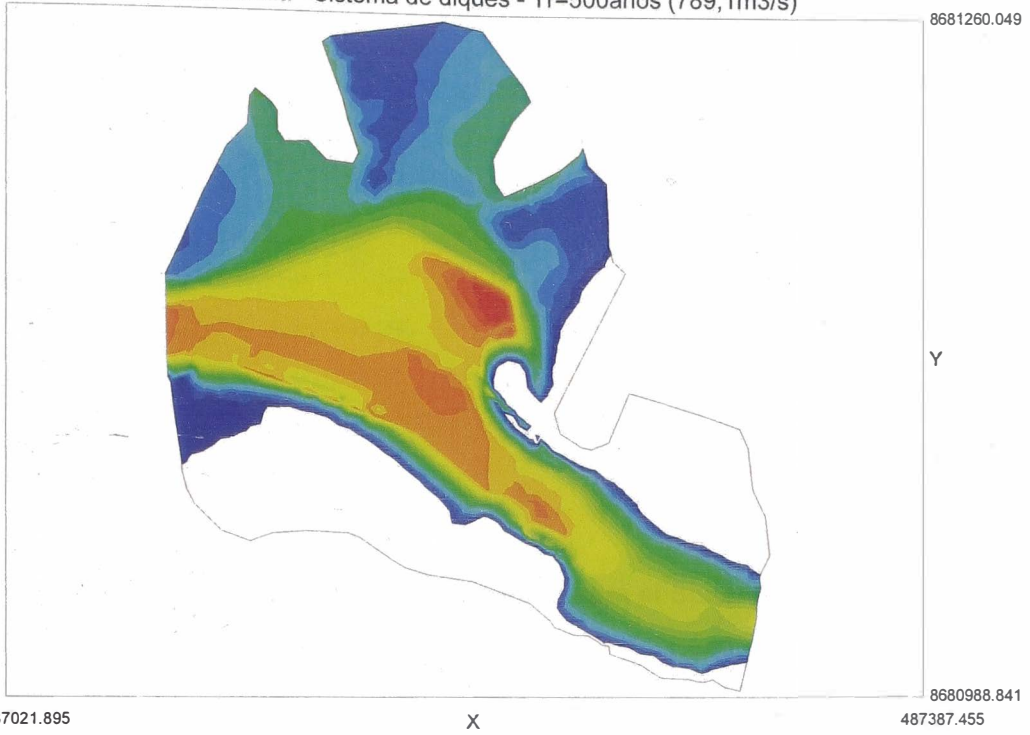


Depth



Distance
10.0 m

Puente Mavila - Sistema de diques - Tr=500años (789,1m³/s)

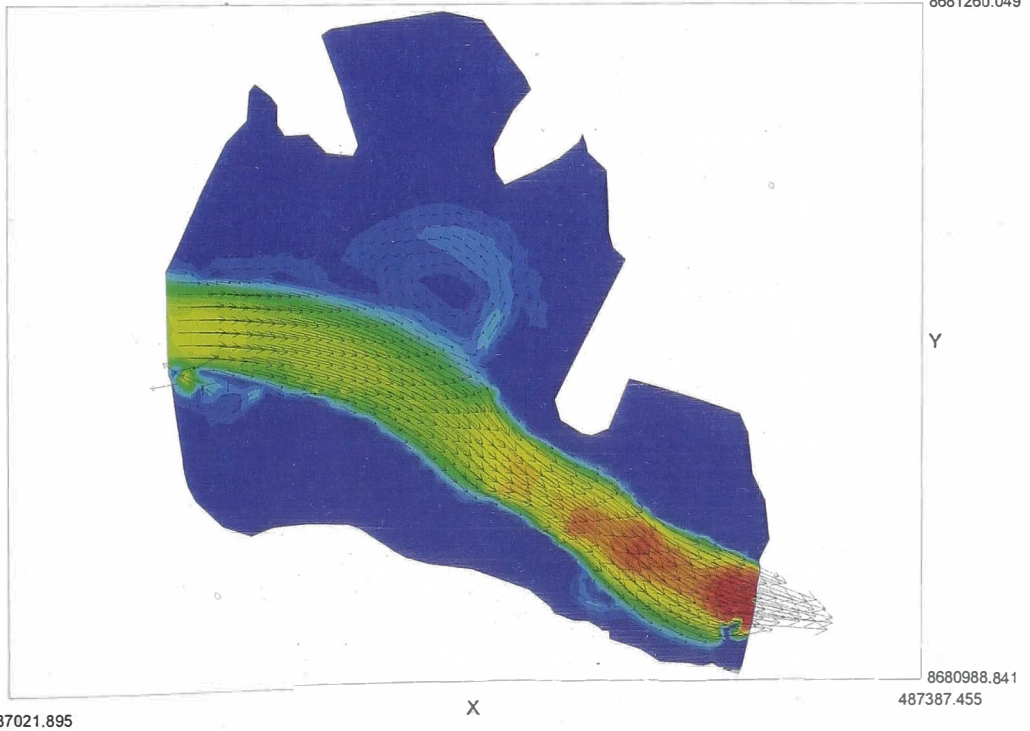


Velocity

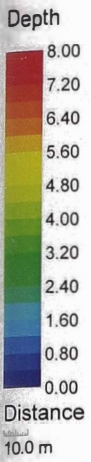


Distance
10.0 m

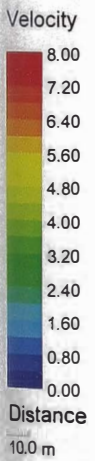
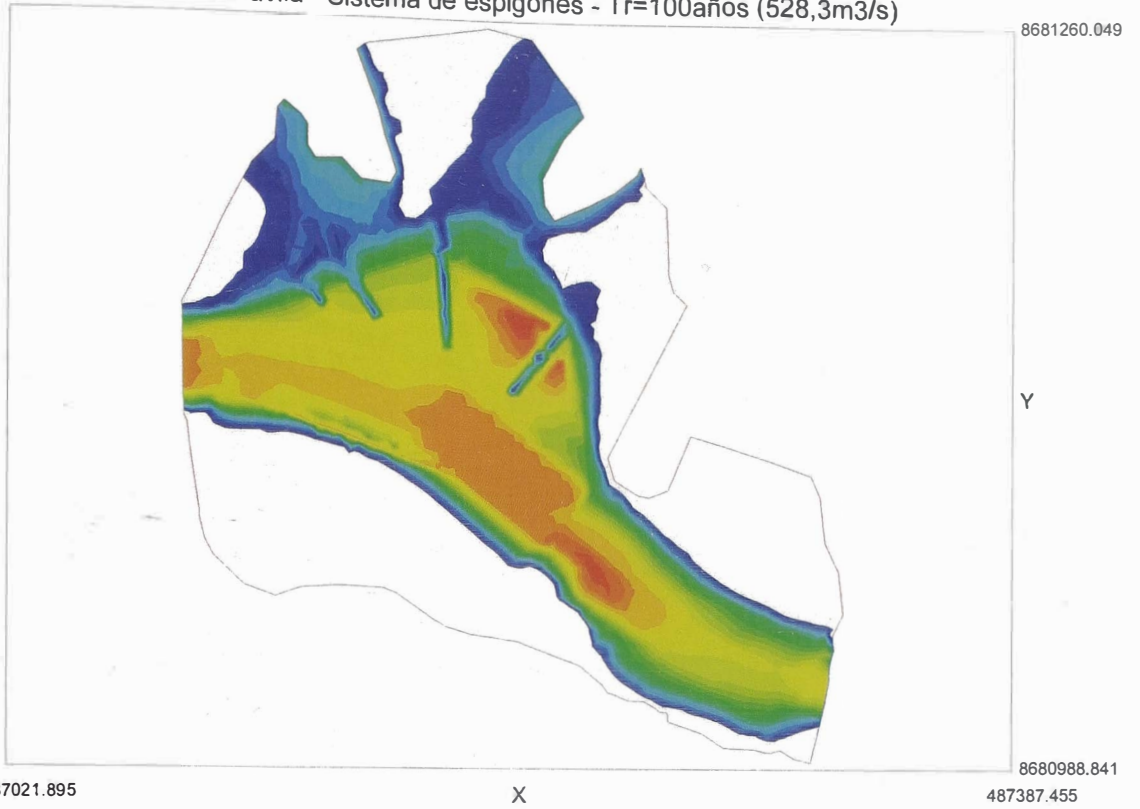
Puente Mavila - Sistema de diques - Tr=500años (789,1m³/s)



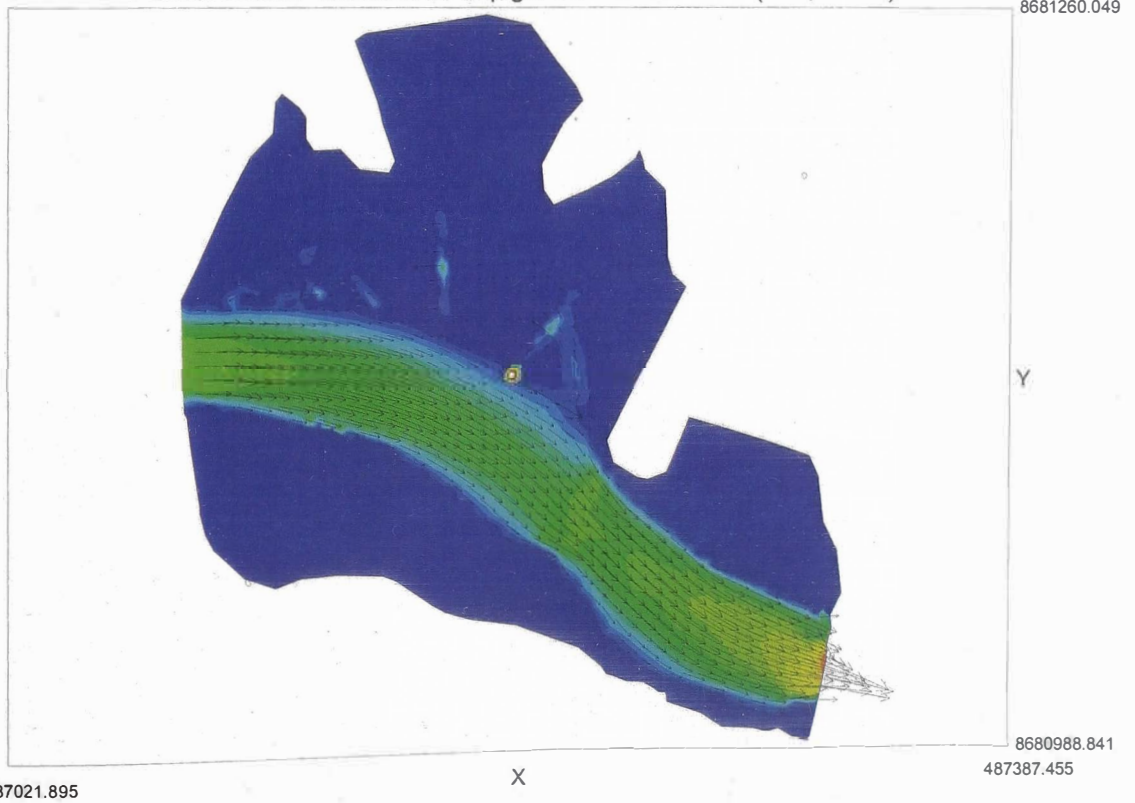
Apéndice 3.4: Modelo en River 2D para el Sistema de Espigones

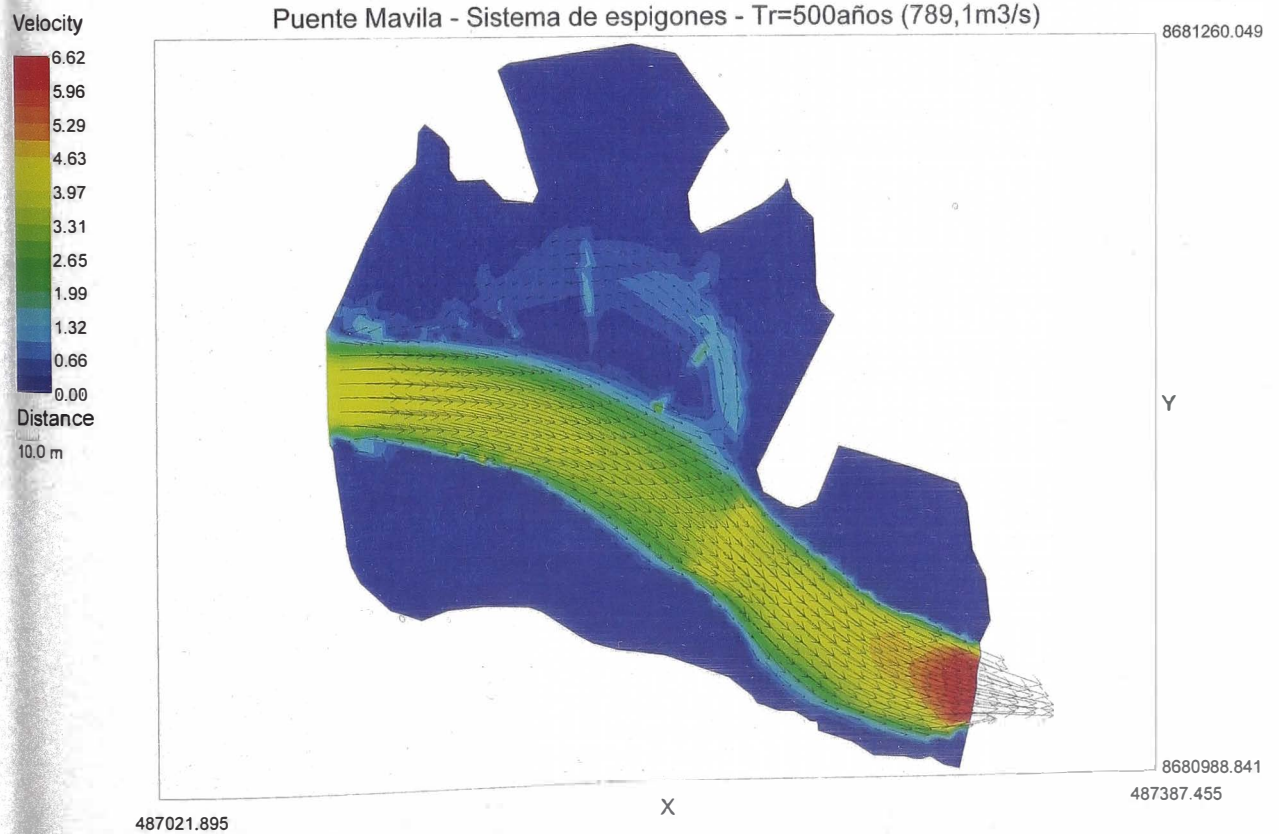
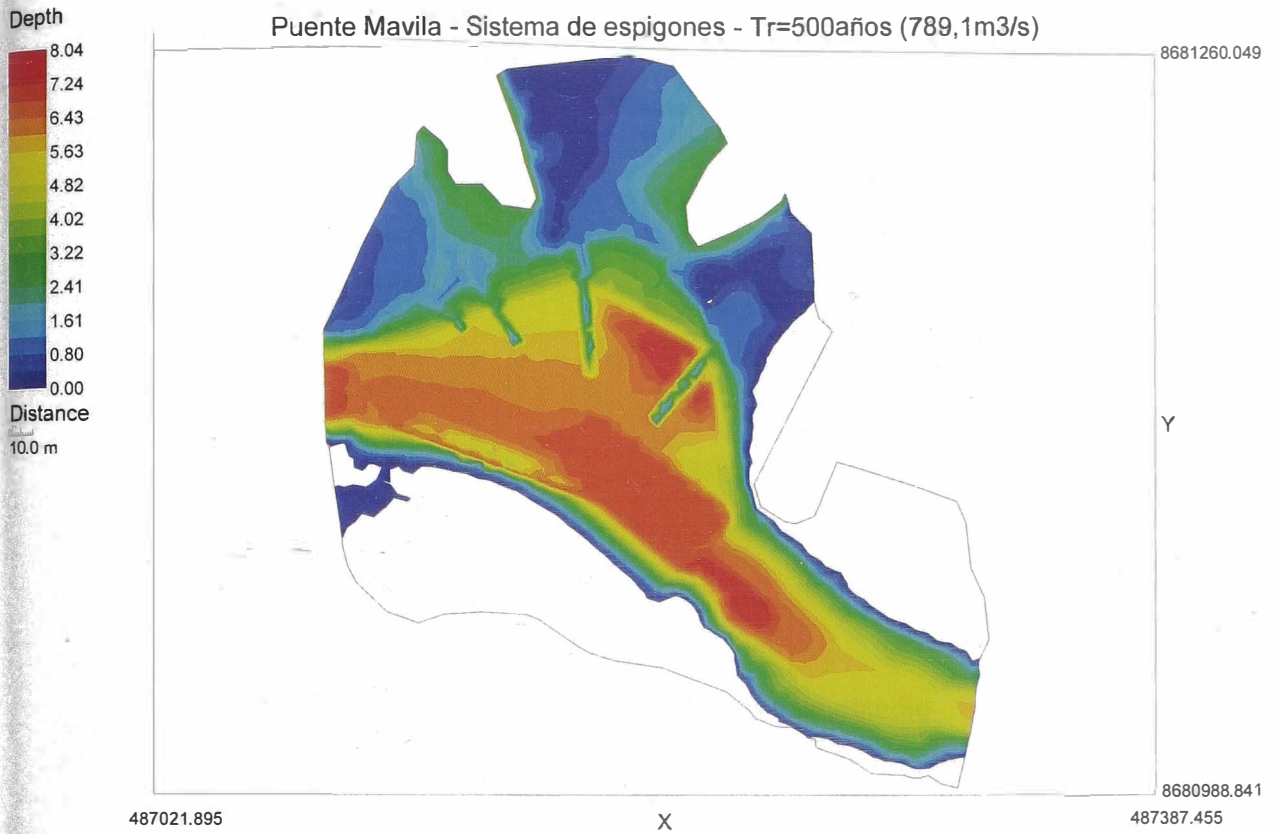


Puente Mavila - Sistema de espigones - Tr=100años (528,3m³/s)



Puente Mavila - Sistema de espigones - Tr=100años (528,3m³/s)





Anexo 4: Memorias de cálculo

LISTADO DE MEMORIAS DE CÁLCULO		
N°	Código N°	Descripción
1	MC-01	Rugosidad y cálculo de socavación en la situación actual del puente Mavila
2	MC-02	Diseño de protección de encauzamiento de la margen derecha aguas arriba del puente Mavila
3	MC-03	Diseño y cálculo de socavación en el sistema de diques guía
4	MC-04	Diseño y cálculo de socavación en el sistema de espigones

HOJA DE CÁLCULO

MAVILA-MC-01

Descripción del Trabajo: Rugosidad y cálculo de socavación en la situación actual del puente Mavila

DESARROLLO

1. RUGOSIDAD DEL RÍO MAVILA

1.1- Cauce o lecho del río

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m$$

n_b	0.012	
n_1	0.008	Moderada
n_2	0.003	Alternada ocasional
n_3	0.001	Despreciable
n_4	0.008	Pequeña
m	1.15	Apreciable

n	0.04
----------	-------------

Tabla N°01: Valores de la rugosidad base (n_b)

Tamaño medio de las partículas en el lecho del río (mm)	Valor de n_b
0.2	0.012
0.3	0.017
0.4	0.020
0.5	0.022
0.6	0.023
0.8	0.025
1.0	0.026

1.2- Llanura de inundación

$$n_o = n_b + n_1 + n_3 + n_4$$

n_b	0.012	
n_1	0.005	Moderada
n_3	0.002	Despreciable
n_4	0.1	Enorme

$$n_o = 0.12$$

$$n = n_o \sqrt{1 + \frac{C \cdot \sum A_i}{2gAL} \left(\frac{1}{n_o}\right)^2} R^{4/3}$$

Donde:

- C. : Coeficiente de arrastre (Figura N°01)
- R : Radio hidráulico (m)
- A_i : Área cubierta por vegetación (m²)
- A : Área de la sección analizada (m²)
- L : Longitud del área analizada (m)

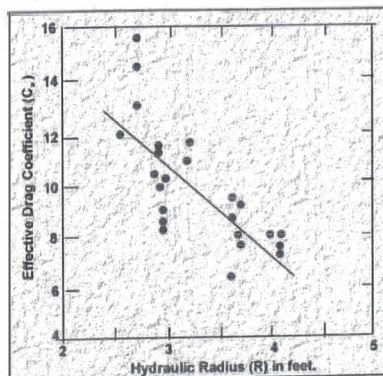
R	1.71
C.	4
A_i	23.55
A	39.25
L	10

n	0.2
----------	------------

Tabla N°02: Factores de corrección para el cálculo de rugosidad

Factor de corrección	Descripción	Valor
n_1 (Grado de irregularidad)	Liso	0.00
	Menor	0.001 – 0.005
	Moderado	0.006 – 0.010
	Severo	0.011 – 0.020
n_2 (Variación en la sección)	Gradual	0.00
	Alternado ocasional	0.001 – 0.005
	Alternado frecuente	0.001 – 0.015
n_3 (Efecto de obstrucciones)	Despreciable	0.000 – 0.004
	Menor	0.005 – 0.015
	Apreciable	0.020 – 0.030
	Severo	0.040 – 0.050
n_4 (Tamaño de la vegetación)	Pequeño	0.001 – 0.010
	Medio	0.010 – 0.025
	Largo	0.025 – 0.050
	Muy largo	0.050 – 0.100
	Enorme	0.100 – 0.200
m (Grado de sinuosidad)	Menor	1.00
	Apreciable	1.15
	Severa	1.30

Figura N°01: Coeficiente de arrastre efectivo



HOJA DE CÁLCULO
MAVILA-MC-01

Descripción del Trabajo: Rugosidad y cálculo de socavación en la situación actual del puente Mavila

DESARROLLO

1.3- Cálculo de rugosidad Absoluta (k_s)

$$k_s = \frac{12 H}{2,718^m} \quad m = \frac{H^{1/6}}{2.5 n \sqrt{g}}$$

Donde:

- H :Profundidad de agua (m)
- e :Número de euler
- n :Número de Manning
- g :Aceleración de gravedad

Para el caudal dominante Q (m³/s) : 284

Ubicación	n	H (m)	m	k_s (m)
Cauce	0.04	3	3.834	0.779
Llanura	0.2	0.3	0.522	2.135

Para el caudal promedio Tr=2,2años Q (m³/s) : 183.1

Ubicación	n	H (m)	m	k_s (m)
Cauce	0.04	2.5	3.720	0.728
Llanura	0.2	0.1	0.435	0.777

Para un caudal de Tr=100años Q (m³/s) : 528.3

Ubicación	n	H (m)	m	k_s (m)
Cauce	0.04	4	4.023	0.860
Llanura	0.2	0.8	0.615	5.189

Para un caudal de Tr=500años Q (m³/s) : 789.1

Ubicación	n	H (m)	m	k_s (m)
Cauce	0.04	5	4.175	0.923
Llanura	0.2	1.1	0.649	6.900

HOJA DE CÁLCULO

MAVILA-MC-01

Descripción del Trabajo: Rugosidad y cálculo de socavación en la situación actual del puente Mavila

DESARROLLO

2.-Socavación general transitoria - MÉTODO DE LISCHTVAN-LEBEDIEV

Este método se aplica a cauces definidos y flujo subcrítico. => Numero de Froude Fr < 1 ... (1)

Aplicación para cauces granulares y cohesivos

a. Caso de Cauces con suelo cohesivo

b. Caso de Cauces con suelo granular

$$p = \frac{Q}{Be y_{sg}^{5/2}} \left[\frac{z * (y_0)^{5/3}}{0.60 * \gamma_m^{1.18} * t} \right]^{1/(1+x)} \dots(2)$$

$$y_{sg} = \left[\frac{z * (y_0)^{5/3}}{0.68 * d_{50}^{0.28} * t} \right]^{1/(1+x)} \dots(3)$$

... (4)

Donde:

- y_{sg} : Profundidad Total de erosión general, m.
- y_0 : Tirante normal, m.
- γ_m : Peso específico del material (cohesivo), t/m^3 .
- d_{50} : diámetro medio de las partículas del suelo (granular), mm.
- t : Coeficiente que depende de la frecuencia con que se presenta la avenida de análisis, según Tabla N°03
- x : Se calcula según Tabla N°04
- p : Coeficiente de la sección, a estimar con la expresión (4)
- Be : Ancho efectivo
- y_m : Tirante medio A/Be

Tabla N°03

Tr (años)	t
0.1	
0.2	
0.3	
1	0.77
2	0.82
5	0.86
10	0.90
20	0.94
50	0.97
100	1.00
300	1.03
500	1.05
1000	1.07

Tabla N°04

γ_m	x	γ_m	x	d_{50}	x	d_{50}	x
0.80	0.52	1.20	0.39	0.05	0.43	40	0.30
0.83	0.51	1.24	0.38	0.15	0.42	60	0.29
0.86	0.50	1.28	0.37	0.50	0.41	90	0.28
0.88	0.49	1.34	0.36	1.00	0.40	140	0.27
0.90	0.48	1.40	0.35	1.50	0.39	190	0.26
0.93	0.47	1.46	0.34	2.50	0.38	250	0.25
0.96	0.46	1.52	0.33	4.00	0.37	310	0.24
0.98	0.45	1.58	0.32	6.00	0.36	370	0.23
1.00	0.44	1.64	0.31	8.00	0.35	450	0.22
1.04	0.43	1.71	0.30	10.00	0.34	570	0.21
1.08	0.42	1.80	0.29	15.00	0.33	750	0.20
1.12	0.41	1.89	0.28	20.00	0.32	1000	0.19
1.16	0.40	2.00	0.27	25.00	0.31		

Descripción del Parámetro		Unidad	Tiempo de Retorno Tr= 500 años
Q	Caudal	m ³ /s	789.1
	Nivel aguas	msnm	227.8
Be	Ancho efectivo	m	39.62
y_m	Tirante Medio	m	5.36
V	Velocidad Media	m/s	3.72
	Contracción		1
A	Area de flujo	m ²	212.25
	Tipo de suelo		Suelo Cohesivo
	Peso Especifico	Ton/m ³	1.78
			0.292
x			1.214
p	Coeficiente		1.05
t	Coeficiente		

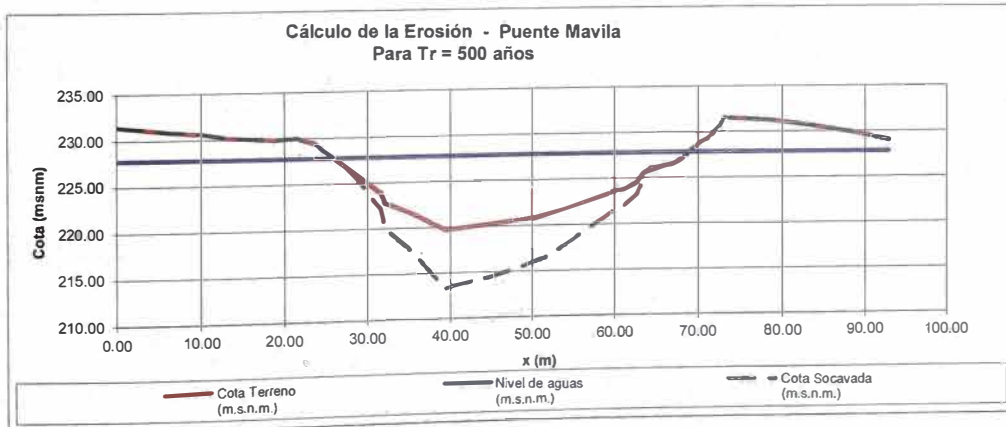
HOJA DE CÁLCULO
MAVILA-MC-01

Descripción del Trabajo: Rugosidad y cálculo de socavación en la situación actual del puente Mavila

DESARROLLO

Eje X Progresiva	Cota Terreno (m.s.n.m.)	Nivel de aguas (m.s.n.m.)	Tirante y_o (m)	Tirante Socavación y_{sg} (m)	Cota Socavada (m.s.n.m.)	Socavación (m)
0.00	231.444	227.80	0.00	0.00	231.44	0.00
4.05	231.108	227.80	0.00	0.00	231.11	0.00
6.06	230.883	227.80	0.00	0.00	230.88	0.00
10.13	230.638	227.80	0.00	0.00	230.64	0.00
13.14	230.176	227.80	0.00	0.00	230.18	0.00
18.93	229.859	227.80	0.00	0.00	229.86	0.00
21.53	230.012	227.80	0.00	0.00	230.01	0.00
23.79	229.366	227.80	0.00	0.00	229.37	0.00
24.47	228.786	227.80	0.00	0.00	228.79	0.00
27.58	226.654	227.80	1.15	1.17	226.63	0.02
29.57	225.277	227.80	2.52	3.24	224.56	0.71
31.36	224.055	227.80	3.75	5.39	222.41	1.64
31.58	223.971	227.80	3.83	5.55	222.25	1.72
31.92	223.223	227.80	4.58	6.98	220.82	2.40
32.10	222.813	227.80	4.99	7.80	220.00	2.81
35.37	221.574	227.80	6.23	10.38	217.42	4.15
39.34	219.719	227.80	8.08	14.53	213.27	6.45
45.11	220.266	227.80	7.53	13.27	214.53	5.74
48.19	220.639	227.80	7.16	12.43	215.37	5.27
51.36	221.080	227.80	6.72	11.45	216.35	4.73
52.12	221.229	227.80	6.57	11.13	216.67	4.56
55.65	222.259	227.80	5.54	8.93	218.87	3.39
60.37	223.740	227.80	4.06	5.98	221.82	1.92
60.90	223.746	227.80	4.05	5.97	221.83	1.91
62.60	224.500	227.80	3.30	4.58	223.22	1.28
63.41	225.402	227.80	2.40	3.03	224.77	0.63
64.36	226.039	227.80	1.76	2.04	225.76	0.28
64.98	226.122	227.80	1.68	1.91	225.89	0.24
65.65	226.341	227.80	1.46	1.60	226.20	0.14
67.16	226.557	227.80	1.24	1.30	226.50	0.06
68.30	227.213	227.80	0.59	0.49	227.31	0.00
70.22	228.846	227.80	0.00	0.00	228.85	0.00
70.56	229.072	227.80	0.00	0.00	229.07	0.00
71.10	229.261	227.80	0.00	0.00	229.26	0.00
72.57	230.638	227.80	0.00	0.00	230.64	0.00
73.15	231.578	227.80	0.00	0.00	231.58	0.00
75.83	231.423	227.80	0.00	0.00	231.42	0.00
79.34	231.170	227.80	0.00	0.00	231.17	0.00
83.67	230.613	227.80	0.00	0.00	230.61	0.00
89.28	229.735	227.80	0.00	0.00	229.74	0.00
92.91	229.015	227.80	0.00	0.00	229.02	0.00

Cálculo de la Erosión - Puente Mavila
Para $T_r = 500$ años



HOJA DE CÁLCULO

MAVILA-MC-01

Descripción del Trabajo: Rugosidad y cálculo de socavación en la situación actual del puente Mavila

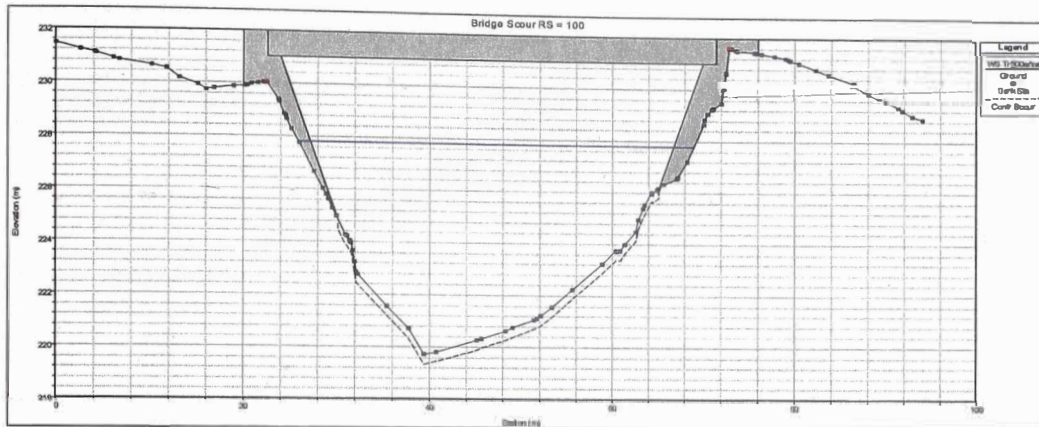
DESARROLLO

3.- Socavación por contracción

Datos de entrada:

Q	Caudal (Tr=500años)	789,1	m ³ /s
d ₅₀	Diámetro medio	0,15	mm

Resultados del HEC-HMS:



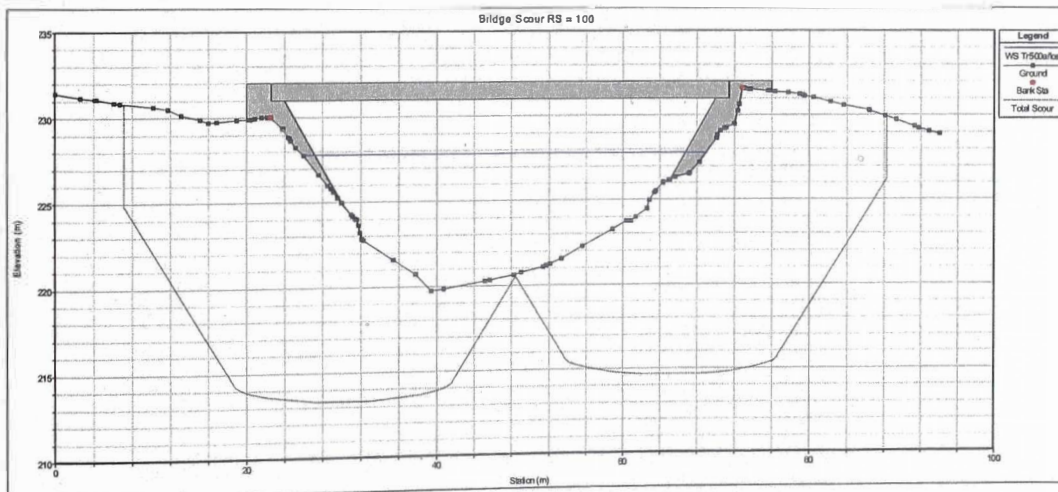
Ecuación aplicada		Live o Lecho móvil	
d _c	Socavación	0.37	m

4.- Socavación local en estribos

Datos de entrada:

Q	Caudal (Tr=500años)	789,1	m ³ /s
Tipo de estribo		Vertical con aleros	

Resultados del HEC-HMS:



Estribo		Derecho	Izquierdo
Ecuación aplicada		Froelich	Froelich
y _o	Tirante normal	8.08	8.08
y _{sl}	Tirante de socavación	11.53	11.56
d _l	Socavación (m)	3.45	3.48

HOJA DE CALCULO

MAVILA-MC-02

Descripción del Trabajo: Diseño de protección de encauzamiento margen derecha

DESARROLLO

1.- Cálculo de estabilidad de taludes

1.1.- Datos iniciales

Talud de encauzamiento		1V:2H	
Ángulo de inclinación	ϕ	26.565	°
Ángulo de fricción	ϕ_f	13	°
Cohesión	c	3.9	kPa
Peso específico	γ_m	16.7	kN/m ³
Altura del talud	H	9	m

1.2.- Aplicando el análisis de estabilidad de superficie de falla circularmente cilíndrica
Talud con suelo homogéneo

Si: $FS = FS_\phi = FS_c \dots (1)$

$$FS_\phi = \frac{\tan \phi}{\tan \phi D} \dots (2)$$

$$FS_c = \frac{c}{cD} \dots (3)$$

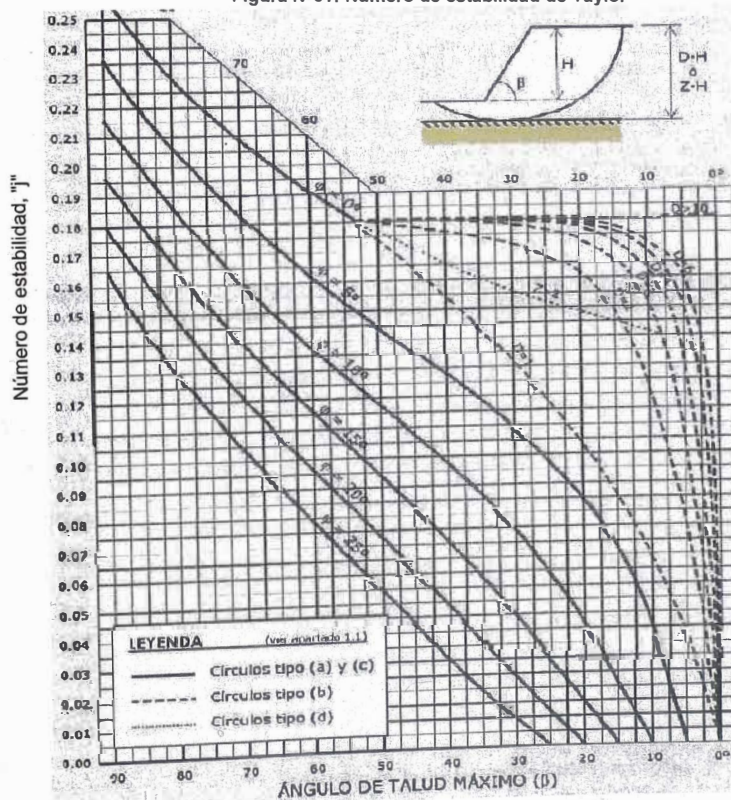
$$j = \frac{cD}{\gamma_m H} \dots (4)$$

Donde:

- ϕD Ángulo de fricción efectiva en el talud de falla
- c D Cohesión efectiva en el talud de falla
- FS_ϕ Factor de seguridad respecto al ángulo de fricción
- FS_c Factor de seguridad respecto a la cohesión
- j Factor de estabilidad de Taylor (Ver Figura N°01)

Se busca que el factor de seguridad del talud sea mayor o igual a 1.5

Figura N°01: Número de estabilidad de Taylor



HOJA DE CÁLCULO

MAVILA-MC-02

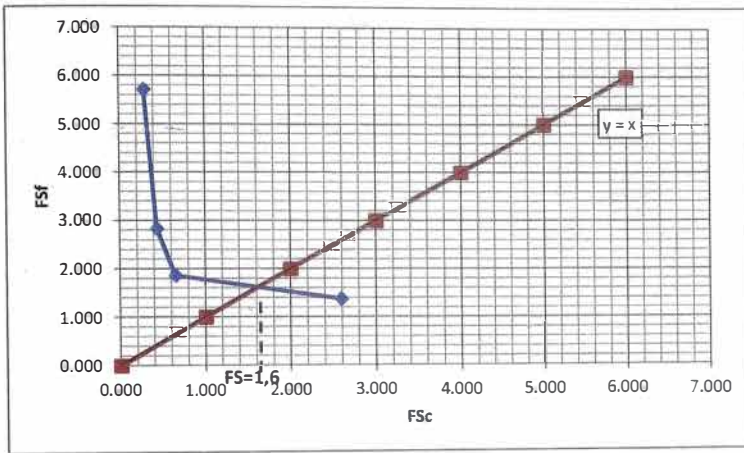
Descripción del Trabajo: Diseño de protección de encauzamiento margen derecha

DESARROLLO

Damos distintos valores al ángulo de fricción para el talud de falla (ϕ D)

ϕ D	$\tan(\phi$ D)	FS_{ϕ}	j	c D (Kn/m ²)	FS_c
20	0.364	1.374	0.01	1.503	2.595
15	0.268	1.866	0.04	6.012	0.649
10	0.176	2.836	0.06	9.018	0.432
5	0.087	5.715	0.09	13.527	0.288

Garficamos FS_{ϕ} vs FS_c



FS 1.6 > 1.5 **cumple**

HOJA DE CÁLCULO

MAVILA-MC-02

Descripción del Trabajo: Diseño de protección de encauzamiento margen derecha

DESARROLLO

2. Diseño de defensa lateral: encauzamiento

2.1.- Predimensionamiento

Geoceldas: cemento-arena
Acabado: frotachado
Velocidad máxima permitida: 10,8 m/s
Esfuerzo de tracción máximo: 980 Pa
Talud de laterales: 2 : 1 H:V

2.2.- Verificación por tracción

Esfuerzo de tracción

$$\tau_{b\text{máx}} = K_b \cdot \gamma \cdot R \cdot S \dots (5)$$

$$\tau_{s\text{máx}} = K_{bk} \cdot \gamma \cdot R \cdot S \dots (6)$$

Donde:

- K_b, K_{bk} : Factores de corrección (Ver Figura N°02)
- γ : Peso específico del agua (kg/m³)
- R : Radio hidráulico (m)
- S : Pendiente de cauce
- b_w : Ancho en la base del canal (m)
- y_o : Tirante normal (m)

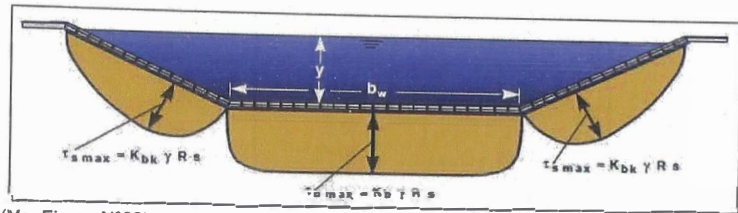
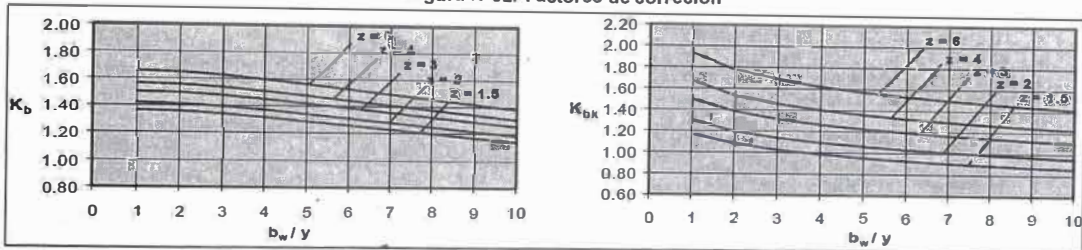


Figura N°02: Factores de corrección



Datos:

Q	528.3	m³/s (Tr=100años)
b_w	25.00	m
z	2.00	m/m
γ	1000	kg/m³
S	0.004	m/m

Progresiva	Velocidad	Tirante	b_w/y_o	R	K_b	$\tau_{b\text{máx}}$	K_{bk}	$\tau_{s\text{máx}}$
	m/s	m	m/m	m		Pa		Pa
0+000	2.21	6.64	3.8	2.63	1.39	143.45	1.1	113.52
0+010	2.96	6.46	3.9	1.76	1.39	96.00	1.1	75.97
0+020	2.37	6.59	3.8	2.48	1.39	135.27	1.1	107.05
0+030	1.67	6.72	3.7	3.7	1.38	200.36	1.05	152.45
0+040	1.38	6.78	3.7	4.25	1.38	230.14	1.05	175.11
0+050	1.25	6.83	3.7	3.92	1.38	212.27	1.05	161.51
0+060	1.08	6.88	3.6	3.76	1.38	203.61	1.05	154.92
0+070	1.02	6.93	3.6	4.06	1.38	219.85	1.05	167.28
0+080	1	7.51	3.3	4.73	1.4	259.85	1.1	204.17
0+090	1.01	8.37	3.0	5.31	1.4	291.71	1.1	229.20
0+100	0.98	9.12	2.7	4.2	1.4	230.73	1.1	181.29
0+110	1.1	8.13	3.1	3.84	1.4	210.95	1.1	165.75
0+120	1.52	7.21	3.5	5.23	1.4	287.32	1.1	225.75
0+130	2.1	6.98	3.6	4.95	1.4	271.93	1.1	213.66
0+140	5.48	5.65	4.4	2.71	1.39	147.81	1.1	116.97

Esfuerzo máximo en el fondo: 291.71 Pa **CUMPLE**
Esfuerzo máximo en el talud: 229.20 Pa **CUMPLE**

HOJA DE CÁLCULO

MAVILA-MC-02

Descripción del Trabajo: Diseño de protección de encauzamiento margen derecha

DESARROLLO

2.2.- Verificación por velocidad

Velocidad máxima admitida: 10,8 m/s

Del modelamiento hidráulico se obtuvo la velocidad en el canal y en los taludes o llanuras de inundación

Progresiva	Velocidad del canal	Veloc. margen izquierda	Veloc. Margen derecha	Veloc. Promedio en la sección
	m/s	m/s	m/s	m/s
0+000	2.21	0.17	0.12	1.52
0+010	2.96	0.48	0.12	2.25
0+020	2.37	0.38	0.21	1.64
0+030	1.67	0.22	0.2	1.18
0+040	1.38	0.16	0.14	1.13
0+050	1.25	0.16	0.06	1.11
0+060	1.08	0.14	0.07	0.91
0+070	1.02	0.14	0.09	0.83
0+080	1	0.13	0.09	0.87
0+090	1.01	0.13	0.06	0.92
0+100	0.98	0.12	0.05	0.85
0+110	1.1	0.14	0.05	0.94
0+120	1.52	0.18	0.19	1.17
0+130	2.1	0.25	0.27	1.44
0+140	5.48	1.03	0.00	4.32
Veloc. Máxima	5.48	1.03	0.27	4.32

CUMPLE

CUMPLE

CUMPLE

CUMPLE

HOJA DE CÁLCULO

MAVILA-MC-02

Descripción del Trabajo: Diseño de protección de encauzamiento margen derecha

DESARROLLO

3. Espesor del recubrimiento

3.1.- Aplicando la fórmula de Pilarczyk

$$\Delta E = 0.035 \frac{K_e}{K_s} \frac{K_T K_h}{K_p} \frac{V_*^2}{2g}$$

$$K_h = \frac{2}{\left[\log \left(\frac{12 y_m}{k_s} \right) \right]^2}$$

$$K_p = \cos(\arctg S)$$

$$v_* = \sqrt{g y_m S}$$

Donde:

Δ = Densidad relativa

E = Espesor característico del revestimiento.

V_* = Velocidad crítica o de corte (m/s)

K_e = Parámetro de estabilidad.

K_s = Parámetro crítico de Shields.

K_T = Factor de Turbulencia.

K_h = Parámetro de profundidad.

K_p = Parámetro de pendiente.

k_s = Rugosidad absoluta (m)

y_m = Tirante medio (m)

S = Pendiente del lecho de río (m/m)

Tabla N°01 Parámetro de estabilidad (K_e)

Tipo de revestimiento	Superficie continua	Bordes y transiciones
Riprap, bloques	1,0	1,5
Gabiones, geomatrics, geoceldas, geomantas	0,50 a 0,75	0,75 a 1,00

Tabla N°02 Parámetro crítico de Shields (K_s)

Tipo de Revestimiento	K_s
Riprap	0.035
Geobolsas, bloques rellenos, geoceldas	0.05
Hidrosiembra,	0.07
Gaviones	0.07
Geomantas	0.07

Tabla N°03 Parámetro de turbulencia (K_T)

Tipo de flujo	K_T
Turbulencia normal	1
Turbulencia creciente	1.5
Alta turbulencia	1.5
Salto hidráulico	2
Discusiones locales fuertes	2
Curvas agudas	2.00 (a 2.50)
Carga debido al jet de agua	3.00 (a 4.0)

HOJA DE CÁLCULO
MAVILA-MC-02

Descripción del Trabajo: Diseño de protección de encauzamiento margen derecha
DESARROLLO

3.2 Cálculo del espesor

Para un $Q = 528,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ($Tr=100$ años)

Si:

Material	Geoceldas cemento-arena	
k_s	0.86	m
y_m	9.12	m
S	0.004	m/m

Entonces:

Δ	$= (1,3-1,0)/1,0$	0.3
K_e	Superficie continua	0.75
K_s	Geoceldas	0.05
K_T	Turbulencia normal	1
K_h		0.45
K_p		1.00
V.	m/s	0.60

E	0.014	m
	14.41	mm

Nota: Se usará geoceldas de 75 mm de espesor ya que son las mínimas comerciales

HOJA DE CÁLCULO
MAVILA-MC-02

Descripción del Trabajo: Diseño de protección de encauzamiento margen derecha

DESARROLLO

4. - Socavación general transitoria (LISCHTVAN-LEBEDIEV)

Este método se aplica a cauces definidos y flujo subcrítico, => Numero de Froude

$F < 1$

Aplicación para cauces granulares y cohesivos

a. Caso de Cauces con suelo cohesivo

$$y_{sg} = \left[\frac{P * (y_0)^{5/3}}{0.60 * \gamma_m^{1.18} * t} \right]^{1/(1+x)} \quad \dots(7)$$

b. Caso de Cauces con suelo granular

$$y_{sg} = \left[\frac{P * (y_0)^{5/3}}{0.68 * d_{50}^{0.28} * t} \right]^{1/(1+x)} \quad \dots(8)$$

$$P = \frac{Q}{Bc * y_m^{2/3}} \quad \dots(9)$$

Donde:

- y_{sg} : Profundidad Total de erosión general, m.
- y_0 : Tirante normal, m.
- γ_m : Peso específico del material (cohesivo), U/m^3 .
- d_{50} : diámetro medio de las partículas del suelo (granular), mm.
- t : Coeficiente que depende de la frecuencia con que se presenta la avenida de análisis, según Tabla N°01
- x : Se calcula según Tabla N°02
- p : Coeficiente de la sección, a estimar con la expresión (9)
- Be : Ancho efectivo
- y_m : Tirante medio A/Be

Tabla (1)

Tr (años)	t
0.1	
0.2	
0.3	
1	0.77
2	0.82
5	0.86
10	0.90
20	0.94
50	0.97
100	1.00
300	1.03
500	1.05
1000	1.07

Tabla (2)

γ_m	x	γ_m	x	d_{50}	x	d_{50}	x
0.80	0.52	1.20	0.39	0.05	0.43	40	0.30
0.83	0.51	1.24	0.38	0.15	0.42	60	0.29
0.86	0.50	1.28	0.37	0.50	0.41	90	0.28
0.88	0.49	1.34	0.36	1.00	0.40	140	0.27
0.90	0.48	1.40	0.35	1.50	0.39	190	0.26
0.93	0.47	1.46	0.34	2.50	0.38	250	0.25
0.96	0.46	1.52	0.33	4.00	0.37	310	0.24
0.98	0.45	1.58	0.32	6.00	0.36	370	0.23
1.00	0.44	1.64	0.31	8.00	0.35	450	0.22
1.04	0.43	1.71	0.30	10.00	0.34	570	0.21
1.08	0.42	1.80	0.29	15.00	0.33	750	0.20
1.12	0.41	1.89	0.28	20.00	0.32	1000	0.19
1.16	0.40	2.00	0.27	25.00	0.31		

4.1.- Datos de entrada:

Tr	Tiempo de retorno	500	años
Q	Caudal	789.1	m ³ /s
	Contracción	1	
	Tipo de suelo	Suelo Cohesivo	
	Gravedad Especifica	1.67	Ton/m3
x		0.306	
t		1.05	

**HOJA DE CÁLCULO
MAVILA-MC-02**

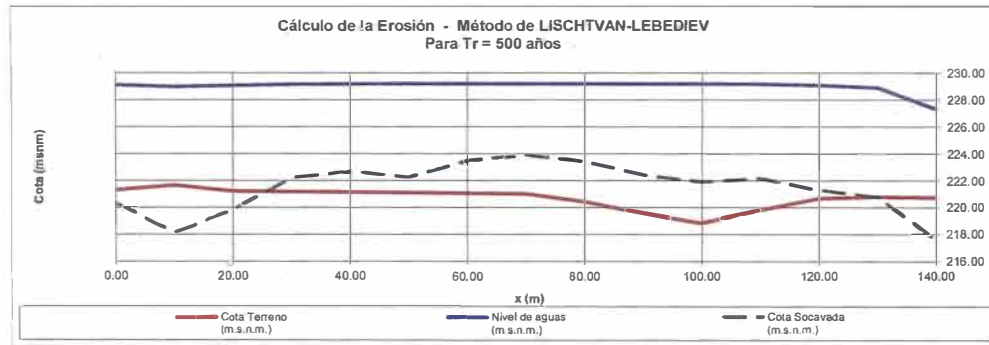
Descripción del Trabajo: Diseño de protección de encauzamiento margen derecha

DESARROLLO

4.2.- Cálculo para un caudal de $T_r = 500$ años

Progresiva	Cota Terreno (m.s.n.m.)	Nivel de aguas (m.s.n.m.)	Ancho Be (m)	Area de flujo (m ²)	Veocidad media (m/s)	Tirante medio (m)	Coefficiente p	Tirante y_o (m)	Tirante Socavación y_{sq} (m)	Cota Socavada (m.s.n.m.)	Socavación (m)
0.00	221.33	229.16	131.92	501.85	2.69	3.80	0.65	7.83	8.86	220.30	1.03
10.00	221.70	229.01	136.36	403.41	3.17	2.96	0.95	7.31	10.91	218.10	3.60
20.00	221.25	229.10	133.37	486.98	2.63	3.65	0.68	7.85	9.29	219.81	1.44
30.00	221.21	229.19	123.01	598.78	1.98	4.87	0.46	7.98	6.99	222.20	0.00
40.00	221.17	229.22	108.18	603.70	1.67	5.58	0.42	8.05	6.55	222.67	0.00
50.00	221.13	229.23	154.60	666.12	1.50	4.31	0.45	8.10	6.99	222.24	0.00
60.00	221.09	229.25	153.81	777.08	1.30	5.05	0.34	8.16	5.78	223.47	0.00
70.00	221.05	229.25	153.91	828.22	1.23	5.38	0.31	8.20	5.37	223.88	0.00
80.00	220.47	229.25	123.98	763.83	1.22	6.16	0.31	8.78	5.81	223.44	0.00
90.00	219.60	229.24	124.05	738.17	1.25	5.95	0.33	9.64	6.84	222.40	0.00
100.00	218.85	229.24	144.13	799.84	1.23	5.55	0.31	10.39	7.34	221.90	0.00
110.00	219.83	229.22	144.17	744.63	1.37	5.16	0.35	9.39	7.07	222.15	0.00
120.00	220.70	229.13	124.05	580.69	1.92	4.68	0.49	8.43	7.83	221.30	0.00
130.00	220.81	228.95	78.93	452.81	2.65	5.74	0.54	8.14	8.17	220.78	0.03
140.00	220.77	227.34	50.32	265.33	6.09	5.27	0.98	6.57	9.77	217.57	3.20

Socavación Máxima : 3.60 m



HOJA DE CÁLCULO

MAVILA-MC-03

Descripción del Trabajo: Diseño y cálculo de socavación diques guía

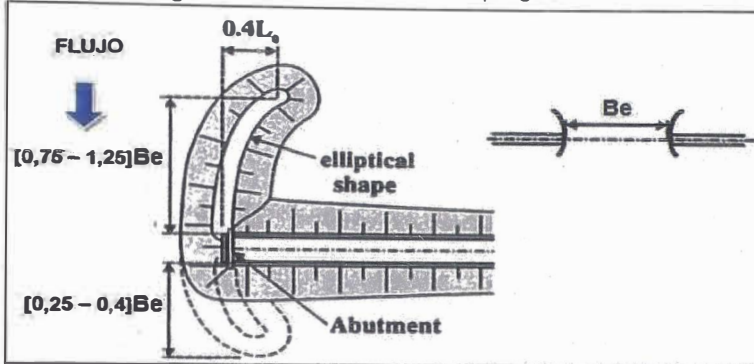
DESARROLLO

1.- Diseño geométrico del dique guía

Ecuación de la elipse:

$$\frac{x^2}{L_s^2} + \frac{y^2}{(0,4L_s)^2} = 1$$

Figura N°01 Dimensiones del dique guía



1.1.- Longitud de diseño

Datos:

Be 25.00 m

Dique aguas arriba

L_s (máx) 31.25

L (mín) 18.75

Ls 30 m

$$\frac{x^2}{30^2} + \frac{y^2}{(12)^2} = 1$$

Dique aguas abajo

L_s (máx) 10.00

L (mín) 6.25

Ls 10 m

$$\frac{x^2}{10^2} + \frac{y^2}{(4)^2} = 1$$

1.2.- Ancho de coronación 4 m

1.3.- Talud de derrame 1,3 : 1 H:V

HOJA DE CÁLCULO
MAVILA-MC-03

Descripción del Trabajo: Diseño y cálculo de socavación diques guía

DESARROLLO

2. Cálculo de esfuerzo de tracción

2.1.- Datos iniciales

Geotubo:	Geotextil tejido de polipropileno	
Esfuerzo de tracción máximo	66	kN/m
Talud de laterales	1,3:1	H:V
Long. Dique margen izquierdo	30	m
Long. Dique margen derecho	10	m

$$\tau_{sm\acute{a}x} = K_{bk} \cdot \gamma \cdot R \cdot S$$

2.2.- Verificación por tracción

Esfuerzo de tracción:

Donde:

- K_{bk} : Factores de corrección (Ver Figura N°03)
- γ : Peso específico del agua (kg/m³)
- R : Radio hidráulico (m)
- S : Pendiente de cauce
- b_w : Ancho en la base del canal (m)
- y_o : Tirante normal (m)

Figura N°02 Alineamiento de análisis para diques guía

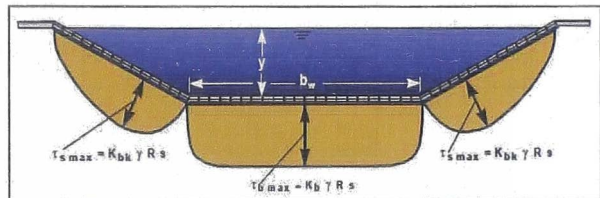
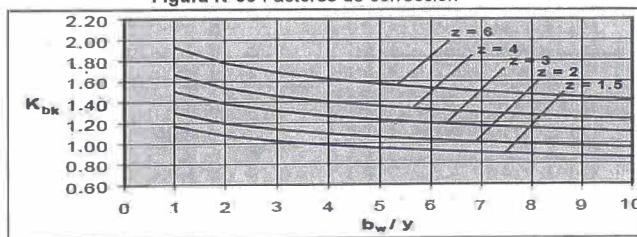


Figura N°03 Factores de corrección



Datos:

Q	528.3	m³/s	(Tr=100años)
b_w	25.00	m	
z	1.30	m/m	
γ	1000	kg/m³	
S	0.004	m/m	

Progresiva	Velocidad m/s	Tirante m	b_w/y_o m/m	R m	K_{bk}	$\tau_{sm\acute{a}x}$ Pa
0+000	1.34	4.67	5.3	4.47	0.95	166.63
0+010	3.32	5.37	4.7	4.33	0.98	166.51
0+020	4.42	4.44	5.6	3.42	0.95	127.49
0+030	4.4	4.74	5.3	3.71	0.98	142.67
0+040	4.75	5.06	4.9	3.99	1	156.57
0+050	4.3	5.41	4.6	4.21	0.98	161.90
0+060	5.06	5.10	4.9	4.09	0.95	152.47
0+070	5.69	4.41	5.7	3.57	1	140.09
0+080	5.47	4.16	6.0	3.44	1	134.99
0+090	3.57	4.30	5.8	3.42	1	134.20

Esfuerzo máximo en el talud 166.633 Pa
 Esfuerzo en talud izquierdo 5.00 kN/m CUMPLE
 Esfuerzo en talud derecho 1.67 kN/m CUMPLE

**HOJA DE CALCULO
MAVILA-MC-03**

Descripción del Trabajo: Diseño y cálculo de socavación diques guía

DESARROLLO

3. Socavación general transitoria (LISCHTVAN-LEBEDIEV)

Este método se aplica a cauces definidos y flujo subcrítico, => Numero de Froude

$$F < 1 \quad \dots (1)$$

Aplicación para cauces granulares y cohesivos

a. Caso de Cauces con suelo cohesivo

b. Caso de Cauces con suelo granular

$$y_{sg} = \left[\frac{z * (y_0)^{3/2}}{0.60 * \gamma_m^{1.18} * t} \right]^{1/(1+x)} \quad \dots(2)$$

$$y_{sg} = \left[\frac{z * (y_0)^{3/2}}{0.68 * d_{50}^{0.28} * t} \right]^{1/(1+x)} \quad \dots(3)$$

$$p = \frac{Q}{B_e * y_m^{3/2}} \quad \dots(4)$$

Donde:

- y_{sg}: Profundidad Total de erosión general, m.
- y₀: Tirante normal, m.
- γ_m: Peso específico del material (cohesivo), t/m³.
- d₅₀: diámetro medio de las partículas del suelo (granular), mm.
- t: Coeficiente que depende de la frecuencia con que se presenta la avenida de análisis, según Tabla N°01
- x: Se calcula según Tabla N°02
- p: Coeficiente de la sección, a estimar con la expresión (4)
- B_e: Ancho efectivo
- y_m: Tirante medio A/B_e

Tabla N°01

Tr (años)	t
0.1	
0.2	
0.3	
1	0.77
2	0.82
5	0.86
10	0.90
20	0.94
50	0.97
100	1.00
300	1.03
500	1.05
1000	1.07

Tabla N°02

y _m	x	y _m	x	d ₅₀	x	d ₅₀	x
0.80	0.52	1.20	0.39	0.05	0.43	40	0.30
0.83	0.51	1.24	0.38	0.15	0.42	60	0.29
0.86	0.50	1.28	0.37	0.50	0.41	90	0.28
0.88	0.49	1.34	0.36	1.00	0.40	140	0.27
0.90	0.48	1.40	0.35	1.50	0.39	190	0.26
0.93	0.47	1.46	0.34	2.50	0.38	250	0.25
0.96	0.46	1.52	0.33	4.00	0.37	310	0.24
0.98	0.45	1.58	0.32	6.00	0.36	370	0.23
1.00	0.44	1.64	0.31	8.00	0.35	450	0.22
1.04	0.43	1.71	0.30	10.00	0.34	570	0.21
1.08	0.42	1.80	0.29	15.00	0.33	750	0.20
1.12	0.41	1.89	0.28	20.00	0.32	1000	0.19
1.16	0.40	2.00	0.27	25.00	0.31		

3.1 Datos de entrada:

Tr	Tiempo de retorno	500	años
Q	Caudal	789.1	m ³ /s
	Contracción	0.94	
	Tipo de suelo	Suelo Cohesivo	
	Gravedad Especifica	1.78	Ton/m3
x		0.292	
t		1.05	

**HOJA DE CÁLCULO
MAVILA-MC-03**

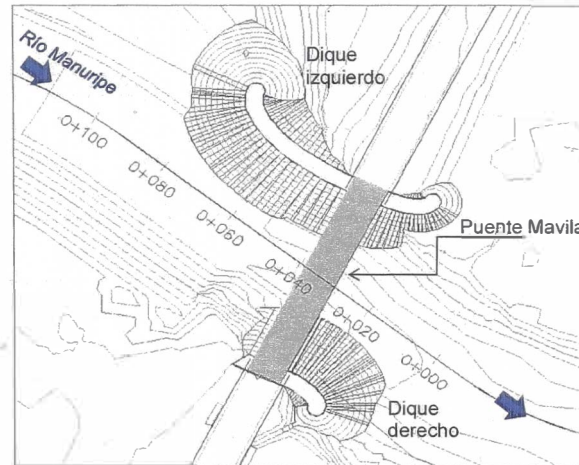
Descripción del Trabajo: Diseño y cálculo de socavación diques guía

DESARROLLO

3.2 Cálculo de socavación

Progresiva	Cota Terreno (m.s.n.m.)	Nivel de aguas (m.s.n.m.)	Ancho Be (m)	Area de flujo (m ²)	Veocidad media (m/s)	Tirante medio (m)	Coefficiente p	Tirante y _o (m)	Tirante Socavación y _{so} (m)	Cota Socavada (m.s.n.m.)	Socavación (m)
0.00	219.33	228.92	141.02	659.21	1.34	4.67	0.40	9.59	7.71	221.21	0.00
10.00	220.87	228.43	49.61	266.46	3.32	5.37	0.91	7.56	10.64	217.79	3.08
20.00	220.83	227.91	42.12	186.99	4.42	4.44	1.47	7.08	14.19	213.72	7.11
30.00	220.79	227.89	40.82	193.54	4.40	4.74	1.36	7.10	13.41	214.48	6.31
40.00	220.20	227.67	35.45	179.39	4.75	5.06	1.40	7.47	14.68	212.99	7.21
50.00	219.69	227.78	37.40	202.20	4.30	5.41	1.19	8.09	14.33	213.45	6.24
60.00	219.53	227.45	37.76	192.70	5.06	5.10	1.30	7.92	14.91	212.54	6.99
70.00	219.99	227.04	36.60	161.58	5.69	4.41	1.71	7.05	15.85	211.19	8.80
80.00	220.43	227.05	39.52	164.39	5.47	4.16	1.74	6.62	14.87	212.18	8.25
90.00	221.06	227.50	54.52	234.56	3.57	4.30	1.20	6.44	10.71	216.79	4.27

Figura N°04 Alineamiento de análisis para diques guía



HOJA DE CÁLCULO
MAVILA-MC-03

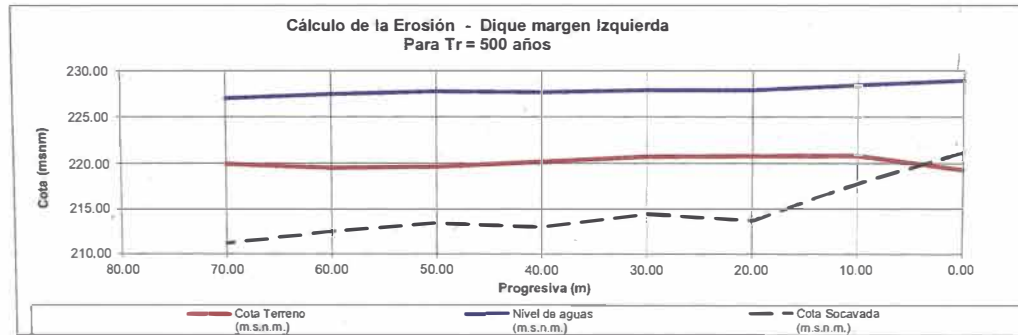
Descripción del Trabajo: Diseño y cálculo de socavación diques guía

DESARROLLO

3.3 Socavación dique margen Izquierda

Intervalo de progresivas: De 20 a 70

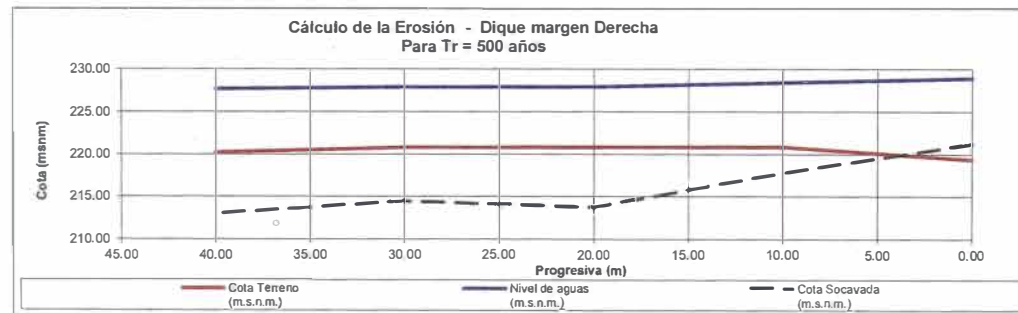
Socavación Máxima : 8.80 m



3.4 Socavación dique margen Derecha

Intervalo de progresivas: De 0 a 40

Socavación Máxima : 7.21 m



HOJA DE CÁLCULO								
MAVILA-MC-03								
Descripción del Trabajo: Diseño y cálculo de socavación diques guía								
DESARROLLO								
4.- Socavación en la punta del dique- MÉTODO DE ARTAMONOV								
4.1- Socavación general transitoria en la punta del dique								
Del ítem 3, obtenemos la socavación general en el extremo del dique guía aguas arriba del puente en la margen izquierda								
Progresiva	80							
Socavación	8.25 m							
4.2- Socavación local en la punta del dique- MÉTODO DE ARTAMONOV								
Aplicamos: $y_{sl} = K_{\theta} K_Q K_m y_o$ (Tr= 500 años)								
Donde:								
y_{sl} :	Profundidad Total de erosión, m.							
y_o :	Tirante normal, m.							
K_{θ}, K_Q, K_m :	Coefficientes de corrección (Ver tablas N°03, 04 y 05)							
Figura N°05 Esquema del caudal interceptado por los estribos								
Tabla N°03: Coeficiente de corrección K_{θ}								
θ	20°	60°	90°	120°	150°			
K_{θ}	0.84	0.94	1	1.07	1.19			
Tabla N°04: Coeficiente de corrección K_Q								
Q_1/Q	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
K_Q	2	2.65	3.22	3.45	3.67	3.87	4.06	4.2
Tabla N°05: Coeficiente de corrección K_m								
Talud m	0	0.5	1	1.5	2	3		
K_m	1	0.91	0.85	0.83	0.61	0.5		
Parámetro	Dique izquierdo aguas arriba							
y_o	9.59					m		
K_{θ}	1							
K_Q	2							
K_m	0.61							
y_{sl}	11.70					m		
Socavación local	2.11					m		

HOJA DE CÁLCULO

MAVILA-MC-04

Descripción del Trabajo: Cálculo de longitud de espigones

DESARROLLO

1.- Cálculo de la longitud de espigones

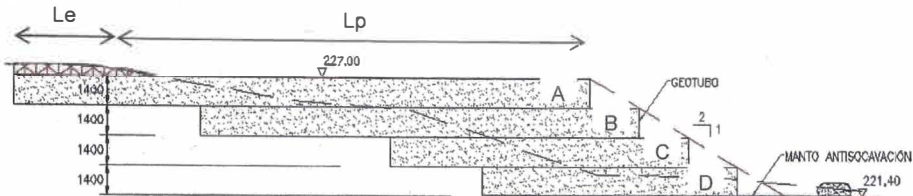
Longitud de empotramiento:

Para el 1er espigón

Geotubo A $Le = 0,25 Lt - 0,4 Lt$
Geotubos B, C y D $Le = 0,25 Lt$

Para el 2do, 3er y 4to espigón

Geotubo A $Le = 0,15 Lt - 0,2 Lt$
Geotubos B, C y D $Le = 0,25 Lt$



	A	B	C	D
Longitud 1er espigon	32.5	25	17	14.5
Longitud efectiva	24.5	20	13.6	11.6
Long de empotramiento	8	5	3.4	2.9
Long 2do espigon	55	40	34	32
Longitud efectiva	47	32	27.2	25.6
Long de empotramiento	8	8	6.8	6.4
Long 3er espigon	85	67.5	51	51
Longitud efectiva	72	54	40.8	40.8
Long de empotramiento	13	13.5	10.2	10.2
Long 4to espigon	40	42.5	37	41.5
Longitud efectiva	34	34	29.6	33.2
Long de empotramiento	6	8.5	7.4	8.3

HOJA DE CÁLCULO

MAVILA-MC-04

Descripción del Trabajo: Cálculo de socavación en el Espigón 1

DESARROLLO

2.- CÁLCULO DE SOCAVACIÓN E EL ESPIGÓN 1

2.1 SOCAVACIÓN GENERAL TRANSITORIA - MÉTODO DE LISCHTVAN-LEBEDIEV

Este método se aplica a cauces definidos y flujo subcrítico, => Numero de Froude F < 1 ... (1)

Aplicación para cauces granulares y cohesivos

a. Caso de Cauces con suelo cohesivo

b. Caso de Cauces con suelo granular

$$y_{sg} = \left[\frac{z * (y_0)^{5/3}}{0.60 * \gamma_m^{1.18} * t} \right]^{1/(1+x)} \dots (2)$$

$$y_{sg} = \left[\frac{z * (y_0)^{5/3}}{0.68 * d_{50}^{0.28} * t} \right]^{1/(1+x)} \dots (3)$$

$$p = \frac{Q}{Be * y_m^{3/2}} \dots (4)$$

Donde:

- y_{sg} : Profundidad Total de erosión general, m.
- y_0 : Tirante normal, m.
- γ_m : Peso específico del material (cohesivo), t/m^3 .
- d_{50} : diámetro medio de las partículas del suelo (granular), mm.
- t : Coeficiente que depende de la frecuencia con que se presenta la avenida de análisis, según Tabla (1)
- x : Se calcula según Tabla (2)
- p : Coeficiente de la sección, a estimar con la expresión (4)
- Be : Ancho efectivo
- y_m : Tirante medio A/Be

Tabla (1)

Tr (años)	t
0.1	
0.2	
0.3	
1	0.77
2	0.82
5	0.86
10	0.90
20	0.94
50	0.97
100	1.00
300	1.03
500	1.05
1000	1.07

Tabla (2)

γ_m	x	γ_m	x	d_{50}	x	d_{50}	x
0.80	0.52	1.20	0.39	0.05	0.43	40	0.30
0.83	0.51	1.24	0.38	0.15	0.42	60	0.29
0.86	0.50	1.28	0.37	0.50	0.41	90	0.28
0.88	0.49	1.34	0.36	1.00	0.40	140	0.27
0.90	0.48	1.40	0.35	1.50	0.39	190	0.26
0.93	0.47	1.46	0.34	2.50	0.38	250	0.25
0.96	0.46	1.52	0.33	4.00	0.37	310	0.24
0.98	0.45	1.58	0.32	6.00	0.36	370	0.23
1.00	0.44	1.64	0.31	8.00	0.35	450	0.22
1.04	0.43	1.71	0.30	10.00	0.34	570	0.21
1.08	0.42	1.80	0.29	15.00	0.33	750	0.20
1.12	0.41	1.89	0.28	20.00	0.32	1000	0.19
1.16	0.40	2.00	0.27	25.00	0.31		

Descripción del Parámetro		Unidad	Tiempo de Retorno Tr= 500 años
Q	Caudal	m ³ /s	789.1
	Nivel aguas	msnm	229.1
Be	Ancho	m	133.4
y_m	Tirante Medio	m	3.7
V	Velocidad Media	m/s	2.6
	Contracción		1.0
A	Area de flujo	m ²	487.0
	Tipo de suelo		Suelo Cohesivo
	Gravedad Especifica	Ton/m3	1.78
x			0.3
p	Alfa		0.7
t	Beta		1.1

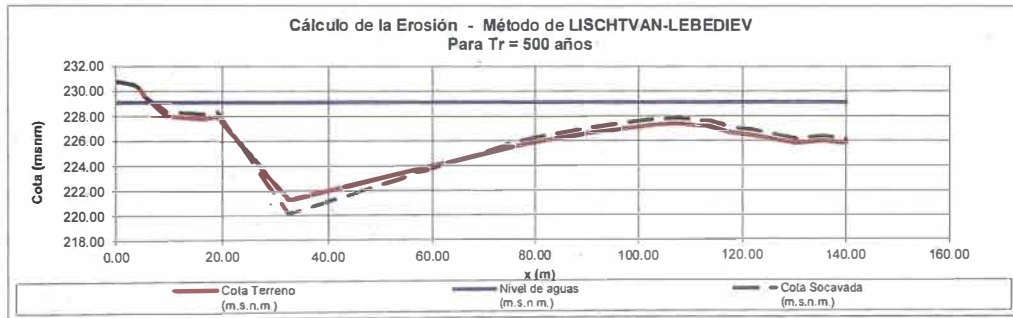
HOJA DE CÁLCULO
MAVILA-MC-04

Descripción del Trabajo: Cálculo de socavación en el Espigón 1

DESARROLLO

Eje X	Cota Terreno (m.s.n.m.)	Nivel de aguas (m.s.n.m.)	Tirante y_0 (m)	Tirante Socavación y_{sp} (m)	Cota Socavada (m.s.n.m.)	Socavación (m)
0.00	230.789	229.10	0.00	0.00	230.79	0.00
3.45	230.522	229.10	0.00	0.00	230.52	0.00
4.26	230.289	229.10	0.00	0.00	230.29	0.00
5.29	229.611	229.10	0.00	0.00	229.61	0.00
9.46	227.984	229.10	1.12	0.72	228.38	0.00
9.69	227.961	229.10	1.14	0.74	228.36	0.00
16.29	227.753	229.10	1.35	0.92	228.18	0.00
19.09	227.956	229.10	1.14	0.75	228.35	0.00
32.50	221.250	229.10	7.85	8.97	220.13	1.12
76.12	225.560	229.10	3.54	3.21	225.89	0.00
76.84	225.609	229.10	3.49	3.15	225.95	0.00
82.31	226.049	229.10	3.05	2.65	226.45	0.00
90.23	226.581	229.10	2.52	2.07	227.03	0.00
93.40	226.775	229.10	2.32	1.87	227.23	0.00
101.79	227.202	229.10	1.90	1.44	227.66	0.00
103.43	227.279	229.10	1.82	1.36	227.74	0.00
107.75	227.364	229.10	1.74	1.28	227.82	0.00
112.18	227.131	229.10	1.97	1.51	227.59	0.00
113.47	227.173	229.10	1.93	1.47	227.63	0.00
117.62	226.636	229.10	2.46	2.01	227.09	0.00
121.80	226.421	229.10	2.68	2.24	226.86	0.00
130.31	225.773	229.10	3.33	2.96	226.14	0.00
131.46	225.811	229.10	3.29	2.92	226.18	0.00
135.45	225.967	229.10	3.13	2.74	226.36	0.00
140.00	225.758	229.10	3.34	2.98	226.12	0.00

Socavación Máxima : 1.12 m



2.2 SOCAVACIÓN LOCAL - MÉTODO DE LIU

De las ecuaciones:
Si $Lp/y_0 < 25$

$$d_l = K_\theta k_2 Lp^{0.40} y_0^{0.04} Fr^{0.33}$$

$$K_\theta = \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0.11}$$

Donde:

$$k_2 = 1,1$$

(talud o derrame)

$$k_2 = 2,15$$

(contorno vertical)

Si $Lp/y_0 > 25$

$$d_l = 4 y_0 Fr^{0.33}$$



Datos de entrada:

Lp	Longitud efectiva del espigón	9	m
y_0	Tirante normal	7.85	m
Fr	Número de Froud	0.36	
k_2	Coficiente de forma	1.1	(talud)
θ	Angulo de inclinación del espigón	75	°
K_θ	Coficiente de inclinación	0.98	
Lp/y_0		1.15	<25
d_l	Altura de socavación local	2.09	m

HOJA DE CÁLCULO
MAVILA-MC-04

Descripción del Trabajo: Cálculo de socavación en el Espigón 2

DESARROLLO

3.- CÁLCULO DE SOCAVACIÓN E EL ESPIGÓN 1
3.1 SOCAVACIÓN GENERAL TRANSITORIA - MÉTODO DE LISCHTVAN-LEBEDIEV

Este método se aplica a cauces definidos y flujo subcrítico, => Número de Froude $F < 1$... (1)

Aplicación para cauces granulares y cohesivos

a. Caso de Cauces con suelo cohesivo

$$y_{sg} = \left[\frac{z * (y_0)^{5/3}}{0.60 * \gamma_m^{1.18} * t} \right]^{1/(1+x)} \dots (2)$$

b. Caso de Cauces con suelo granular

$$y_{sg} = \left[\frac{z * (y_0)^{5/3}}{0.68 * d_{50}^{0.28} * t} \right]^{1/(1+x)} \dots (3)$$

$$p = \frac{Q}{Be * y_m^2} \dots (4)$$

Donde:

- y_{sg} : Profundidad Total de erosión general, m.
- y_0 : Tirante normal, m.
- γ_m : Peso específico del material (cohesivo), t/m^3 .
- d_{50} : diámetro medio de las partículas del suelo (granular), mm.
- t : Coeficiente que depende de la frecuencia con que se presenta la avenida de análisis, según Tabla (1)
- x : Se calcula según Tabla (2)
- p : Coeficiente de la sección, a estimar con la expresión (4)
- Be : Ancho efectivo
- y_m : Tirante medio A/Be

Tabla (1)

Tr (años)	β
0.1	
0.2	
0.3	
1	0.77
2	0.82
5	0.86
10	0.90
20	0.94
50	0.97
100	1.00
300	1.03
500	1.05
1000	1.07

Tabla (2)

y_d	x	y_d	x	dm	x	dm	x
0.80	0.52	1.20	0.39	0.05	0.43	40	0.30
0.83	0.51	1.24	0.38	0.15	0.42	60	0.29
0.86	0.50	1.28	0.37	0.50	0.41	90	0.28
0.88	0.49	1.34	0.36	1.00	0.40	140	0.27
0.90	0.48	1.40	0.35	1.50	0.39	190	0.26
0.93	0.47	1.46	0.34	2.50	0.38	250	0.25
0.96	0.46	1.52	0.33	4.00	0.37	310	0.24
0.98	0.45	1.58	0.32	6.00	0.36	370	0.23
1.00	0.44	1.64	0.31	8.00	0.35	450	0.22
1.04	0.43	1.71	0.30	10.00	0.34	570	0.21
1.08	0.42	1.80	0.29	15.00	0.33	750	0.20
1.12	0.41	1.89	0.28	20.00	0.32	1000	0.19
1.16	0.40	2.00	0.27	25.00	0.31		

Descripción del Parámetro		Unidad	Tiempo de Retorno $T_r = 500$ años
Q	Caudal	m^3/s	789.1 °
	Nivel aguas	msnm	229.2
Be	Ancho	m	108.2
y_m	Tirante Medio	m	5.6
V	Velocidad Media	m/s	1.7
	Contracción		1.0
A	Area de flujo	m^2	603.7
	Tipo de suelo		Suelo Cohesivo
	Gravedad Especifica	Ton/m3	1.78
x			0.3
p	Alfa		0.4
t	Beta		1.1

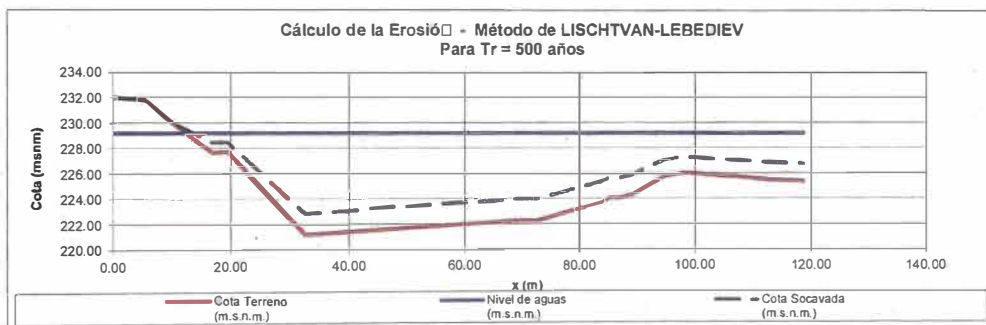
HOJA DE CÁLCULO
MAVILA-MC-04

Descripción del Trabajo: Cálculo de socavación en el Espigón 2

DESARROLLO

Eje X	Cota Terreno (m.s.n.m.)	Nivel de aguas (m.s.n.m.)	Tirante y_0 (m)	Tirante Socavación y_{eg} (m)	Cota Socavada (m.s.n.m.)	Socavación (m)
0.00	231.983	229.22	0.00	0.00	231.98	0.00
5.39	231.793	229.22	0.00	0.00	231.79	0.00
9.70	230.121	229.22	0.00	0.00	230.12	0.00
16.86	227.649	229.22	1.57	0.77	228.45	0.00
19.43	227.706	229.22	1.51	0.73	228.49	0.00
32.52	221.170	229.22	8.05	6.30	222.92	0.00
69.71	222.275	229.22	6.94	5.21	224.01	0.00
72.59	222.258	229.22	6.96	5.23	223.99	0.00
83.84	223.741	229.22	5.48	3.84	225.38	0.00
85.36	224.080	229.22	5.14	3.53	225.69	0.00
86.90	224.046	229.22	5.17	3.57	225.65	0.00
89.15	224.311	229.22	4.91	3.33	225.89	0.00
92.74	225.275	229.22	3.94	2.51	226.71	0.00
94.72	225.749	229.22	3.47	2.13	227.09	0.00
98.08	226.024	229.22	3.20	1.92	227.30	0.00
99.46	226.002	229.22	3.22	1.93	227.29	0.00
104.14	225.782	229.22	3.44	2.10	227.12	0.00
106.89	225.727	229.22	3.49	2.15	227.07	0.00
107.19	225.709	229.22	3.51	2.16	227.06	0.00
112.86	225.464	229.22	3.76	2.36	226.86	0.00
117.76	225.388	229.22	3.83	2.42	226.80	0.00
118.54	225.351	229.22	3.87	2.45	226.77	0.00

Socavación Máxima : 0.00 m



3.2 SOCAVACIÓN LOCAL - MÉTODO DE LIU

De las ecuaciones:

Si $L_p/y_0 < 25$

$$d_l = K_\theta k_2 \cdot L_p^{0.40} \cdot y_0^{0.06} \cdot Fr^{0.33}$$

Si $L_p/y_0 > 25$

$$d_l = K_\theta \cdot 4 \cdot y_0 \cdot Fr^{0.33}$$

Donde:

$$K_\theta = \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0.13}$$

$k_2 = 1,1$ (talud o derrame)
 $k_2 = 2,15$ (contorno vertical)



Datos de entrada:

L_p	Longitud efectiva del espigón	27	m
y_0	Tirante normal	8.05	m
Fr	Número de Froud	0.36	0.2
k_2	Coficiente de forma	1.1	(talud)
θ	Angulo de inclinación del espigón	75	°
K_θ	Coficiente de inclinación	0.98	
L_p/y_0		3.35	<25
d_l	Altura de socavación local	3.25	m

HOJA DE CÁLCULO

MAVILA-MC-04

Descripción del Trabajo: Cálculo de socavación en el Espigón 3

DESARROLLO

4.- CÁLCULO DE SOCAVACIÓN E EL ESPIGÓN 1

4.1 SOCAVACIÓN GENERAL TRANSITORIA - MÉTODO DE LISCHTVAN-LEBEDIEV

Este método se aplica a cauces definidos y flujo subcrítico, => Numero de Froude $F < 1$... (1)

Aplicación para cauces granulares y cohesivos

a. Caso de Cauces con suelo cohesivo

$$y_{sg} = \left[\frac{z * (y_0)^{5/3}}{0.60 * \gamma_m^{1.18} * t} \right]^{1/(1+x)} \dots(2)$$

b. Caso de Cauces con suelo granular

$$y_{sg} = \left[\frac{z * (y_0)^{5/3}}{0.68 * d_{50}^{0.28} * t} \right]^{1/(1+x)} \dots(3)$$

$$p = \frac{Q}{Be * y_m^{3/2}} \dots(4)$$

Donde:

y_{sg} : Profundidad Total de erosión general, m.

y_0 : Tirante normal, m.

γ_m : Peso específico del material (cohesivo), t/m^3 .

d_{50} : diámetro medio de las partículas del suelo (granular), mm.

t : Coeficiente que depende de la frecuencia con que se presenta la avenida de análisis, según Tabla (1)

x : Se calcula según Tabla (2)

p : Coeficiente de la sección, a estimar con la expresión (4)

Be : Ancho efectivo

y_m : Tirante medio A/Be

Tabla (1)

Tr (años)	β
0.1	
0.2	
0.3	
1	0.77
2	0.82
5	0.86
10	0.90
20	0.94
50	0.97
100	1.00
300	1.03
500	1.05
1000	1.07

Tabla (2)

yd	x	yd	x	dm	x	dm	x
0.80	0.52	1.20	0.39	0.05	0.43	40	0.30
0.83	0.51	1.24	0.38	0.15	0.42	60	0.29
0.86	0.50	1.28	0.37	0.50	0.41	90	0.28
0.88	0.49	1.34	0.36	1.00	0.40	140	0.27
0.90	0.48	1.40	0.35	1.50	0.39	190	0.26
0.93	0.47	1.46	0.34	2.50	0.38	250	0.25
0.96	0.46	1.52	0.33	4.00	0.37	310	0.24
0.98	0.45	1.58	0.32	6.00	0.36	370	0.23
1.00	0.44	1.64	0.31	8.00	0.35	450	0.22
1.04	0.43	1.71	0.30	10.00	0.34	570	0.21
1.08	0.42	1.80	0.29	15.00	0.33	750	0.20
1.12	0.41	1.89	0.28	20.00	0.32	1000	0.19
1.16	0.40	2.00	0.27	25.00	0.31		

Descripción del Parámetro		Unidad	Tempo de Retorno
			$T_r = 500$ años
Q	Caudal	m^3/s	789.1
	Nivel aguas	msnm	229.3
Be	Ancho	m	153.9
y_m	Tirante Medio	m	5.4
V	Velocidad Media	m/s	1.2
	Contracción		1.0
A	Area de flujo	m^2	828.2
	Tipo de suelo		Suelo Cohesivo
	Gravedad Específica	Ton/m3	1.78
x			0.3
p	Alfa		0.3
t	Beta		1.1

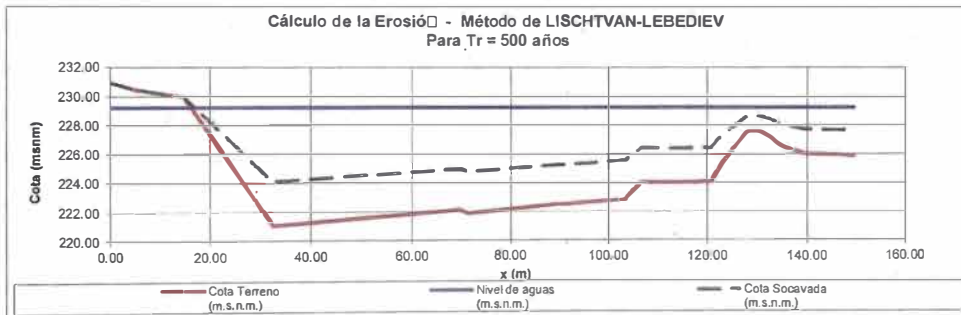
HOJA DE CÁLCULO
MAVILA-MC-04

Descripción del Trabajo: Cálculo de socavación en el Espigón 3

DESARROLLO

Eje X	Cota Terreno (m.s.n.m.)	Nivel de aguas (m.s.n.m.)	Tirante y_0 (m)	Tirante Socavación y_{s0} (m)	Cota Socavada (m.s.n.m.)	Socavación (m)
0.00	230.935	229.25	0.00	0.00	230.94	0.00
5.11	230.452	229.25	0.00	0.00	230.45	0.00
12.56	230.068	229.25	0.00	0.00	230.07	0.00
14.62	229.992	229.25	0.00	0.00	229.99	0.00
32.50	221.050	229.25	8.20	5.15	224.10	0.00
69.66	222.129	229.25	7.12	4.29	224.96	0.00
71.04	221.880	229.25	7.37	4.49	224.76	0.00
89.44	222.500	229.25	6.75	4.01	225.24	0.00
89.64	222.498	229.25	6.75	4.01	225.24	0.00
103.49	222.853	229.25	6.40	3.74	225.51	0.00
103.79	223.009	229.25	6.24	3.62	225.63	0.00
106.80	224.033	229.25	5.22	2.87	226.38	0.00
109.17	224.024	229.25	5.23	2.88	226.37	0.00
110.76	224.026	229.25	5.22	2.88	226.37	0.00
117.33	224.037	229.25	5.21	2.87	226.38	0.00
119.79	224.097	229.25	5.15	2.83	226.42	0.00
120.68	224.066	229.25	5.18	2.85	226.40	0.00
122.91	225.343	229.25	3.91	1.98	227.27	0.00
128.09	227.595	229.25	1.66	0.65	228.60	0.00
130.45	227.597	229.25	1.65	0.65	228.60	0.00
132.33	227.260	229.25	1.99	0.83	228.42	0.00
134.88	226.559	229.25	2.69	1.22	228.03	0.00
139.45	226.011	229.25	3.24	1.55	227.70	0.00
146.58	225.937	229.25	3.31	1.60	227.65	0.00
149.37	225.856	229.25	3.39	1.65	227.60	0.00

Socavación Máxima : 0.00 m



4.2 SOCAVACIÓN LOCAL - MÉTODO DE LIU

De las ecuaciones:

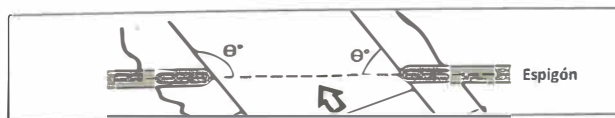
Si $L_p/y_0 < 25$ $d_l = K_\theta k_2 L_p^{0.40} y_0^{0.06} Fr^{0.33}$

$K_\theta = \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0.43}$

Donde:

$k_2 = 1,1$ (talud o derrame)
 $k_2 = 2,15$ (contorno vertical)

Si $L_p/y_0 > 25$ $d_l = K_\theta 4 y_0 Fr^{0.33}$



Datos de entrada:

L_p	Longitud efectiva del espigón	51	m
y_0	Tirante normal	8.2	m
Fr	Número de Froud	0.2	
k_2	Coficiente de forma	1.1	(talud)
θ	Angulo de inclinación del espigón	75	°
K_θ	Coficiente de inclinación	0.98	
L_p/y_0		6.22	<25
d_l	Altura de socavación local	3.45	m

HOJA DE CALCULO																																																																																																																																																							
MAVILA-MC-04																																																																																																																																																							
Descripción del Trabajo: Cálculo de socavación e el Espigón 4																																																																																																																																																							
DESARROLLO																																																																																																																																																							
5.- CÁLCULO DE SOCAVACIÓN E EL ESPIGÓN 1																																																																																																																																																							
5.1 SOCAVACIÓN GENERAL TRANSITORIA - MÉTODO DE LISCHTVAN-LEBEDIEV																																																																																																																																																							
Este método se aplica a cauces definidos y flujo subcrítico, => Numero de Froude F < 1 ... (1)																																																																																																																																																							
Aplicación para cauces granulares y cohesivos																																																																																																																																																							
a. Caso de Cauces con suelo cohesivo	b. Caso de Cauces con suelo granular																																																																																																																																																						
$y_{sg} = \left[\frac{z * (y_0)^{5/3}}{0.60 * \gamma_m^{1.18} * t} \right]^{1/(1+x)} \dots(2)$	$y_{sg} = \left[\frac{z * (y_0)^{5/3}}{0.68 * d_{50}^{0.28} * t} \right]^{1/(1+x)} \dots(3)$																																																																																																																																																						
$p = \frac{Q}{Be * y_m^x} \dots(4)$																																																																																																																																																							
Donde:																																																																																																																																																							
y _{sg} : Profundidad Total de erosión-general, m.																																																																																																																																																							
y ₀ : Tirante normal, m.																																																																																																																																																							
γ _m : Peso específico del material (cohesivo), t/m ³ .																																																																																																																																																							
d ₅₀ diámetro medio de las partículas del suelo (granular), mm.																																																																																																																																																							
t : Coeficiente que depende de la frecuencia con que se presenta la avenida de análisis, según Tabla (1)																																																																																																																																																							
x : Se calcula según Tabla (2)																																																																																																																																																							
p : Coeficiente de la sección, a estimar con la expresión (4)																																																																																																																																																							
Be: Ancho efectivo																																																																																																																																																							
y _m : Tirante medio A/Be																																																																																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Tabla (1)</th> <th colspan="8" style="text-align: center;">Tabla (2)</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Tr (años)</th> <th style="text-align: center;">β</th> <th style="text-align: center;">yd</th> <th style="text-align: center;">x</th> <th style="text-align: center;">yd</th> <th style="text-align: center;">x</th> <th style="text-align: center;">dm</th> <th style="text-align: center;">x</th> <th style="text-align: center;">dm</th> <th style="text-align: center;">x</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.1</td><td></td><td>0.80</td><td>0.52</td><td>1.20</td><td>0.39</td><td>0.05</td><td>0.43</td><td>40</td><td>0.30</td></tr> <tr><td>0.2</td><td></td><td>0.83</td><td>0.51</td><td>1.24</td><td>0.38</td><td>0.15</td><td>0.42</td><td>60</td><td>0.29</td></tr> <tr><td>0.3</td><td></td><td>0.86</td><td>0.50</td><td>1.28</td><td>0.37</td><td>0.50</td><td>0.41</td><td>90</td><td>0.28</td></tr> <tr><td>1</td><td>0.77</td><td>0.88</td><td>0.49</td><td>1.34</td><td>0.36</td><td>1.00</td><td>0.40</td><td>140</td><td>0.27</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.82</td><td>0.90</td><td>0.48</td><td>1.40</td><td>0.35</td><td>1.50</td><td>0.39</td><td>190</td><td>0.26</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.86</td><td>0.93</td><td>0.47</td><td>1.46</td><td>0.34</td><td>2.50</td><td>0.38</td><td>250</td><td>0.25</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.90</td><td>0.96</td><td>0.46</td><td>1.52</td><td>0.33</td><td>4.00</td><td>0.37</td><td>310</td><td>0.24</td></tr> <tr><td>20</td><td>0.94</td><td>0.98</td><td>0.45</td><td>1.58</td><td>0.32</td><td>6.00</td><td>0.36</td><td>370</td><td>0.23</td></tr> <tr><td>50</td><td>0.97</td><td>1.00</td><td>0.44</td><td>1.64</td><td>0.31</td><td>8.00</td><td>0.35</td><td>450</td><td>0.22</td></tr> <tr><td>100</td><td>1.00</td><td>1.04</td><td>0.43</td><td>1.71</td><td>0.30</td><td>10.00</td><td>0.34</td><td>570</td><td>0.21</td></tr> <tr><td>300</td><td>1.03</td><td>1.08</td><td>0.42</td><td>1.80</td><td>0.29</td><td>15.00</td><td>0.33</td><td>750</td><td>0.20</td></tr> <tr><td>500</td><td>1.05</td><td>1.12</td><td>0.41</td><td>1.89</td><td>0.28</td><td>20.00</td><td>0.32</td><td>1000</td><td>0.19</td></tr> <tr><td>1000</td><td>1.07</td><td>1.16</td><td>0.40</td><td>2.00</td><td>0.27</td><td>25.00</td><td>0.31</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Tabla (1)		Tabla (2)								Tr (años)	β	yd	x	yd	x	dm	x	dm	x	0.1		0.80	0.52	1.20	0.39	0.05	0.43	40	0.30	0.2		0.83	0.51	1.24	0.38	0.15	0.42	60	0.29	0.3		0.86	0.50	1.28	0.37	0.50	0.41	90	0.28	1	0.77	0.88	0.49	1.34	0.36	1.00	0.40	140	0.27	2	0.82	0.90	0.48	1.40	0.35	1.50	0.39	190	0.26	5	0.86	0.93	0.47	1.46	0.34	2.50	0.38	250	0.25	10	0.90	0.96	0.46	1.52	0.33	4.00	0.37	310	0.24	20	0.94	0.98	0.45	1.58	0.32	6.00	0.36	370	0.23	50	0.97	1.00	0.44	1.64	0.31	8.00	0.35	450	0.22	100	1.00	1.04	0.43	1.71	0.30	10.00	0.34	570	0.21	300	1.03	1.08	0.42	1.80	0.29	15.00	0.33	750	0.20	500	1.05	1.12	0.41	1.89	0.28	20.00	0.32	1000	0.19	1000	1.07	1.16	0.40	2.00	0.27	25.00	0.31		
Tabla (1)		Tabla (2)																																																																																																																																																					
Tr (años)	β	yd	x	yd	x	dm	x	dm	x																																																																																																																																														
0.1		0.80	0.52	1.20	0.39	0.05	0.43	40	0.30																																																																																																																																														
0.2		0.83	0.51	1.24	0.38	0.15	0.42	60	0.29																																																																																																																																														
0.3		0.86	0.50	1.28	0.37	0.50	0.41	90	0.28																																																																																																																																														
1	0.77	0.88	0.49	1.34	0.36	1.00	0.40	140	0.27																																																																																																																																														
2	0.82	0.90	0.48	1.40	0.35	1.50	0.39	190	0.26																																																																																																																																														
5	0.86	0.93	0.47	1.46	0.34	2.50	0.38	250	0.25																																																																																																																																														
10	0.90	0.96	0.46	1.52	0.33	4.00	0.37	310	0.24																																																																																																																																														
20	0.94	0.98	0.45	1.58	0.32	6.00	0.36	370	0.23																																																																																																																																														
50	0.97	1.00	0.44	1.64	0.31	8.00	0.35	450	0.22																																																																																																																																														
100	1.00	1.04	0.43	1.71	0.30	10.00	0.34	570	0.21																																																																																																																																														
300	1.03	1.08	0.42	1.80	0.29	15.00	0.33	750	0.20																																																																																																																																														
500	1.05	1.12	0.41	1.89	0.28	20.00	0.32	1000	0.19																																																																																																																																														
1000	1.07	1.16	0.40	2.00	0.27	25.00	0.31																																																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Descripción del Parámetro</th> <th style="text-align: center;">Unidad</th> <th style="text-align: center;">Tiempo de Retorno</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th></th> <th style="text-align: center;">T_r= 500 años</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Q</td> <td>Caudal</td> <td style="text-align: center;">m³/s</td> <td style="text-align: center;">789.1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Nivel aguas</td> <td style="text-align: center;">msnm</td> <td style="text-align: center;">229.2</td> </tr> <tr> <td>Be</td> <td>Ancho</td> <td style="text-align: center;">m</td> <td style="text-align: center;">144.1</td> </tr> <tr> <td>y_m</td> <td>Tirante Medio</td> <td style="text-align: center;">m</td> <td style="text-align: center;">5.1</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>Velocidad Media</td> <td style="text-align: center;">m/s</td> <td style="text-align: center;">1.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Contracción</td> <td></td> <td style="text-align: center;">1.0</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>Area de flujo</td> <td style="text-align: center;">m²</td> <td style="text-align: center;">738.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tipo de suelo</td> <td></td> <td style="text-align: center;">Suelo Cohesivo</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Gravedad Especifica</td> <td style="text-align: center;">Ton/m3</td> <td style="text-align: center;">1.78</td> </tr> <tr> <td>x</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.3</td> </tr> <tr> <td>p</td> <td>Alfa</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.4</td> </tr> <tr> <td>t</td> <td>Beta</td> <td></td> <td style="text-align: center;">1.1</td> </tr> </tbody> </table>		Descripción del Parámetro		Unidad	Tiempo de Retorno				T _r = 500 años	Q	Caudal	m ³ /s	789.1		Nivel aguas	msnm	229.2	Be	Ancho	m	144.1	y _m	Tirante Medio	m	5.1	V	Velocidad Media	m/s	1.2		Contracción		1.0	A	Area de flujo	m ²	738.2		Tipo de suelo		Suelo Cohesivo		Gravedad Especifica	Ton/m3	1.78	x			0.3	p	Alfa		0.4	t	Beta		1.1																																																																																														
Descripción del Parámetro		Unidad	Tiempo de Retorno																																																																																																																																																				
			T _r = 500 años																																																																																																																																																				
Q	Caudal	m ³ /s	789.1																																																																																																																																																				
	Nivel aguas	msnm	229.2																																																																																																																																																				
Be	Ancho	m	144.1																																																																																																																																																				
y _m	Tirante Medio	m	5.1																																																																																																																																																				
V	Velocidad Media	m/s	1.2																																																																																																																																																				
	Contracción		1.0																																																																																																																																																				
A	Area de flujo	m ²	738.2																																																																																																																																																				
	Tipo de suelo		Suelo Cohesivo																																																																																																																																																				
	Gravedad Especifica	Ton/m3	1.78																																																																																																																																																				
x			0.3																																																																																																																																																				
p	Alfa		0.4																																																																																																																																																				
t	Beta		1.1																																																																																																																																																				

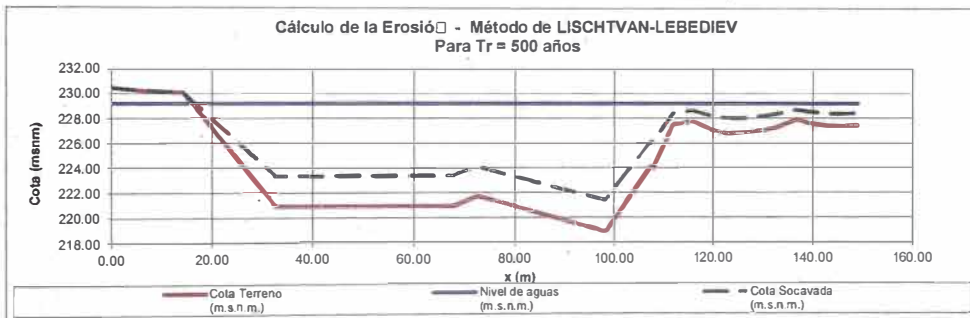
HOJA DE CÁLCULO
MAVILA-MC-04

Descripción del Trabajo: Cálculo de socavación en el Espigón 4

DESARROLLO

Eje X	Cota Terreno (m.s.n.m.)	Nivel de aguas (m.s.n.m.)	Tirante y_0 (m)	Tirante Socavación y_{s0} (m)	Cota Socavada (m.s.n.m.)	Socavación (m)
0.00	230.480	229.24	0.00	0.00	230.48	0.00
6.43	230.219	229.24	0.00	0.00	230.22	0.00
13.34	230.127	229.24	0.00	0.00	230.13	0.00
14.11	230.125	229.24	0.00	0.00	230.13	0.00
32.09	221.135	229.24	8.11	5.69	223.55	0.00
32.35	221.005	229.24	8.24	5.81	223.43	0.00
32.48	220.939	229.24	8.30	5.87	223.37	0.00
67.52	220.940	229.24	8.30	5.87	223.37	0.00
72.38	221.764	229.24	7.48	5.13	224.11	0.00
98.17	218.852	229.24	10.39	7.84	221.40	0.00
98.45	218.963	229.24	10.28	7.73	221.51	0.00
107.22	224.062	229.24	5.18	3.19	226.05	0.00
107.62	224.163	229.24	5.08	3.11	226.13	0.00
107.91	224.018	229.24	5.22	3.23	226.01	0.00
111.94	227.454	229.24	1.79	0.81	228.43	0.00
115.70	227.836	229.24	1.40	0.59	228.65	0.00
119.76	227.063	229.24	2.18	1.04	228.20	0.00
122.87	226.794	229.24	2.45	1.21	228.03	0.00
125.37	226.780	229.24	2.46	1.22	228.02	0.00
130.33	227.101	229.24	2.14	1.02	228.22	0.00
132.74	227.341	229.24	1.90	0.88	228.36	0.00
136.65	227.994	229.24	1.25	0.51	228.73	0.00
139.03	227.639	229.24	1.60	0.70	228.54	0.00
144.34	227.359	229.24	1.88	0.86	228.38	0.00
148.71	227.432	229.24	1.81	0.82	228.42	0.00

Socavación Máxima : 0.00 m



5.2 SOCAVACIÓN LOCAL - MÉTODO DE LIU

De las ecuaciones:

Si $Lp/yo < 25$

$$d_l = K_\theta k_2 Lp^{0.40} y_0^{0.06} Fr^{0.33}$$

$$K_\theta = \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0.33}$$

Donde:

$$k_2 = 1,1$$

(talud o derrame)

$$k_2 = 2,15$$

(contorno vertical)

Si $Lp/yo > 25$

$$d_l = K_\theta 4 y_0 Fr^{0.33}$$



Datos de entrada:




Lp	Longitud efectiva del espigón	31.5	m
y_0	Tirante normal	10.39	m
Fr	Número de Froud	0.14	
k_2	Coefficiente de forma	1.1	(talud)
θ	Angulo de inclinación del espigón	75	°
K_θ	Coefficiente de inclinación	0.98	
Lp/yo		3.03	<25
d_l	Altura de socavación local	2.57	m

Anexo 5: Especificaciones técnicas de los materiales

Property		Value			Test Method	
Base Material	Material Composition	Polymer – Polyethylene with density of 58.4 - 60.2 lb/ft ³ (0.935 – 0.965 g/cm ³)			ASTM D 1505	
	Color	Black - from Carbon Black	Tan, Green, Other colors with no heavy metal content		N/A	
	Stabilizer	Carbon black content 1.5% - 2% by weight	Hindered amine light stabilizer (HALS) 1.0% by weight of carrier		N/A	
	Minimum ESCR	5000 hr			ASTM D 1693	
	Sheet Thickness	50 mil –5% +10%(1.27 mm -5% +10%)			ASTM D 5199	
Strip Properties	Surface Treatment	<p>Performance: The polyethylene strips shall be textured and perforated such that the peak friction angle between the surface of the textured / perforated plastic and #40 silica sand at 100% relative density shall be no less than 85% of the peak friction angle of the silica sand in isolation when tested by the direct shear method per ASTM D 5321.</p>	<p>Material: The polyethylene strips shall be textured with a multitude of rhomboidal (diamond shape) indentations. The rhomboidal indentations shall have a surface density of 140 – 200 per in² (22 – 31 per cm²). In addition, the strips shall be perforated with horizontal rows of 0.4 in (10 mm) diameter holes. Perforations within each row shall be 0.75 in (19 mm) on-center. Horizontal rows shall be staggered and separated 0.50 in (12.7 mm) relative to the hole centers. The edge of strip to the nearest edge of perforation shall be 0.3 in (8 mm) minimum and the centerline of the weld to the nearest edge of perforation shall be 0.7 in (18 mm) minimum. A slot with a dimension of 3/8 in x 1 3/8 in (10 mm x 35 mm) is standard in the center of the non-perforated areas and at the center of each weld.</p>			
	Cell Details	Percent Cell Wall Open Area	Nominal Dimensions ±10%		Density per yd ² (m ²)	Nominal Area ±1%
			Length	Width		
	GW20V	21.2% ± 1.0%	8.8 in (224 mm)	10.2 in (259 mm)	28.9 yd ² (34.6 m ²)	44.8 in ² (289 cm ²)
	GW30V	16.8% ± 1.0%	11.3 in (287 mm)	12.6 in (320 mm)	18.2 yd ² (21.7 m ²)	71.3 in ² (460 cm ²)
	GW40V	19.89% ± 1.0%	18.7 in (475 mm)	20.0 in (508 mm)	6.9 yd ² (8.3 m ²)	187.0 in ² (1,206 cm ²)
Cell & Seam Properties	Short-term Seam Peel Strength	Cell Depth	Minimum Certified Cell Seam Strength			
		3 in (75 mm)	240 lbf (1060 N)			
		4 in (100 mm)	320 lbf (1420 N)			
		6 in (150 mm)	480 lbf (2130 N)			
	8 in (200 mm)	640 lbf (2840 N)				
Long-term Seam Peel Strength	Long term seam peel-strength test shall be performed on all resin or pre-manufactured sheet or strips. A 4.0 in (100 mm) wide seam sample shall support a 160 lb (72.5 kg) load for a period of 168 hours (7 days) minimum in a temperature-controlled environment undergoing a temperature change on a 1-hour cycle from ambient room to 130°F (54°C). Ambient room temperature is per ASTM E 41.					
10,000 hour Seam Peel Strength Certification	Presto shall provide data showing that the high-density polyethylene resin used to produce the GEOWEB® sections has been tested using an appropriate number of seam samples and varying loads to generate data indicating that the seam peel strength shall survive a loading of at least 209 lbf (95 kg) for a minimum of 10,000 hours.					
Section Properties	Section Dimension	Section Width	Section Length Range (Cells Long: 18, 21, 25, 29, 34)			
		Variable	Minimum	Maximum		
	GW20V	7.7 ft (2.3 m) to 9.2 ft (2.8 m)	12.0 ft (3.7 m)	27.3 ft (8.3 m)		
	GW30V		15.4 ft (4.7 m)	35.1 ft (10.7 m)		
GW40V	25.4 ft (7.7 m)		58.2 ft (17.8 m)			

© 2011 Presto Products Company. This specification is copyrighted and based on the use of Genuine GEOWEB® manufactured by Presto Products Company (Presto GEOSYSTEMS®). Any use of this specification for any product other than that manufactured by Presto Products Company is strictly prohibited. GW/G000(M)-Jan 2011 AP-3639 RB ©Jan 2011

The GEOWEB® Cell Dimensions

Relative Size ¹				
Name	GW20V (small cell)	GW30V (mid cell) For all other Applications For Earth Retention ⁴		GW40V (large cell)
Nominal Length x Width ²	8.8 x 10.2 in (224 x 259 mm)	11.3 x 12.6 in (287 x 320 mm)	10.5 x 13.0 in (267 x 330 mm)	18.7 x 20.0 in (475 x 508 mm)
Nominal Area ³	44.8 in ² (289 cm ²)	71.3 in ² (460 cm ²)	68.3 in ² (440 cm ²)	187.0 in ² (1206 cm ²)
Cells per yd ² (m ²)	28.9 (34.6)	18.2 (21.7)	NA	6.9 (8.3)
Nominal Depths	3 in (75 mm), 4 in (100 mm), 6 in (150 mm), and 8 in (200 mm) for all cells			

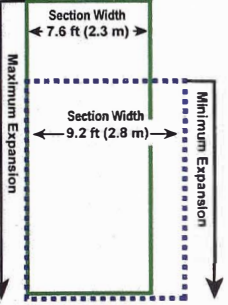
¹ All details and dimensions are nominal and subject to manufacturing tolerances.

² Cell length and width will vary approximately ±10% through the recommended expansion range.

³ Cell area will vary only ±1% through the recommended section expansion range.

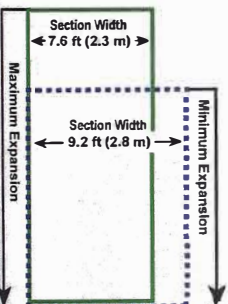
⁴ Cell dimensions for Earth Retention sections are fixed and NOT variable or nominal.

The GW20V Section Dimensions



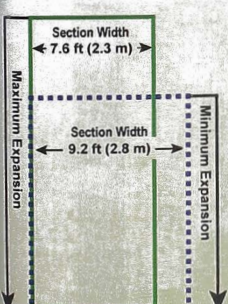
Cells Long	Length Minimum Expansion	Length Maximum Expansion	Nominal Area
18	12.0 ft (3.7 m)	14.5 ft (4.4 m)	112 ft ² (10.4 m ²)
21	14.0 ft (4.3 m)	16.9 ft (5.1 m)	131 ft ² (12.1 m ²)
25	16.7 ft (5.1 m)	20.1 ft (6.1 m)	156 ft ² (14.5 m ²)
29	19.4 ft (5.9 m)	23.3 ft (7.1 m)	181 ft ² (16.8 m ²)
34	22.7 ft (6.9 m)	27.3 ft (8.3 m)	212 ft ² (19.7 m ²)

The GW30V Section Dimensions



Cells Long	Length Minimum Expansion	Length Maximum Expansion	Nominal Area
18	15.4 ft (4.7 m)	18.6 ft (5.7 m)	143 ft ² (13.3 m ²)
21	18.0 ft (5.5 m)	21.7 ft (6.6 m)	167 ft ² (15.5 m ²)
25	21.4 ft (6.5 m)	25.8 ft (7.9 m)	198 ft ² (18.4 m ²)
29	24.8 ft (7.6 m)	30.0 ft (9.1 m)	230 ft ² (21.4 m ²)
34	29.1 ft (8.9 m)	35.1 ft (10.7 m)	270 ft ² (25.0 m ²)

The GW40V Section Dimensions



Cells Long	Length Minimum Expansion	Length Maximum Expansion	Nominal Area
18	25.4 ft (7.7 m)	30.8 ft (9.4 m)	234 ft ² (21.7 m ²)
21	29.6 ft (9.0 m)	36.0 ft (11.0 m)	273 ft ² (25.3 m ²)
25	35.2 ft (10.7 m)	42.8 ft (13.1 m)	325 ft ² (30.2 m ²)
29	40.9 ft (12.5 m)	49.7 ft (15.1 m)	377 ft ² (35.0 m ²)
34	47.9 ft (14.6 m)	58.2 ft (17.8 m)	441 ft ² (41.0 m ²)

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA	UNIDAD	T 1050	T 1400	T 1700	T 2100	T 2400	TR 3000	TR 4000	TR 6000
Método Grab										
Resistencia a la Tensión	ASTM D 4632	N (lb)	680 (153)	857(193)	870 (195)	1140 (257)	1410 (317)	1870 (421)	2400 (540)	2900 (653)
Elongación		%	18	13	16	15	15	19	16	22
Método Tira Ancha										
Sentido Longitudinal	ASTM D 4595	kN/m	17	22	22	33	41	58	66	112
Elongación		%	18	19	15	18	20	22	22	19
Sentido Transversal	ASTM D 4595	kN/m	21	21	26	34	40	55	57	115
Elongación		%	13	11	12	13	15	15	15	18
Resistencia al Punzonamiento	ASTM D 4833	N (lb)	350 (79)	450 (101)	475 (107)	556 (125)	659 (148)	900 (203)	1060 (238)	1045 (235)
Método CBR										
Resistencia al Punzonamiento	ASTM D 6241	kN	2.8	3.3	3.4	4.8	4.9	7.0	8.0	11.0
Resistencia al Rasgado Trapezoidal	ASTM D 4533	N (lb)	275 (62)	230 (52)	300 (68)	400 (90)	500 (113)	606 (136)	690 (155)	1462 (329)
Método Mullen Burst										
Resistencia al Estallido	ASTM D 3786	kPa (psi)	2150 (312)	2765 (401)	3013 (437)	3689 (535)	4447(645)	5895 (856)	6653 (965)	7791 (1130)

PROPIEDADES HIDRÁULICAS	NORMA	UNIDAD	T 1050	T 1400	T 1700	T 2100	T 2400	TR 3000	TR 4000	TR 6000
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D 4751	mm (No. Tamiz)	0.600 (30)	0.425 (40)	0.425 (40)	0.300 (50)	0.425 (40)	0.600 (30)	0.600 (30)	0.425 (40)
Permeabilidad	ASTM D 4491	cm/s	0.8×10^{-2}	0.8×10^{-2}	0.6×10^{-2}	4.8×10^{-2}	4.2×10^{-2}	5.1×10^{-2}	6.4×10^{-2}	6.5×10^{-2}
Permitividad	ASTM D 4491	s ⁻¹	0.26	0.15	0.10	0.53	0.53	0.51	0.54	1.10
Tasa de flujo	ASTM D 4491	l/min/m ²	758	422	265	1900	1450	1490	1500	1770

PROPIEDADES FÍSICAS	NORMA	UNIDAD	T 1050	T 1400	T 1700	T 2100	T 2400	TR 3000	TR 4000	TR 6000
Espesor	ASTM D 5199	mm	0.3	0.5	0.6	0.9	0.8	1.0	1.2	0.5
Resistencia UV @ 500 horas	ASTM D 4355	%	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>50
Rollo Ancho	Medido	m	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.75
Rollo Largo	Medido	m	200	160	160	140	120	100	100	100
Rollo Área	Calculado	m ²	770	616	616	539	462	385	385	375

FUNCION DEL GEOTEXTIL	NORMA	UNIDAD	T 1050	T 1400	T 1700	T 2100	T 2400	TR 3000	TR 4000	TR 6000
Separación			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Estabilización			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Refuerzo					✓	✓	✓	✓	✓	✓

CONVENCIONES

ASTM: American Society for Testing and Materials
N/A: No Aplica

GEOSISTEMAS PAVCO se reserva el derecho de introducir las modificaciones de especificaciones que considere necesarias para garantizar la óptima calidad y funcionalidad de sus productos sin previo aviso. La información aquí contenida se ofrece gratis y es cierta y exacta a nuestro legal saber y entender; no obstante, todas las recomendaciones y sugerencias están hechas sin garantía, puesto que las condiciones de uso están fuera de nuestro control.

Los valores enunciados corresponden a los valores MARV, que son el valor resultante del promedio estadístico menos 2 veces la desviación estándar N.A. dar de los datos históricos

Los Geotextiles son productos fotodegradables, no biodegradables, no deben ser incinerados y se debe disponer de ellos en forma adecuada.

Estos productos han sido manufacturados bajo los controles de calidad establecidos por un sistema de gestión de calidad que cumple con los requisitos ISO 9001:2008.

Para asesoría en diseño, proceso constructivo e instalación, favor contactar al Departamento de Ingeniería de GEOSISTEMAS PAVCO al siguiente correo:

ingenieriageosinteticos.amco@pavco.com.co

Geosistemas
PAVCO

Mexichem.
SOLUCIONES INTEGRALES

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA	UNIDAD	NT 1600	NT 1800	NT 2000	NT 2500	NT 3000	NT 4000	NT 5000	NT 6000	NT 7000	REPAV 400	REPAV 450
Método Grab Resistencia a la Tensión Elongación	ASTM D 4632	N (b) %	400 (90) >50	470 (106) >50	500 (113) >50	700 (158) >50	703 (158) >50	980 (221) >50	1165 (262) >50	1310 (295) >50	1530 (345) >50	470 (106) >50	550 (124) >50
Resistencia al punzonamiento	ASTM D 4833	N (lb)	200 (45)	265 (60)	320 (72)	350 (79)	400 (90)	520 (118)	650 (146)	750 (169)	890 (201)	270 (61)	280 (63)
Resistencia al punzonamiento Método CBR	ASTM D 6241	kN	1.2	1.3	1.5	2.1	2.1	2.8	3.3	4.0	4.6	N.A	N.A
Resistencia al rasgado Trapezoidal	ASTM D 4533	N (lb)	164 (37)	210 (47)	185 (42)	260 (59)	295 (66)	322 (73)	400 (90)	470 (106)	570 (128)	200 (45)	230 (52)
Méto Mullen Burst Resistencia al Estallido	ASTM D 3786	kPa (psi)	1139 (165)	1380 (200)	1656 (240)	1794 (260)	2070 (300)	2484 (360)	3036 (440)	3519 (510)	4554 (660)	1380 (200)	1518 (220)

PROPIEDADES HIDRÁULICAS	NORMA	UNIDAD	NT 1600	NT 1800	NT 2000	NT 2500	NT 3000	NT 4000	NT 5000	NT 6000	NT 7000	REPAV 400	REPAV 450
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D 4751	mm (No. Tamiz)	0.212(70)	0.180(80)	0.180 (80)	0.150 (100)	0.150 (100)	0.106 (140)	0.125 (120)	0.106 (140)	0.090 (170)	N.A	N.A
Permeabilidad	ASTM D 4491	cm/s	26 X 10 ⁻²	27 X 10 ⁻²	25 X 10 ⁻²	29 X 10 ⁻²	27 X 10 ⁻²	20X 10 ⁻²	22 X 10 ⁻²	17 X 10 ⁻²	12 X 10 ⁻²	N.A	N.A
Permitividad	ASTM D 4491	s ⁻¹	2.0	1.9	1.7	1.7	1.5	1.0	1.0	0.6	0.4	N.A	N.A
Tasa de flujo	ASTM D 4491	L/min/m ²	5530	5400	4750	4800	4400	2930	2700	1920	1200	N.A	N.A
Retención de Asfalto	ASTM D 6140	L/m ²	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	0.9	1.0

PROPIEDADES FÍSICAS	NORMA	UNIDAD	NT 1600	NT 1800	NT 2000	NT 2500	NT 3000	NT 4000	NT 5000	NT 6000	NT 7000	REPAV 400	REPAV 450
Espesor			1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.2	2.8	2.9	1.3	1.4
Resistencia UV @ 500 horas	ASTM D 5355	%	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70
Punto de fusión.	ASTM D 276	°C	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	150	150
Rollo Ancho	Medido	m	3.5 · 3.8 · 4.0	3.5 · 3.8 · 4.0	3.5 · 3.8 · 4.0	3.5 · 3.8 · 4.0	3.5 · 3.8 · 4.0	3.5 · 3.8 · 4.0	3.5 · 3.8 · 4.0	3.5 · 3.8 · 4.0	3.5 · 3.8 · 4.0	3.8	3.8
Rollo Largo	Medido	m	160	150	130	120	120	130	120	100	80	180	150
Rollo Area	Calculado	m ²	560 · 608 · 640	525 · 570 · 600	455 · 494 · 520	420 · 456 · 480	420 · 456 · 480	455 · 494 · 520	420 · 456 · 480	350 · 380 · 400	280 · 304 · 320	684	570

FUNCIÓN DEL GEOTEXTIL	NORMA	UNIDAD	NT 1600	NT 1800	NT 2000	NT 2500	NT 3000	NT 4000	NT 5000	NT 6000	NT 7000	REPAV 400	REPAV 450
Filtración			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Drenaje			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Protección			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Separación					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Estabilización							✓	✓	✓	✓	✓		
Repavimentación												✓	✓

COLOMBIA Oficina principal: Autopista Sur # 71 - 75 Bogotá D.C., Colombia • Tels.: (57 - 1) 782-5100 Fax: (57 - 1) 782-5013 - Servicio al Cliente Bogotá: (57 - 1) 782-5100 Exts.: 3301 / 627-03704 / 05
 Todo el País: 01 8000-912-286 - 018000972826 Medellín: (57 - 4) 325 6660 • Cali: (57 - 2) 442-3442 / 44 • Barranquilla: (57 - 5) 375 8100 - E-mail: ingenieria@geosinteticos.amco@pavco.com.co
 www.pavco.com.co - PERÚ Av. Separadora Industrial 2557, Ate • Tels.: (51 - 1) 627 6038 / 39 • Fax: (51 - 1) 627 6039 Lima, Perú - E-mail: geosperu@mexichem.com

Anexo 6: Panel fotográfico

Apéndice 6.1: Fotografías-Diciembre 2011



Foto N°01: Puente Mavila. Forma parte del Tramo III del Corredor Vial Interoceánico Sur. Dic.2011



Foto N°02: Vegetación de las llanuras de inundación aguas arriba del puente Mavila.



Foto N°03: Protección aguas arriba del estribo izquierdo del puente Mavila en el año 2011, vemos como está siendo atacada por los procesos de socavación y aumento de curvatura del río.

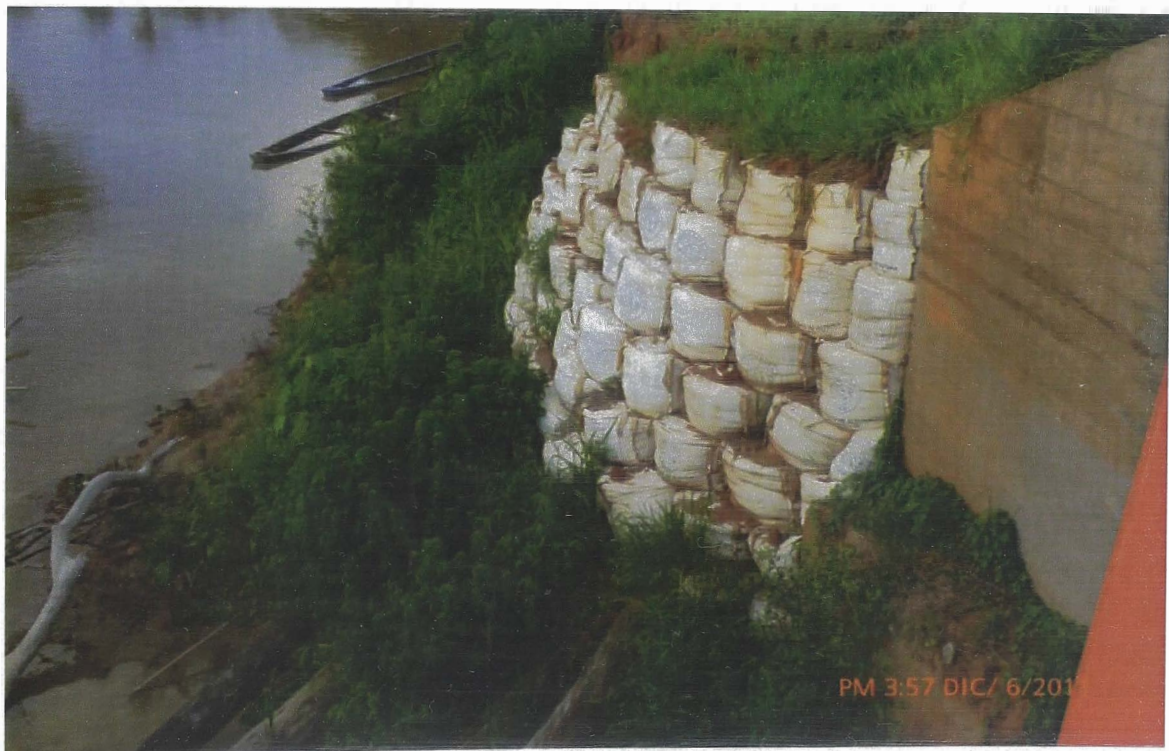


Foto N°04: Geobolsas usadas para proteger el estribo izquierdo del puente Mavila.



Foto N°05: Pilotes expuestos del estribo derecho del Puente Mavila. Vemos como el impacto directo del flujo daña la cimentación del puente.



Foto N°06: Margen derecha del río Manuripe, aguas arriba de puente. Vemos como está siendo atacada por los procesos de erosión por el impacto del río.

Apéndice 6.2: Fotografías-Enero 2012



Foto N°01: Puente Mavila. Forma parte del Tramo III del Corredor Vial Interoceánico Sur. Ene2012



Foto N°02: Protección del estribo izquierdo aguas arriba del puente Mavila.



Foto N°03: Geobolsas al pie del terraplén de estribo izquierdo aguas arriba del puente Mavila. Además se muestran los pilotes expuestos por efectos del proceso de socavación.

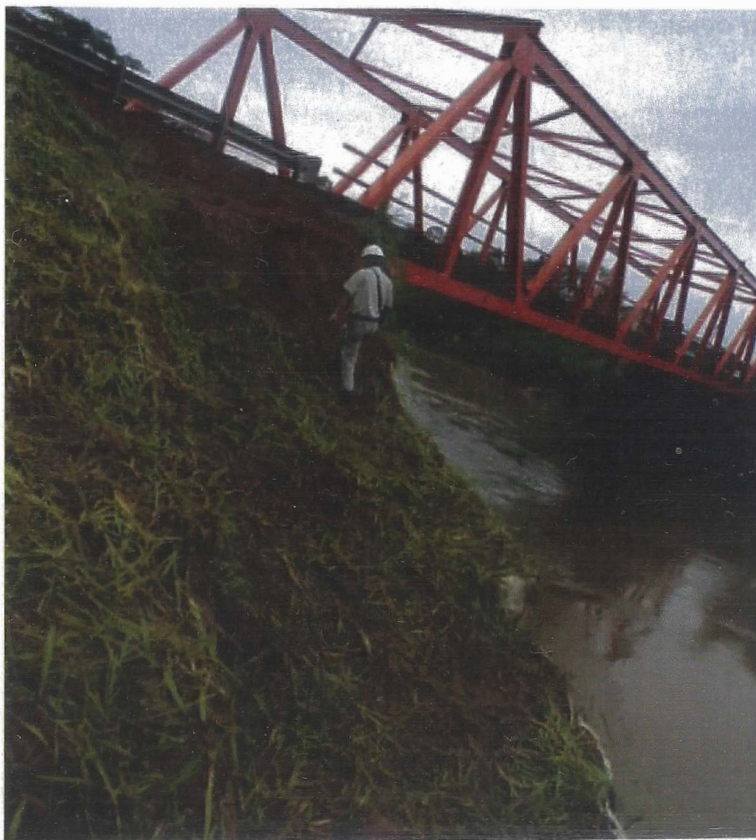


Foto N°04: Terraplén sobre las geobolsas del estribo izquierdo de puente Mavila. Se muestra afectado por el proceso de socavación.



Foto N°05: Proceso de socavación que ataca el terraplén izquierdo de puente y la losa.



Foto N°06: Pilotes expuestos por el impacto del flujo al estribo derecho del puente Mavila.

Anexo 7: Planos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

En la Universidad Nacional de Ingeniería en la ciudad de Lima, a las 13:00 horas del día viernes, 09 de mayo del dos mil catorce, se reunió en la Sala de Sustentaciones de la Facultad de Ingeniería Civil, el Jurado conformado por los profesores, Ing. JULIO C. MALLAUPOMA REYES, M.Sc. ROBERTO L. CAMPAÑA TORO e Ing. EDGAR RODRIGUEZ ZUBIATE, quienes actuaron como Presidente, Especialista y Secretario respectivamente, para proceder al Examen de Titulación Profesional de Ingeniero Civil de Doña:

MILUSKA ANTHUANNET ROSAS BARTURÉN,

quién presentó la Tesis titulada:

“ESTUDIO DE DEFENSAS RIBEREÑAS PARA PUENTES EN ZONA DE LLANURA AMAZÓNICA,

en cumplimiento de los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Los señores miembros del Jurado replicaron a la sustentante y terminada la réplica, después de debatir entre sí, reservada y libremente, la declararon aprobada con la mención de:

APROBADO CON EXCELENCIA

A continuación, el Presidente del Jurado hizo saber al sustentante el resultado de su examen, con lo cual se dió por terminado el acto, levantándose la presente acta por triplicado, la misma que fue suscrita por los que en ella intervinieron.

M.Sc. ROBERTO L. CAMPAÑA TORO
ESPECIALISTA

Ing. EDGAR RODRIGUEZ ZUBIATE
SECRETARIO

Ing. JULIO C. MALLAUPOMA REYES
PRESIDENTE