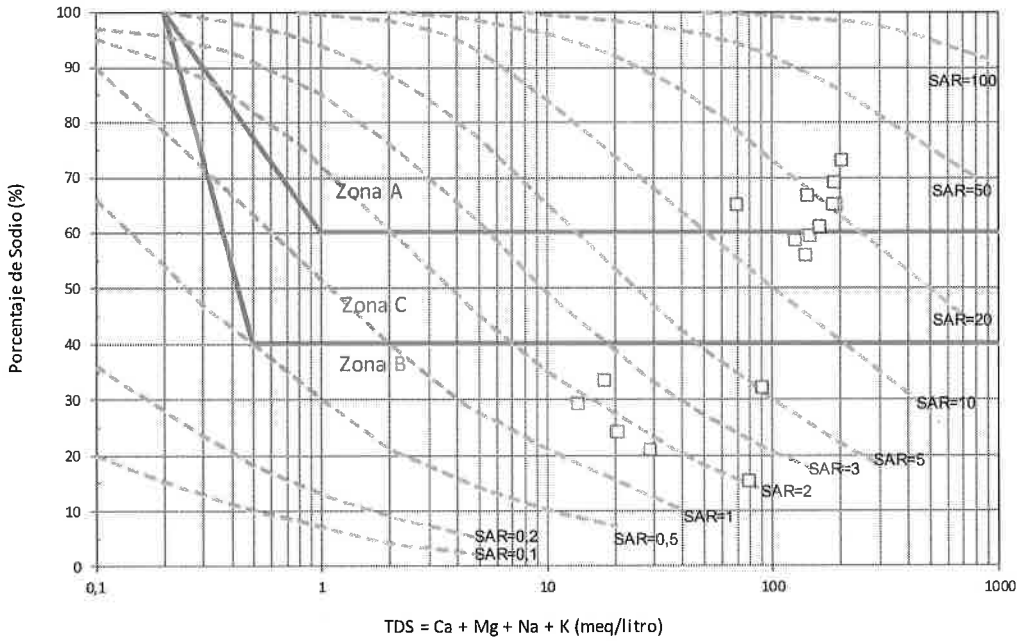
JOSÉ PAVÓN & Asociados

Esmeralda 1372 casi Mbocayaty, Lambaré
Tel. +595 (982) 543636
jose.pavonm@gmail.com

Para mejor relevamiento de las condiciones del Suelo Cal Existente, con 30 años o más de colocado, se realizaron ensayos para evaluar el potencial de dispersividad de los mismos, arrojando resultados interesantes:

SUELO CAL EXISTENTE - SUELOS DISPERSIVOS																
Progresiva	450+000	455+000	460+000	465+000	470+000	475+000	480+000	485+000	490+000	495+000	500+000	505+000	510+000	515+000	520+000	525+000
Crumb Test	1	1	1	3	1	3	1	2	4	3	4	4	4	4	4	1
Pinhole Test	ND2		ND4		ND3		ND3		ND3		ND4	ND4	D2	D2		D2

GRAFICO DE SHERARD - SUELO CAL EXISTENTE



Nótese que a pesar de la cal incorporada a los suelos no se alcanzó la estabilidad de los mismos en el tiempo, ya que continúan dispersivos. Los resultados teóricos son avalados por la condición actual en la que se encuentran las banquinas.
Esta problemática puede deberse a muchos factores, siendo los principales: tenor de cal, homogeneización, viento (pérdida de cal), curado, entre otros.
Otro análisis realizado confirmó la presencia de suelos sulfatados en varias muestras obtenidas de las Calicatas de Inspección, con valores superiores a las 3000ppm, como se aprecia en los siguientes cuadros:

SUELO CAL EXISTENTE - SUELOS SULFATADOS																
Progresiva	450+000	455+000	460+000	465+000	470+000	475+000	480+000	485+000	490+000	495+000	500+000	505+000	510+000	515+000	520+000	525+000
Sulfato	351	70	1900	165	7350	264	6850	4338	4075	545	2313	4425	5300	8005	1322	4913
Conductividad	370	153	1180	264	3590	278	3100	1678	2160	363	1630	1866	3040	4270	1213	2400

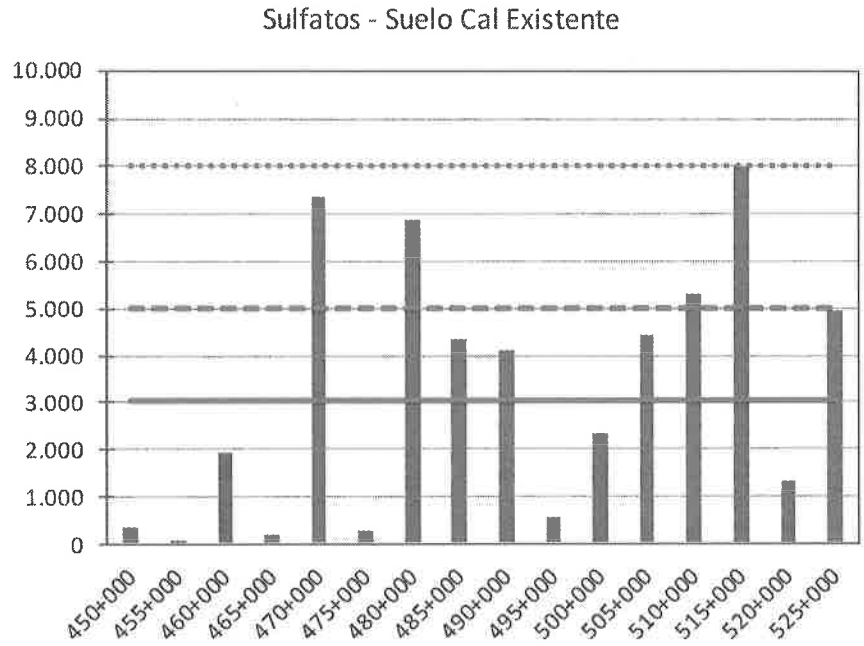
CONSORCIO SERVIC | HYTISA | GEOLATINA

Consorcio Constructora Asunción S.A. y Asociados / 32

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

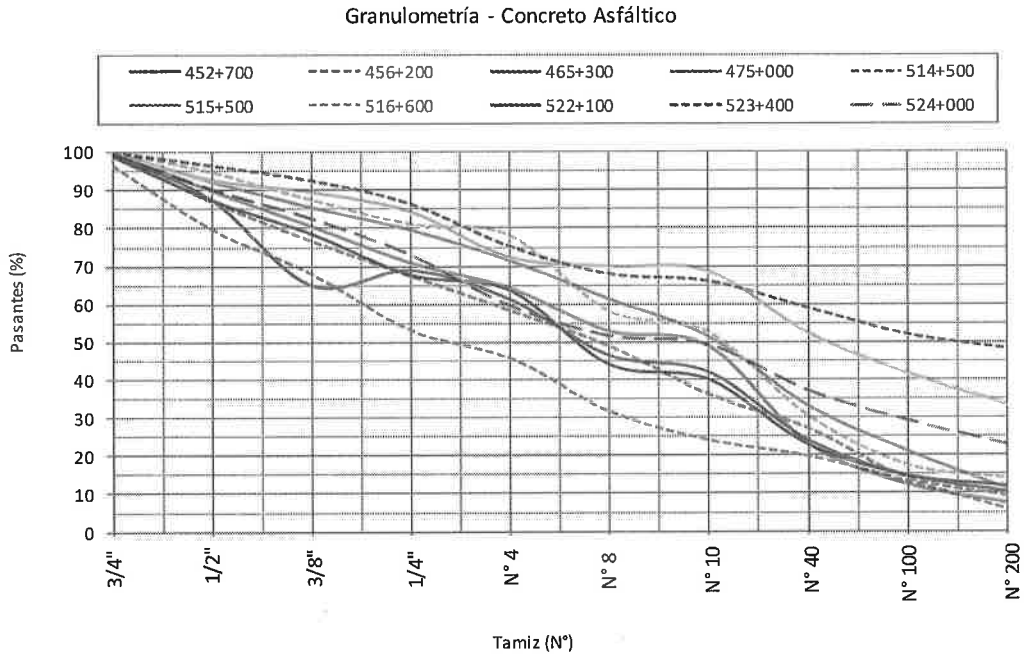
JOSÉ PAVÓN
& Asociados

Esmeralda 1372 casi Mbocayaty, Lambaré
Tel. +595 (982) 543636
jose.pavonm@gmail.com



4.2.3. CONCRETO ASFALTICO

El Tramo fue construido a inicios de la década de los 90´s, y a la fecha cuenta con 30 años de construcción aproximadamente, habiendo sufrido varias intervenciones.



Las capas relevadas en la excavación de las Calicatas corresponden al Paquete Estructural, siendo de espesor variable de conformidad al siguiente cuadro:

CONSORCIO SHG | HYTSA | GEOLATINA

Consorcio Constructora Asunción S.A. y Asociados / 32

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./3
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

JOSÉ PAVÓN
& Asociados

Esmeralda 1372 casi Mbocayaty, Lambaré
Tel. +595 (982) 543636
jose.pavonm@gmail.com

Progresiva	Espesor de Capa (cm)															
	450+000	455+000	460+000	465+000	470+000	475+000	480+000	485+000	490+000	495+000	500+000	505+000	510+000	515+000	520+000	525+000
Carpeta	10	12	11	12	10	15	10	13	16	18	14	13	13	9	14	14
Suelo-Cal	20	20	19	19	18	16	17	19	19	18	18	17	18	19	18	19

A partir de estos datos obtenidos se determinó que el espesor promedio relevado en Carpeta fue de 12.75cm y en Suelo-Cal de 18.37cm aproximadamente.

4.2.4. COMENTARIOS

El Terraplén existente incorpora suelos con valores de CBR_{95} menores a los exigidos, inclusive en varias progresivas dispersivos y/o sulfatados.
El resumen de los datos relevantes se muestra en el gráfico más abajo:

TERRAPLEN & SUBRASANTE TERRAPLEN - CUADRO DE RESUMEN																	
Progresiva		450+000	455+000	460+000	465+000	470+000	475+000	480+000	485+000	490+000	495+000	500+000	505+000	510+000	515+000	520+000	525+000
Terraplén	CBR > 5	4,4	4,6	3,5	3,9	3,8	3,6	9,6	7,6	2,6	18	4	5,4	4,1	5,6	6,8	7,4
Subrasante	CBR > 3	2,9	11	3,8	7,2	5,5	2,6	4,5	6,5	2,8	8,4	5,3	3,9	3,6	8,6	9,5	7,4
Crumb Test	1	1	2	1	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	1	2
Pinhole Test	ND	ND3		D2	D2		D2	D2	D2	D2	D2		D2	D2		D2	
Sulfatos	< 3000ppm	1.387	1.932	2.417	4.148	4.667	12.500	11.667	3.989	5.278	4.163	1.748	2.349	3.104	1.711	4.656	1.410

Las condicionantes citadas precedentemente imponen limitaciones al Terraplén Existente, y deberán tomarse los recaudos necesarios para su aprovechamiento, ante estas deficiencias constructivas detectadas.

b) Ensanche de Calzada

En el Terraplén Existente serán recicladas las capas de Carpeta y Suelo - Cal respectivamente, a fin de redefinir el Paquete Estructural con la incorporación de Suelo-Cemento, Reciclado de Suelo – Cal con Cemento y Carpeta de Concreto Asfáltico con Polímeros.
Para identificar los materiales de aporte se realizó una Campaña de Ensayos destinada a la búsqueda de Préstamos, orientada al uso en el ensanche de calzada, y Yacimientos para Suelo – Cemento. Alternativamente se ejecutaron ensayos para Suelo – Cal, a fin de contar con alternativa de reemplazo al Suelo – Cemento en las banquinas, atendiendo a la naturaleza fina de los suelos de la región.

4.3. Paquete Estructural

El Paquete Estructural propuesto en el Anteproyecto contempla las siguientes capas:

CONSORCIO SHG | HYISA | GEOLATINA

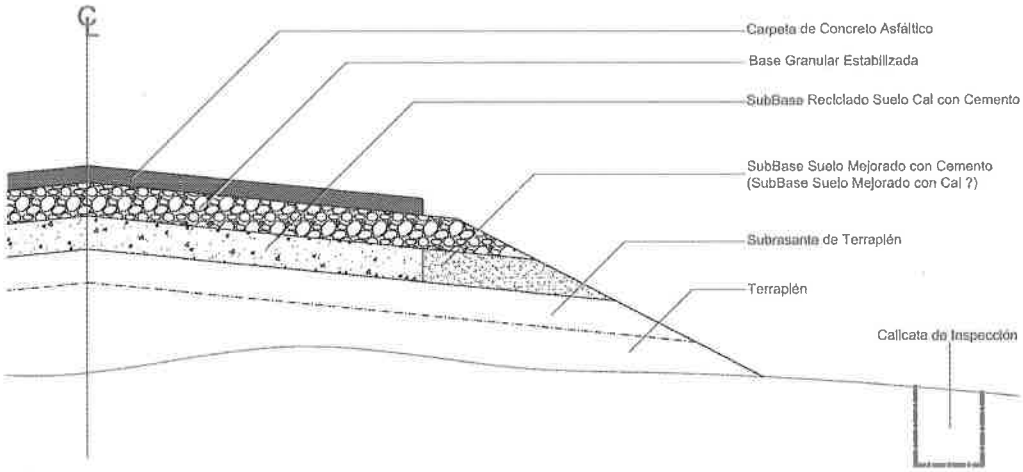
Consorcio Constructora Asunción S.A. y Asociados / 32

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASO
Arq. José M. Díaz Benz
Representante Legal

JOSÉ PAVÓN
& Asociados

Esmeralda 1372 casi Mbocayaty, Lambaré
Tel. +595 (982) 543636
jose.pavonm@gmail.com

- Carpeta de Concreto Asfáltico con polímeros (e=5cm)
- Base de Concreto Asfáltico (e=6cm)
- Base Granular Estabilizada (e=20cm)
- SubBase Reciclado Suelo Agregado con Cemento (e=26cm), en Calzada
- SubBase Suelo Mejorado con Cemento (e=26cm), en Banquina



Las Calicatas de Inspección realizadas para Préstamos y Yacimientos, mayoritariamente, fueron laterales al terraplén construido.

4.3.1. Préstamos

Los Préstamos laterales muestreados responden al empleo de estos suelos como material de aporte para el ensanche del Terraplén.
Las actuales Especificaciones Técnicas del Contrato establecen criterios para los suelos del Terraplén. Se considera un CBR>3% para el Cuerpo del Terraplén y un CBR>5% para la Subrasante del Terraplén, y en todos los casos una Expansión<1%.
De acuerdo a los ensayos de clasificación, los suelos muestreados en los Préstamos se encuadran en la Clasificación AASHTO como A-4, con pasantes #200>35%, LL<40 e IP<10.
El Grado de Compactación requerido para estos suelos (A-4) exige en el ensayo T-99 del Proctor una densidad de campo no menor al 95% de la densidad de laboratorio.
En base a estos lineamientos, se han realizado Calicatas de Inspección en Préstamos, en busca de material apropiado para la construcción de los terraplenes.
En general todos los suelos serían aptos para uso en los terraplenes, aunque sin embargo para la Subrasante de Terraplén se tiene mayor exigencia. En los ensayos efectuados se constató un rango de variación 4%<CBR<13%.
Se presenta a continuación el cuadro de resultados de los estudios de laboratorio:

CONSORCIO SERVIN C | HYTSA | GEOLATINA

Consorcio Constructora Asunción S.A. y Asociados / 32

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

99 (noventa y nueve)

JOSÉ PAVÓN & Asociados

Esmeralda 1372 casi Mbocayaty, Lambaré
Tel. +595 (982) 543636
jose.pavonm@gmail.com

RUTA TRANSCHACO - TRAMO 4 - LOTE 7, Km 450 Desvío Neuland - Km 525 Mcal. Estigarribia

CUADRO DE RESUMEN DE ENSAYOS **PRESTAMOS**

Datos Generales			Humedad Natural (%)	Límites de Atterberg			Granulometría				Proctor			CBR		Clasificación	
Progresiva	Lado	Profundidad (m)		LL	LP	IP	#10	#40	#100	#200	Método	Densidad Máxima (Kg/m³)	Humedad Óptima (%)	CBR 95%	Expansión 95%	IG	Clasif. HRB
450+000	Derecho	0,10 - 1,50	8	21	15	6	100	99	93	91	T-99	1,840	13,0	4,1	0,22	8	A-4
455+000	Derecho	0,10 - 1,50	6	22	16	6	100	100	89	86	T-99	1,770	13,6	5,6	0,16	8	A-4
460+000	Derecho	0,10 - 1,50	7	23	17	6	100	99	90	86	T-99	1,881	13,6	5,0	0,30	8	A-4
465+000	Derecho	0,10 - 1,50	6	22	13	9	100	99	95	92	T-99	1,930	10,5	5,1	0,18	8	A-4
470+000	Izquierdo	0,10 - 1,50	3	22	14	8	100	99	67	52	T-99	1,941	11,5	8,2	0,16	3	A-4
475+000	Derecho	0,10 - 1,50	8	28	20	8	100	99	81	78	T-99	1,780	18,7	4,0	0,45	8	A-4
480+000	Derecho	0,10 - 1,50	8	25	17	8	100	99	90	81	T-99	1,800	13,8	4,3	0,35	8	A-4
485+000	Derecho	0,10 - 1,50	8	23	19	5	100	99	94	87	T-99	1,860	16,6	5,2	0,22	8	A-4
490+000	Derecho	0,10 - 1,50	8	24	18	6	100	100	96	90	T-99	1,870	15,8	4,3	0,26	8	A-4
495+000	Derecho	0,10 - 1,50	7	NP	NP	NP	101	100	45	36	T-99	1,980	9,2	11,0	0,05	0	A-4
500+000	Izquierdo	0,10 - 1,50	2	NP	NP	NP	100	99	92	82	T-99	0,002	8,0	13,0	0,01	8	A-4
505+000	Derecho	0,10 - 1,50	5	22	16	6	100	99	94	89	T-99	1,892	13,0	4,7	0,24	8	A-4
510+000	Derecho	0,10 - 1,50	8	24	19	5	100	100	97	92	T-99	1,798	16,6	4,0	0,30	8	A-4
515+000	Derecho	0,10 - 1,50	2	NP	NP	NP	100	100	81	68	T-99	1,820	9,0	10,5	0,07	7	A-4
520+000	Derecho	0,10 - 1,50	6	18	13	5	100	100	65	53	T-99	0,002	10,2	5,9	0,34	4	A-4

CONSORCIO SHG | HYISA | GEOLATINA

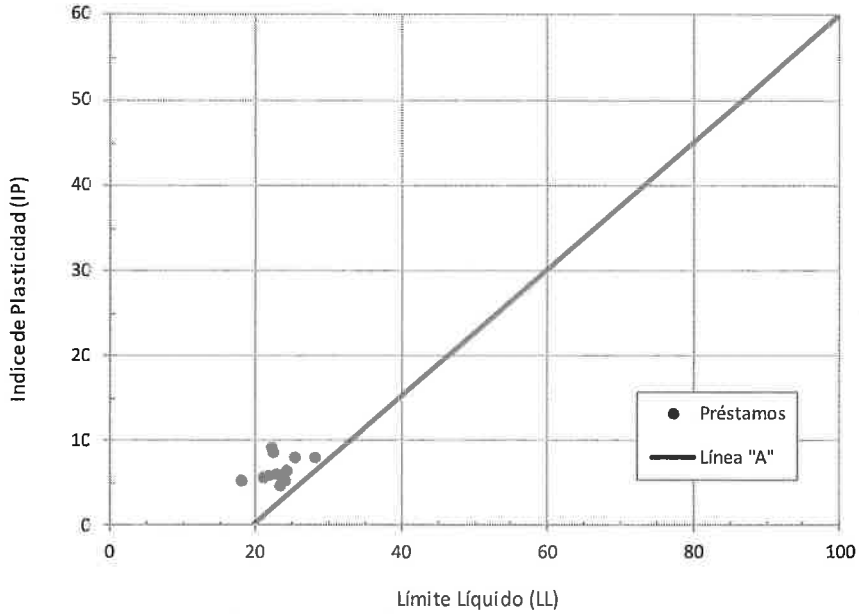
Consorcio Constructora Asunción S.A. y Asociados / 32

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./3
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

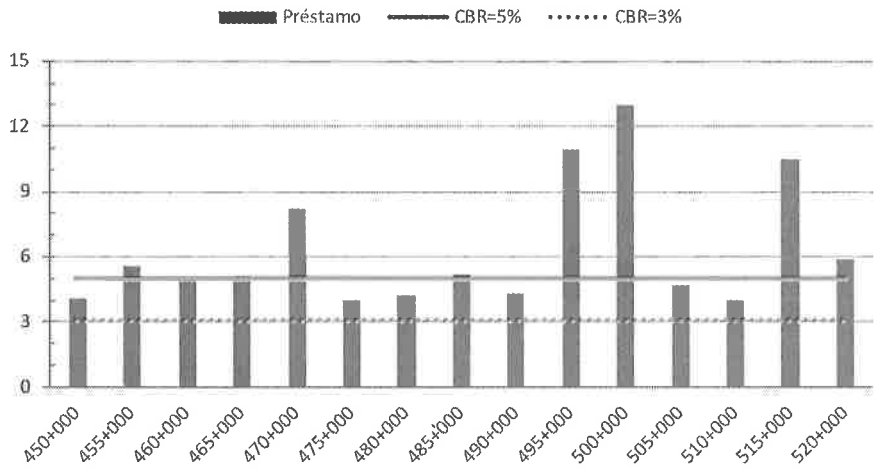
JOSÉ PAVÓN
& Asociados

Esmeralda 1372 casi Mbocayaty, Lambaré
Tel. +595 (982) 543636
jose.pavonm@gmail.com

PRESTAMOS - Carta de Casagrande



CBR Préstamos



Al mismo tiempo fueron realizados ensayos físicos de dispersión - Crumb Test y Pinhole Test – en las distintas progresivas muestreadas. El resumen de los resultados se presenta en el siguiente cuadro:

PRESTAMOS - SUELOS DISPERSIVOS																
Progresiva	450+000	455+000	460+000	465+000	470+000	475+000	480+000	485+000	490+000	495+000	500+000	505+000	510+000	515+000	520+000	525+000
Crumb Test	4	2	1	1	1	1	1	1	4	1	3	2	2	1	1	1
Pinhole Test	ND4	D2	ND3	ND4	D2	ND2	ND4	ND4			ND4	ND4	ND4		ND4	D2

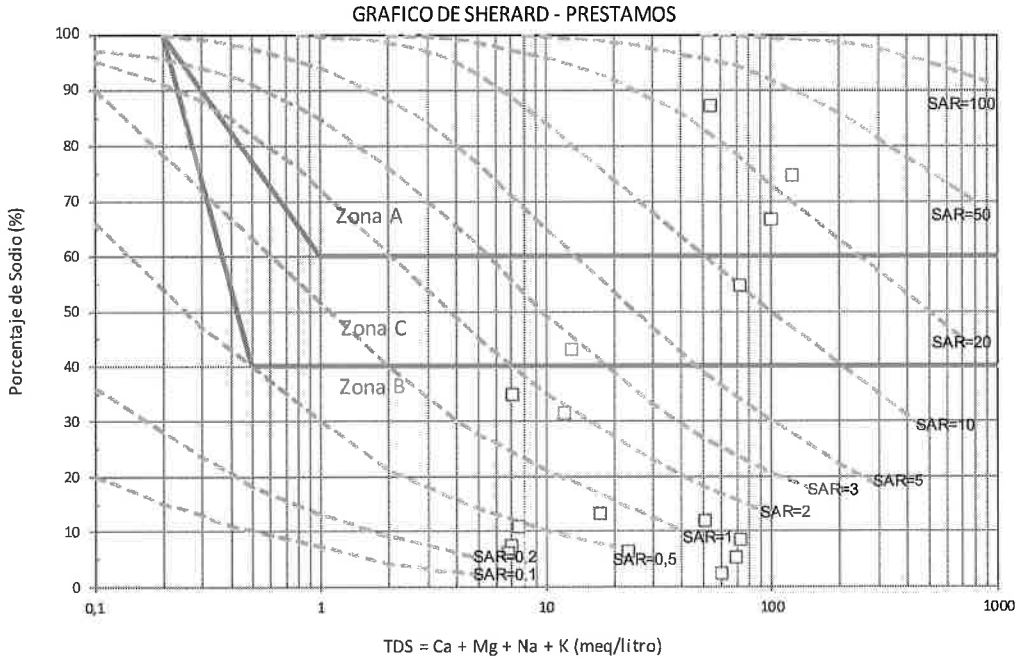
CONSORCIO SHG
SERVIN C | HYTSA | GEOLATINA

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

JOSÉ PAVÓN
& Asociados

Esmeralda 1372 casi Mbocayaty, Lambaré
Tel. +595 (982) 543636
jose.pavonm@gmail.com



Para complementar los ensayos fueron realizadas pruebas químicas, las cuales permiten cuantificar el grado de Dispersión. Observando el gráfico de Sherard se identifican como dispersivos aquellos suelos ubicados en la zona "A" y de transición o intermedios los localizados en la zona "C", y los no dispersivos ubicados en la zona "B". A su vez los suelos con SAR>2 en la literatura técnica son considerados dispersivos. Conforme los valores determinados en laboratorio, se constata la presencia de suelos dispersivos, debiendo tomarse los recaudos necesarios.

Un problema típico de inestabilidad química en el Chaco Central se tiene con la ocurrencia de suelos sulfatados. En presencia de agua (ascensión capilar) generan expansiones.

Atendiendo a que se tienen restricciones en el uso de este tipo de suelos, cuando se verifique una cantidad mayor a 3000ppm, su uso como material de aporte al terraplén no es aconsejable. Estudios químicos realizados demuestran que el sulfato soluble obtenido presenta valores elevados en varias progresivas, a saber:

PRESTAMOS - SUELOS SULFATADOS																
Progresiva	450+000	455+000	460+000	465+000	470+000	475+000	480+000	485+000	490+000	495+000	500+000	505+000	510+000	515+000	520+000	525+000
Sulfato	1.580	280	765	324	1.780	34.792	3.488	114	30.500	129	115	1.590	1.780	125	125	125
Conductividad	1128	755	429	228	730	2388	1230	139	3360	90	13	655	1054	93	105	100

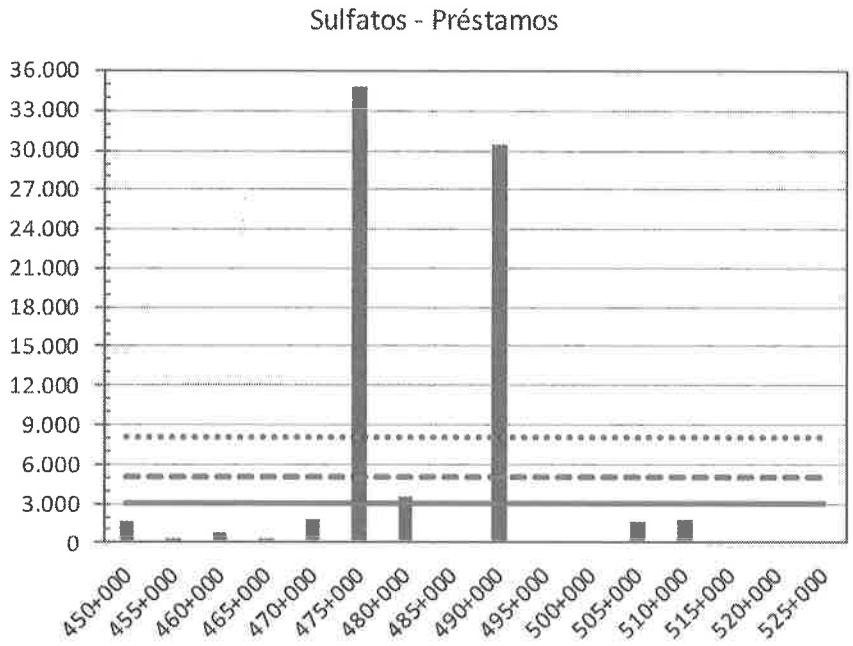
SERVI C | HYTSA | GEOLATINA

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

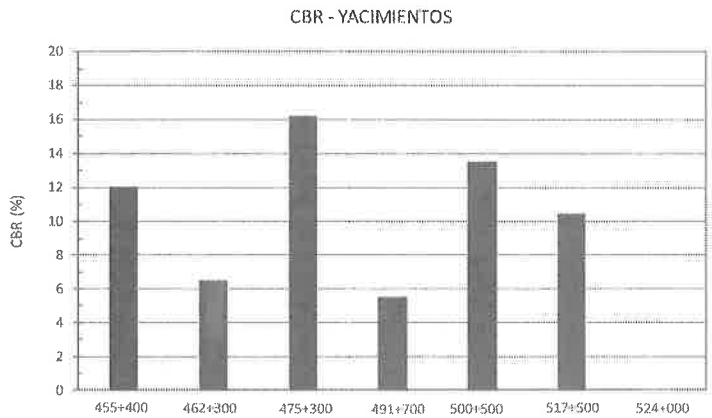
JOSÉ PAVÓN
& Asociados

Esmeralda 1372 casi Mbocayaty, Lambaré
Tel. +595 (982) 543636
jose.pavonm@gmail.com



4.3.2. Yacimientos

Para la ejecución del Suelo – Cemento fueron ensayadas muestras provenientes de fuentes de aprovisionamiento con suelos más gruesos y no plásticos, ubicados en sitios próximos a la zona de obras. Estos materiales constituyen suelos seleccionados, y fueron identificados para su uso en Suelo – Cemento.



Atendiendo a la fracción fina de los suelos, se verifica que en todos los casos presenta pasantes #200<35%. Independientemente a las recomendaciones de la bibliografía fueron realizados ensayos para suelos dispersivos y sulfatados, para constatar sus propiedades.

CONSORCIO SHG
SERVIC | HYTSA | GEOLATINA

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

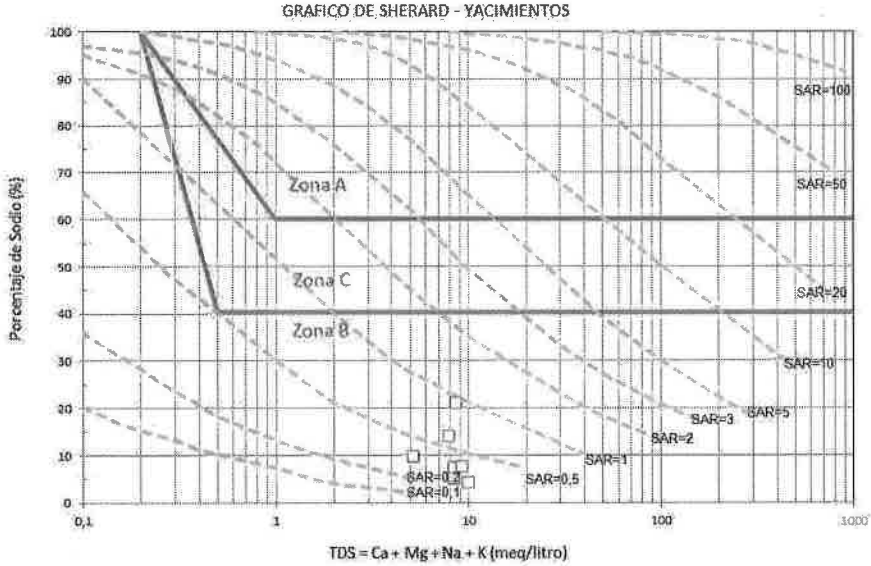
CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

JOSÉ PAVÓN
& Asociados

Esmeralda 1372 casi Mbocayaty, Lambaré
Tel. +595 (982) 543636
jose.pavonm@gmail.com

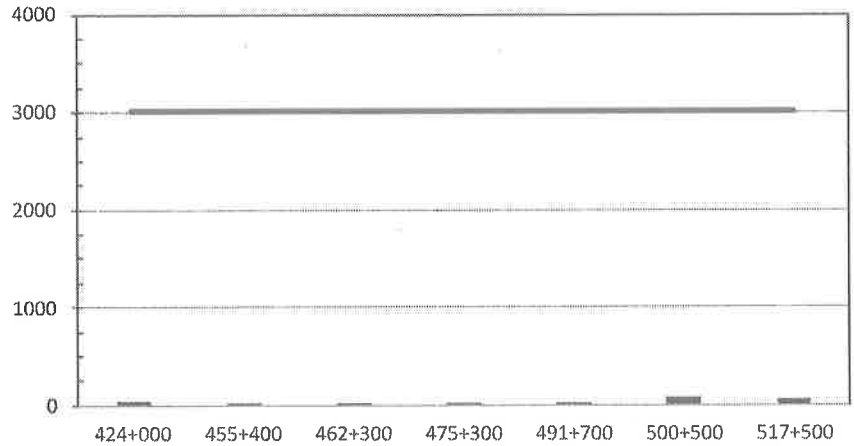
YACIMIENTOS - SUELOS DISPERSIVOS							
Progresiva	424+000	455+400	462+300	475+300	491+700	500+500	517+500
Crumb Test	1	1	1	1	1	1	1

GRAFICO DE SHERARD - YACIMIENTOS



YACIMIENTOS - SUELOS SULFATADOS							
Progresiva	424+000	455+400	462+300	475+300	491+700	500+500	517+500
Sulfato	43	30	22	6	26	74	53
Conductividad	46	16	15	10	17	28	29

Sulfatos - Yacimientos



CONSORCIO SHG
SERVIC | HYTSA | GEOLATINA

Consorcio Constructora Asunción S.A. y Asociados / 32

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./3
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

JOSÉ PAVÓN
& Asociados

Esmeralda 1372 casi Mbocayaty, Lambaré
Tel. +595 (982) 543636
jose.pavonm@gmail.com

Las Coordenadas UTM de ubicación de los Yacimientos son las siguientes:

Yacimiento				Coordenada UTM	
Progresiva	#200	IP	Clasificación	X	Y
455+300	26	NP	A-2-4	798208	7513826
462+300	57	NP	A-4	792586	7521284
475+300	22	NP	A-2-4	779821	7523861
491+700	58	NP	A-4	771062	7538512
500+500	22	NP	A-2-4	763616	7542814
517+500	50	NP	A-4	753346	7556415

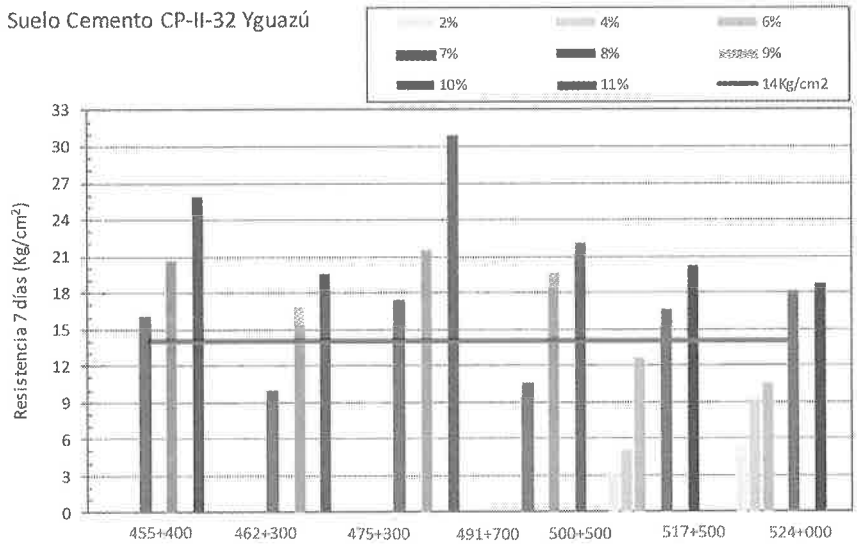
4.3.3. Suelo – Cemento

El material para SubBase con Suelo Mejorado con Cemento Portland requiere una resistencia a compresión simple mayor a 14Kg/cm^2 a 7 días, y a la vez debe aprobar el ensayo de Durabilidad de 12 ciclos con pérdidas menores al 10% (Suelos A-4). Al mismo tiempo, el contenido de sulfatos debe ser menor a 3000ppm conforme Especificaciones Técnicas.

Una vez definidos los Yacimientos se procedió a realizar los ensayos correspondientes, para distintos tenores de cemento, con 2 tipos de cemento comercializados localmente:

- CP-II-32 Yguazú
- CP-II-40 Artigas

Fueron preparadas las probetas y se obtuvieron resultados satisfactorios, como puede observarse en los siguientes gráficos comparativos:



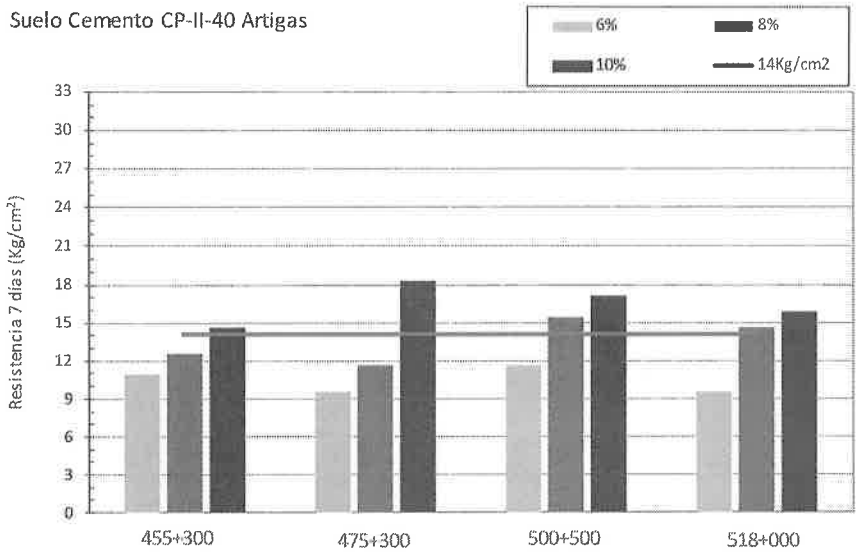
CONSORCIO SHG
SERVIC | HYTSA | GEOLATINA

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./3
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

JOSÉ PAVÓN
& Asociados

Esmeralda 1372 casi Mbocayaty, Lambaré
Tel. +595 (982) 543636
jose.pavonm@gmail.com



En ambos casos los ensayos de rotura a compresión simple fueron realizadas con probetas testigo, las cuales fueron preparadas para los correspondientes ensayos de durabilidad, para cada tipo de cemento y para cada tenor del mismo.
En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos en los cuadros siguientes:

Suelo Cemento (YGUAZU)	Suelo	A-2-4	A-4	A-2-4	A-4	A-2-4	A-4	A-4
	Tenor	455+500	462+700	475+300	491+300	500+500	517+500	524+000
Compresión (Kg/cm²) → >14Kg/cm²	2%					3	5	3
	4%					5	9	4
	6%					13	10	6
	7%	16	10	17	11			
	8%					17	18	12
	9%	21	17	21	19			
	10%					20	19	16
	11%	26	19	31	22			
Durabilidad (12 ciclos) → A-4<10% y A-2-4<14%	2%					---	---	---
	4%					11	26	29
	6%					10	9	13
	7%	1	1	2	5			
	8%					3	4	1
	9%	0,4	0,3	1	0,4			
	10%					1	0,5	1
	11%	0,3	0,2	0,5	0,3			

CONSORCIO GTG
SERVIC | HYISA | GEOLATINA

Consorcio Constructora Asunción S.A. y Asociados / 32

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

JOSÉ PAVÓN
& Asociados

Esmeralda 1372 casi Mbocayaty, Lambaré
Tel. +595 (982) 543636
jose.pavonm@gmail.com

Suelo Cemento (ARTIGAS)	Suelo	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4
	Tenor	455+300	475+300	500+500	518+000
Compresión (Kg/cm^2) → >14Kg/cm^2	6%	11	9	12	9
	8%	12	12	15	14
	10%	14	18	17	16
Durabilidad (12 ciclos) → A-4<10% y A-2-4<14%	6%	8	3	3	5
	8%	1	2	2	2
	10%	0,5	1	1	1

De conformidad a los resultados, y considerando la resistencia así como la durabilidad de las probetas, corresponde el uso de un tenor de cemento mayor al 8%. Este tenor deberá ser estudiado en campo con mayor profundidad, ya que los valores alcanzados son propios de laboratorio, siendo que en pista se tiene factores que inciden en la resistencia como ser viento (volatilidad), polvo (pérdida de humedad), homogeneización, curado, entre otros.

4.3.4. Suelo – Cal

Fueron realizados ensayos de caracterización de Préstamos, a los efectos de contar con la clasificación de los suelos, para posterior empleo como suelo mejorado. Para el efecto se realizaron préstamos laterales a la vía y dentro de la franja de dominio, en una profundidad comprendida entre 0.10m y 1.50m.
Posteriormente fueron realizadas agrupaciones, con el objetivo de identificar suelos de características similares, siendo escogido uno de ellos como representativo del conjunto, a los efectos de implementar el diseño del Suelo - Cal correspondiente, para luego hacer extensivo estos resultados en los demás préstamos correspondientes a cada agrupación. En esta línea de acción se identificaron 4 muestras representativas: 470+000, 475+000, 485+000 y 505+000, respectivamente.
Al mismo tiempo, para la ejecución de los ensayos de suelo cal se escogió la cal hidratada con denominación comercial "Concret Cal", que conforme ensayos químicos de laboratorio presenta un valor de CUV>75%.
En secuencia, se ensayaron distintos tenores de cal (6%, 8%, 10%) y se determinó el pH de las muestras. Nótese que para un tenor igual o mayor al 6% de incorporación de cal los valores del pH se mantienen constantes, siendo este el tenor mínimo necesario para la estabilización de los suelos dispersivos. Este criterio predomina sobre el valor de resistencia.

CONSORCIO SHG
SERVIT C | HYTSA | GEOLATINA

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

JOSÉ PAVÓN & Asociados

Esmeralda 1372 casi Mbocayaty, Lambaré
Tel. +595 (982) 543635
jose.pavonm@gmail.com

RUTA TRANSCHACO - TRAMO 4 - LOTE 7, Km 450 Desvío Neuland - Km 525 Mcal. Estigarribia

CUADRO DE RESUMEN DE ENSAYOS

SUELO - CAL

CAL HIDRATADA CONCRET-CAL

Datos Generales			Humedad	Límites de Atterberg			Granulometría				Proctor			CBR		Proctor Suelo Cal			CBR Suelo Cal		Clasificación	
Progresiva	Lado	Profundidad (m)	Natural (%)	LL	LP	IP	#10	#40	#100	#200	Método	Densidad Máxima (Kg/m³)	Humedad Óptima (%)	CBR 95%	Expansión 95%	Densidad Máxima (Kg/m³)	Humedad Óptima (%)	Tenor de Cal (%)	CBR 95%	Expansión 95%	IG	Clasif. HRB
450+000	Derecho	0,10 - 1,50	8%	21	15	6	100	99	93	91	T-99	1,840	13,0	4,1	0,22						8	A-4
455+000	Derecho	0,10 - 1,50	6%	22	16	6	100	100	89	86	T-99	1,770	13,6	5,6	0,16						8	A-4
460+000	Derecho	0,10 - 1,50	7%	23	17	6	100	99	90	86	T-99	1,881	13,6	5,0	0,30						8	A-4
465+000	Derecho	0,10 - 1,50	6%	22	13	9	100	99	95	92	T-99	1,930	10,5	5,1	0,18						8	A-4
470+000	Izquierda	0,10 - 1,50	17%	27	17	10	100	99	93	81	T-99	1,845	14,8	5,5	0,35	1.680	22,0	6%	10,5	0,06	8	A-4
																1.660	20,0	8%	13,1	0,08		
																1.565	19,5	10%	14,2	0,09		
475+000	Derecho	0,10 - 1,50	8%	30	20	10	100	99	96	87	T-99	1,820	16,8	4,6	0,27	1.610	21,8	6%	12,1	0,05	8	A-6
																1.575	22,0	8%	13,7	0,03		
																1.560	21,9	10%	17,3	0,33		
480+000	Derecho	0,10 - 1,50	8%	25	17	8	100	99	90	81	T-99	1,800	13,8	4,3	0,35						8	A-4
485+000	Derecho	0,10 - 1,50	10%	25	20	5	100	99	98	92	T-99	1,790	17,0	3,5	0,14	1.710	15,8	6%	12,6	0,05	8	A-4
																1.680	15,8	8%	16,3	0,03		
																1.710	16,0	10%	18,9	0,38		
490+000	Derecho	0,10 - 1,50	8%	24	18	6	100	100	96	90	T-99	1,870	15,8	4,3	0,26						8	A-4
495+000	Derecho	0,10 - 1,50	7%	NP	NP	NP	101	100	45	36	T-99	1,980	9,2	11,0	0,05						0	A-4
500+000	Izquierda	0,10 - 1,50	2%	NP	NP	NP	100	98	36	17	T-180	1,900	8,0	18,0	0,00						0	A-2-4
505+000	Derecho	0,10 - 1,50	6%	21	14	6	100	100	90	68	T-99	1,770	17,6	6,0	0,84	1.660	18,6	6%	9,5	0,03	7	A-4
																1.650	18,6	8%	10,5	0,06		
																1.675	19,0	10%	11,0	0,33		
510+000	Derecho	0,10 - 1,50	8%	24	19	5	100	100	97	92	T-99	1,798	16,6	4,0	0,30						8	A-4
515+000	Derecho	0,10 - 1,50	2%	NP	NP	NP	100	100	81	68	T-99	1,820	9,0	10,5	0,07						7	A-4
520+000	Derecho	0,10 - 1,50	6%	18	13	5	100	100	65	53	T-99	0,002	10,2	5,8	0,34						4	A-4

CONSORCIO SHG
SERVIPOL | HYTSA | GEOLATINA

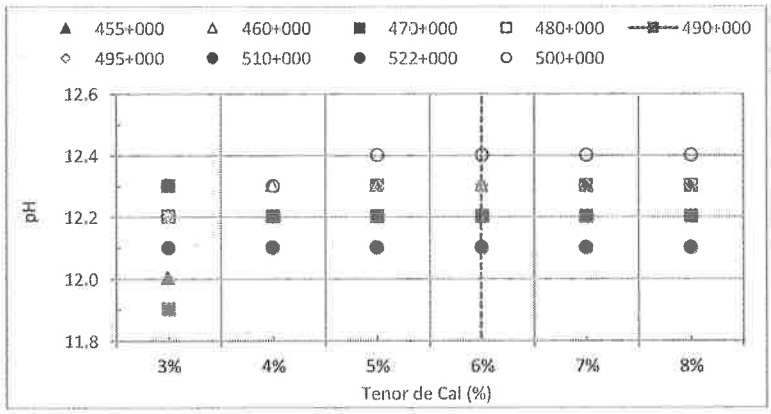
Consorcio Constructora Asunción S.A. y Asociados / 32

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

JOSÉ PAVÓN
& Asociados

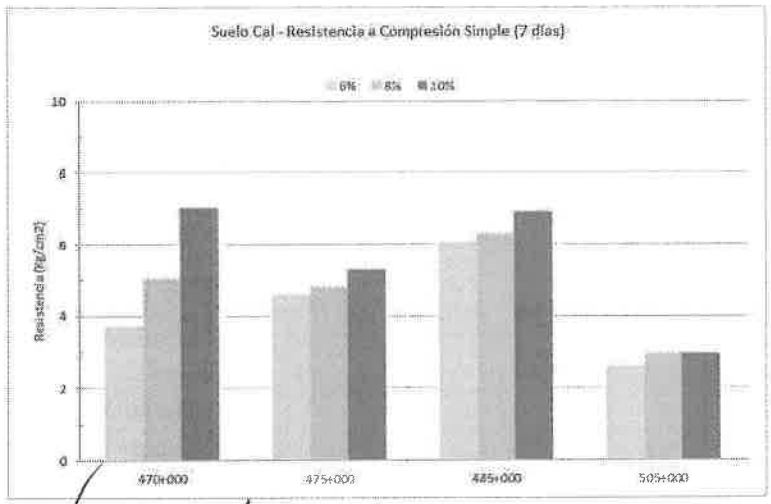
Esmeralda 1372 casi Mbocayaty, Lambaré
Tel. +595 (982) 543636
jose.pavonm@gmail.com

Si bien las EETT no admiten suelos dispersivos de mayor grado (D1, D2, y ND3, ND4), ello no implica que los suelos dispersivos de menor grado existentes en zona de obas no sufran pérdidas en su resistencia a lo largo del tiempo caso no sean estabilizados. Esta condición impuesta por la geología de la región se traduce en que su naturaleza dispersiva gobierna el comportamiento de estos suelos, y por este motivo es crucial alcanzar la estabilidad, relegando a un segundo plano la resistencia que eventualmente se pueda lograr (el proceso inverso no puede ser aplicado). Este objetivo se alcanza con adición de cal en un determinado tenor, tal que la mezcla arroje un pH=12.4 o constancia en el valor.



El suelo mejorado existente en la traza - suelo cal – presenta comportamiento dispersivo, aún después de 30 años en la vía, lo cual nos demuestra la importancia de la estabilización de los suelos.

A partir de esta determinación preliminar se desarrolla una campaña de ensayos destinada a determinar la resistencia a compresión simple del suelo estabilizado con cal, para distintos tenores. Los resultados alcanzados se muestran en el siguiente gráfico comparativo:



CONSORCIO SHG
SERVIPOC | HYTSA | GEOLATINA

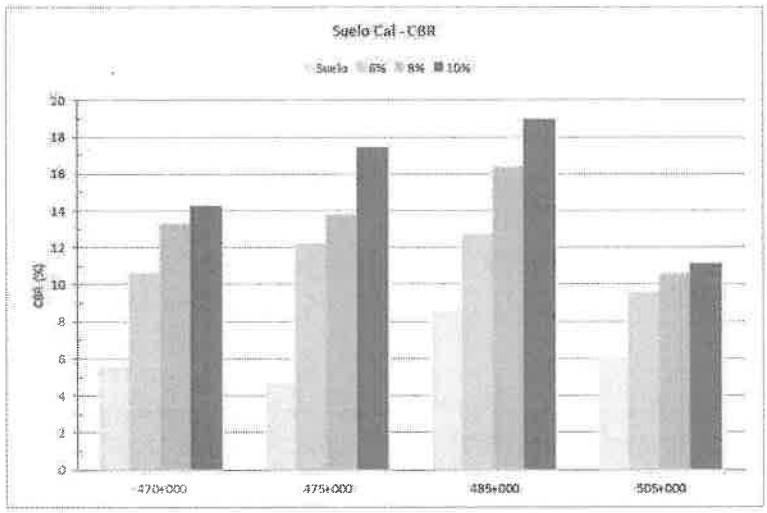
Consorcio Constructora Asunción S.A. y Asociados / 32

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

JOSÉ PAVÓN
& Asociados

Esmeralda 1372 casi Mbocayaty, Lambaré
Tel. +595 (982) 543636
jose.pavonm@gmail.com

Estos valores alcanzados indican un ligero aumento de la resistencia en función al incremento del tenor de cal. Se aprecia que el crecimiento de la resistencia no es lineal según mayor aporte de cal.
Por último, siguiendo la práctica argentina se realizan ensayos de CBR dinámico (12-25-56 golpes) con suelo cal, para lo cual fue realizado con anterioridad el ensayo de compactación siguiendo el reglamento de la AASHTO T-99 para suelos finos. Las probetas fueron preparadas con grados de compactación del 90%, 95% y 100% respectivamente, de forma a poder correlacionar con los valores del CBR. Los valores alcanzados se muestran a continuación:



Los resultados muestran valores de CBR para suelo natural, y mezclas con distintos tenores de cal. A partir del 6% se considera como aporte mínimo necesario para la estabilización de estos suelos de naturaleza dispersiva.
Se agrega que las cantidades de cal consideradas fueron determinadas en laboratorio a partir de la medición del pH, y en todos los casos los suelos estabilizados con cal arrojan un CBR>10. No obstante, considerando las condiciones particulares de ejecución de obra en el Chaco, deberán tomarse los recaudos necesarios para asegurar la estabilidad de los suelos, ya que entre otros factores puede considerarse la acción del viento (volatilidad de la cal), temperatura, el empleo del agua salada, homogeneización de la pista, tratamiento adecuado de suelo, entre otros.
Por este motivo es de suma importancia la ejecución de Pistas de Prueba, a fin de evaluar el comportamiento del Suelo-Cal en el tiempo, tal como lo recomendara en sus conclusiones el Primer Congreso de Suelos Dispersivos y Sulfatados realizado el año pasado, con la presencia de los mejores exponentes mundiales y de la región.

CONSORCIO SHG
SERVIC | HYTSA | GEOLATINA

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

JOSÉ PAVÓN
& Asociados

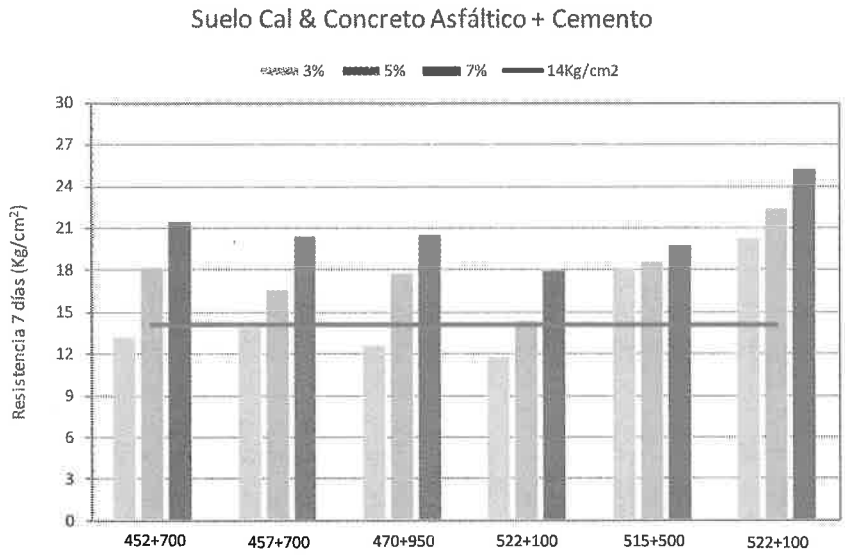
Esmeralda 1372 casi Mbocayaty, Lambaré
Tel. +595 (982) 543636
jose.pavonm@gmail.com

4.3.5. Reciclado Suelo Mejorado con Cemento Portland

El Paquete Estructural considera un Reciclado de las capas superiores del pavimento existente con adición de cemento, para alcanzar una resistencia de proyecto no menor a 14Kg/cm^2.

Considerando los espesores variables relevados en el pavimento, se adoptó para el efecto el valor promedio del espesor de concreto asfáltico y del suelo cal respectivamente. Se confeccionaron probetas con estos materiales salvando la proporción y fue agregado cemento en distintos tenores, para los ensayos de compresión simple (>14Kg/cm^2) y durabilidad (12) ciclos.

Los tenores de cemento ensayados en probeta corresponden a los valores de 3%, 5% y 7%, cuyos resultados se muestran en figuras:



RECICLADO	Suelo	A-4	A-4	A-4	A-6	A-4	A-6
	Tenor	452+700	457+700	470+950	488+200	515+500	522+100
Compresión (Kg/cm2)	3%	13	14	13	12	18	20
	5%	18	17	18	14	19	22
	/%	21	20	20	18	20	25
Durabilidad (12 ciclos)	3%	---	---	---	---	7	8
	5%	---	2	9	---	7	2
	/%	1	1	4	3	1	1

CONSORCIO SHG
SERVIPC | HYTSA | GEOLATINA

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

JOSÉ PAVÓN & Asociados

Esmeralda 1372 casi Mbocayaty, Lambaré
Tel. +595 (982) 543636
jose.pavonm@gmail.com

RUTA TRANSCHACO - TRAMO 4 - LOTE 7, Km 450 Desvío Neuland - Km 525 Mcal. Estigarribia

CUADRO DE RESUMEN DE ENSAYOS

			SUELO CAL										RECICLADO + CEMENTO		
Datos Generales				Límites de Atterberg			Granulometría				Clasificación		Cemento Compuesto CP-II-32-YGUAZU		
Progresiva	Lado	Profundidad (m)	Humedad Natural (%)	LL	LP	IP	#10	#40	#100	#200	IG	Clasif. HRB	Cemento (%)	Desgaste 12 Ciclos (%)	Resistencia 7 días (Kg/cm²)
452+700	Derecho	0,10 - 0,28	11,4	27	24	4	99	98	91	80	8	A-4	3%	Rotura	13,12
													5%	1,94	18,14
													7%	0,82	21,33
457+700	Derecho	0,10 - 0,28	10,2	25	23	2	99	97	82	73	8	A-4	3%	Rotura	13,73
													5%	1,81	16,55
													7%	1,22	20,35
470+950	Derecho	0,10 - 0,28	12,4	28	23	4	98	94	88	84	8	A-4	3%	Rotura	12,50
										14			5%	8,69	17,65
													7%	3,68	20,47
488+200	Derecho	0,10 - 0,28	11,6	29	18	12	100	99	95	94	9	A-6	3%	Rotura	11,64
													5%	4,64	14,34
													7%	2,57	17,90
515+500	Derecho	0,10 - 0,28	12,3	32	23	9	99	98	94	92	8	A-4	3%	6,81	18,14
										22			5%	7,22	18,51
													7%	0,85	19,73
522+100	Derecho	0,10 - 0,28	9,0	31	19	12	100	99	95	94	10	A-6	3%	7,96	20,22
										15			5%	1,96	22,31
													7%	0,86	25,13

CONSORCIO SHG
SERVIPOL | HYTSA | GEOLATINA

Consorcio Constructora Asunción S.A. y Asociados / 32

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

JOSÉ PAVÓN
& Asociados

Esmeralda 1372 casi Mbocayaty, Lambaré
Tel. +595 (982) 543636
jose.pavonm@gmail.com

CONSORCIO SHG
SERVIN C | HYTSA | GEOLATINA

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

ANEXO 9

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

RUTA 9

Lote 7

Estudio Hidrológico e Hidráulico para verificación de obras de drenaje

Informe Final

Ing. Alberto Grissetti

Setiembre 2020

CONSORCIO
SERVIMAP ARGENTINA
Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32
CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 2
2. METODOLOGÍA EMPLEADA 2
3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA ESTUDIADA Y DELIMITACIÓN DE CUENCAS 3
4. CÁLCULO DE CAUDALES 6
4.1. Hidrograma Unitario Triangular de la SCS. 7
4.2. Tiempo de Concentración. 9
4.3. Tiempo de Retorno y Precipitación de Diseño. 10
4.4. Factor de reducción areal de la precipitación. 12
4.5. Parámetros de cálculos por subcuencas 14
4.6. Caudales Calculados 14
5. DIMENSIONAMIENTO DE OBRAS 15
5.1. Verificación de alcantarillas 18
5.2. Drenaje Urbano de las Colectoras – Mcal Estigarribia 18
6. ANEXOS: Cálculo de Caudales 21

1. INTRODUCCIÓN

El estudio se realiza siguiendo los criterios y recomendaciones del Manual de Carreteras del Paraguay (MCP - MOPC, 2019). Se utilizan también los criterios definidos en el Manual de Drenagem de Rodovias, DNIT (2006), normas americanas, de la Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos (FHWA) y del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos (HEC, USACE).

Se tiene como objetivo la revisión de las obras de arte existentes, adicionando las obras que se requieran conforme a los cálculos determinados.

2. METODOLOGÍA EMPLEADA

Para la verificación de las obras de proyecto se realizan trabajos de gabinete y además un recorrido del tramo de estudio, donde se presta particular atención a la geomorfología del terreno, estado de las obras, rastros de socavación o colmatación, inundación, etc. Se describe brevemente las actividades desarrolladas.

- Relevamiento de obras en terreno
- Cartografía base y datos básicos
  - Modelo Digital de Elevación (DEM), del ALOS PALSAR, de origen japonés con resolución espacial de 12.50m x 12.50m.
  - Curvas de nivel de las ortofotocartas, cada 10m. Escala 1:25000

- Imágenes satelitales de Google Earth georreferenciadas.
- Curva IDF desarrollada por la Facultad de Ingeniería de la UNA / DINAC y actualizada al año 2009 por Cuevas-Rolón, para la selección de la intensidad de precipitación.
- Clasificación de Uso y Tipo de Suelo. PRUT, 1995 (Proyecto Uso Racional de la Tierra, Paraguay). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Escala 1:500.000.
- Imágenes Satelitales del año 2018, del satélite LANDSAT 8, con resolución espacial de 30m x 30m.

- Actividades Realizadas
  - Preparación de la cartografía base del área de estudio.
  - Delimitación de cuencas, a partir del DEM superpuesto con curvas de nivel cada 10 m y verificadas con las ortofotocartas y visitas a campo. Determinación de parámetros fisiográficos (superficie, pendientes por segmentos de tramo, coeficientes de forma, etc.)
  - Definición del uso y tipo de suelo: Los mapas de uso de suelo se elaborarán en base a información digital disponible (plan de ordenamiento o uso del suelo, imágenes Google Earth, etc.)
  - Cálculo del tiempo de concentración y definición de la precipitación de diseño.
  - Cálculo de caudales para TR 50/100 para alcantarillas y TR 100 para puentes por el Método de Hidrograma Unitario Triangular.
  - Dimensionamiento hidráulico de las alcantarillas en el programa HY8, desarrollado por la US FHWA, verificando caudal máximo, velocidad máxima, relación y/D dentro del rango admisible.

3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA ESTUDIADA Y DELIMITACIÓN DE CUENCAS

En primer lugar, se procede a la delimitación de la cuenca. Para ello, a partir del Modelo de Elevación (DEM) se han generado curvas de nivel con una equidistancia de 10 m que servirán como base para el geoprocesamiento. Una vez determinadas las cuencas han sido verificadas con las curvas de nivel de las Ortofotocartas y modificadas en caso de ser necesario. En la siguiente figura se muestra las subcuencas delimitadas en color rojo y los cauces en color azul. La gama de colores representa el desnivel en el terreno según el modelo de elevación utilizado para este estudio.

CONSORCIO SHG
SERVIN C | HYTSA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

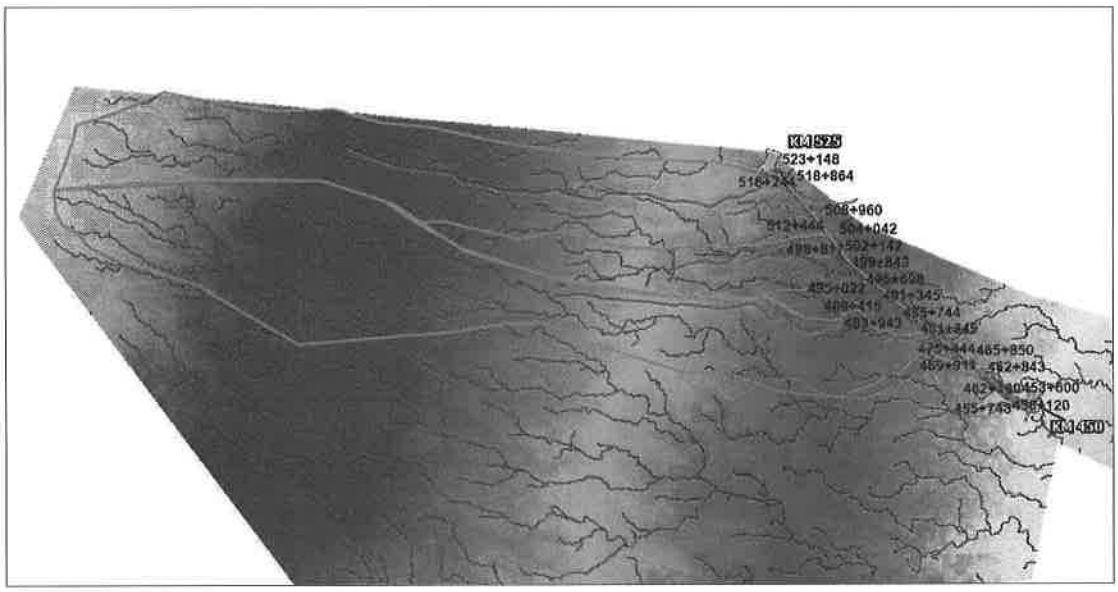


Figura 1: Cuencas delimitadas y Modelo Digital de Elevación-DEM (1).

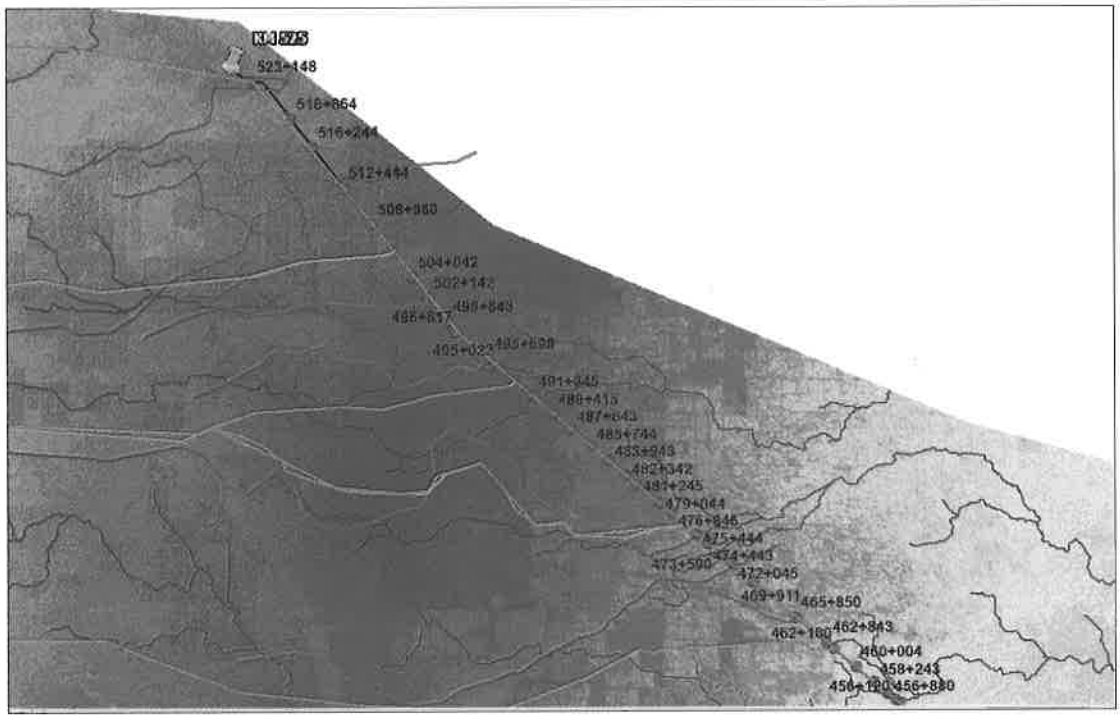


Figura 2: Cuencas delimitadas y Modelo Digital de Elevación-DEM (2).

En el caso de humedales y esteros no se realiza una delimitación convencional ya que el comportamiento de estos cuerpos de agua es variable; además, la información topográfica no es adecuada para representar las pendientes en sitios relativamente llanos. Por este motivo, en zonas de humedales se toma como objetivo principal el de identificar los sitios por donde el agua escurre, y

CONSORCIO STG SERVIC | HYTSA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

asegurar la continuidad del escurrimiento a ambos lados de los terraplenes. Luego se delimita "una zona de influencia" aproximada para estimar la dimensión de la obra. En estos casos, es más importante tener varias obras pequeñas que pocas obras grandes, de manera a mantener el patrón laminar de escurrimiento propio de zonas llanas.

Para llevar a cabo el cálculo de caudales, ya sea mediante simulación hidrológica o Método Racional, se deben obtener datos y parámetros para lograr una representación correcta del sistema, algunos de los cuales son: capacidad de infiltración, pendiente promedio, porcentaje impermeable, longitud de escurrimiento superficial, tiempo de concentración, etc. Estos parámetros se determinan a través de la topografía, utilizando el DEM descargado de ALOS-PALSAR, se determinan las líneas de flujo (dirección en que se mueve el agua). Una vez obtenidas estas líneas se procede a calcular la longitud y pendiente de las mismas.

En base al recorrido efectuado se ha comprobado el escurrimiento, determinándose la superficie de la cuenca y las condiciones de escurrimiento. Además, se verificaron las cotas y el trazado con los datos de las ortofotos. Las imágenes satelitales se utilizaron para determinar el uso del suelo dentro de la cuenca. En la siguiente figura se observa una imagen satelital georreferenciada de las cuencas (rojo). En color azul se muestra los cauces de drenaje principal y micro drenaje correspondiente. Las alcantarillas están representadas por el punto verde.

Figura 3: Imagen satelital de las subcuencas del Lote 7 (1).

CONSORCIO SHG
SERVIN C | HYTSA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

Figura 4: Imagen satelital de las subcuencas del Lote 7 (2).

4. CÁLCULO DE CAUDALES

En el presente capítulo se describe brevemente la metodología empleada para el cálculo de los caudales generados en la cuenca para su posterior estudio hidráulico y dimensionamiento de obras necesarias.

Para el presente informe se utilizó el método del Hidrograma Unitario Triangular (HUT) de la SCS. En donde el volumen de escorrentía es representado mediante el Número de Curva de la SCS.

Además del Número de Curva, otro parámetro de gran importancia para estimar hidrogramas de diseño que representen correctamente los efectos de atenuación que se pueden dar en terrenos con ciertas características como la baja pendiente y el grado de impermeabilización es el Factor de Pico. En la siguiente tabla se muestran valores típicos asociados a cuencas con distintas características.

CONSORCIO SHG | HYTSA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

Tabla 1: Factor Pico Recomendados

DESCRIPCIÓN GENERAL	***FACTOR DE PICO***
Áreas Urbanas; Pendientes Pronunciadas	575
Valor Típico del SCS	484
Urbano/Rural Mixto	400
Rural, Colinas	300
Rural, Pendientes Leves	200
Rural, Muy Plano	100

El factor de pico (PRF) es definido en función la pendiente de la cuenca.

4.1. Hidrograma Unitario Triangular de la SCS.

El método fue desarrollado por el U.S. Soil Conservation Service (S.C.S.), y es utilizado para el estudio de las cuencas hidrográficas con áreas mayores a 2 km^2. Representa la comparación gráfica de los gastos de escurrimiento contra el tiempo necesario para que estos se presenten.

La teoría del Hidrograma Unitario Triangular se sustenta en las siguientes propiedades:

- La precipitación efectiva se distribuye uniformemente en el tiempo o periodo de duración específica.
- La precipitación efectiva se distribuye uniformemente en toda el área de la cuenca de drenaje.

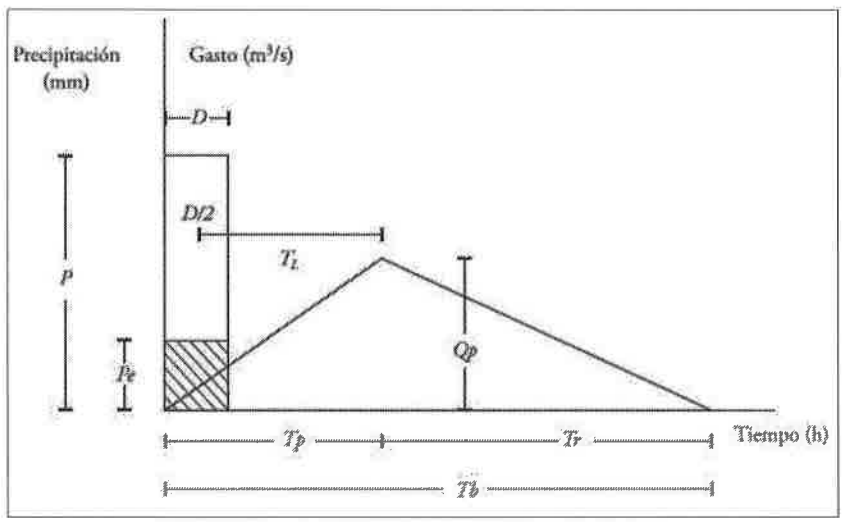


Figura 5: Esquema de cálculo del SCS HUT.

Procedimiento de cálculo para la determinación del caudal máximo

$$Q_P = PRF\frac{A}{T_p}$$

- qp : caudal pico del hidrograma unitario, en m3/s/mm.
- A : área de la cuenca, en Km2.
- Tp : tiempo de ocurrencia del caudal pico, en horas.

En donde se cumple lo siguiente,

$$T_P = \frac{D}{2} + T_l$$

$$T_l = 0.6t_c \qquad Tr = XT_p \qquad D = \frac{t_C}{12} \qquad T_b = T_P + T_r$$

Siendo

- D: tiempo de duración de la precipitación efectiva, en horas.
- tc : tiempo de concentración, en horas.
- Tl : tiempo de retardo, medido desde el centro de gravedad del hietograma de precipitación efectiva hasta el pico del hidrograma de escurrimiento, en horas.
- Tr : tiempo de recesión, medido desde el pico del hidrograma hasta su finalización, en horas.
- Tp : tiempo al pico, en horas.
- Tb : tiempo base del hidrograma triangular, en horas.

Precipitación efectiva

Es la parte de la lluvia total resultante de descontar las pérdidas por escorrentía superficial, percolación profunda y evaporación de la lluvia interceptada por el follaje o que puede aprovechar la vegetación para suplir sus demandas. La lluvia neta o precipitación efectiva a partir de:

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \qquad CN = \frac{25400}{254 + S}$$

- P: precipitación real total, en cm. Obtenida de las curvas IDF.
- S: máxima retención potencial.
- CN: Número de Curva

El valor de S se deduce del número de la curva de escurrimiento (CN – Curve Number), calculado en función del manejo del cultivo, de las propiedades y condiciones hidrológicas de infiltración del suelo. El valor de CN puede variar entre 0 y 100, siendo CN = 0 cuando no hay escurrimiento (S adopta

CONSORCIO SKG
SERVIC | HYTSA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

valores muy grandes o infinito), y CN = 100 (cuando el volumen del escurrimiento es igual al de la precipitación, luego S toma el valor cero).

Conocidas las precipitaciones efectivas para cada intervalo Δt definido, se procede al cálculo de los caudales de proyecto mediante el "álgebra de los Hidrogramas", o sea, multiplicando las precipitaciones efectivas por las ordenadas del Hidrograma unitario, reiteradas a intervalos de tiempo iguales al intervalo unitario considerado.

Los valores de las descargas del Hidrograma de proyecto, por tanto, serán dados por:

$$Qi = \Delta Pe1\text{-}0 \,.\, q1 + \Delta Pe2\text{-}1 \,.\, q2 + \Delta Pe3\text{-}2 \,.\, q3 + \ldots \Delta Pei\text{-}n.\ qi$$

El caudal de proyecto de la cuenca corresponderá al valor máximo de las combinaciones obtenidas en las descargas del Hidrograma de proyecto.

4.2. Tiempo de Concentración.

La duración del evento de precipitación se debe seleccionar en base al tiempo de concentración (Tc) de la cuenca.

El tiempo de concentración de una cuenca se encuentra en función de la pendiente media, la longitud del cauce, la forma de la cuenca, la cobertura del suelo y en menor escala de otros parámetros fisiográficos. Existen diversas ecuaciones o metodologías para la determinación del Tc, la mayoría de los cuales fueron desarrollados de manera empírica para cuencas específicas; por esto se recomienda tomar esta variable con cuidado, utilizar más de una metodología, y en caso de existir información adicional, ajustar los Tc de forma a obtener caudales que coincidan con la realidad.

Por definición el Tc es el tiempo que tarda en llegar el agua desde el punto hidráulicamente más alejado de la cuenca. Aplicando este concepto, al hacer que la duración de la lluvia hipotética sea igual al tiempo de concentración, se asegura que toda la cuenca se encuentra generando escorrentía que aporta al caudal de diseño utilizado para la verificación de las alcantarillas y puentes.

Para calcular el tiempo de concentración se utilizó la fórmula de Watt & Chow expresada a continuación. Esta formula de Tc genera tiempos mayores debido al retardo que sufre el agua dentro de la cuenca antes de llegar a las alcantarillas.

$$Tc = 7.68 \frac{\left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.79}}{60}$$

Siendo Tc el tiempo de concentración (min), L la longitud del curso de agua (km) y S la pendiente en m/m.

CONSORCIO SHG SERVIC | HYTSA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

4.3. Tiempo de Retorno y Precipitación de Diseño.

A los efectos de elegir el tiempo de recurrencia para calcular los caudales de proyecto, se ha seguido las pautas que figuran en el Manual de Carreteras del Paraguay del MOPC. Los períodos de recurrencia – TR - adoptados fueron los siguientes el que corresponde a ´´Obras de Puentes y Estructuras Afines´´:

Tabla 2: TR según el Manual de Carreteras MOPC.

Tipo de obra	Tipo de Ruta	Periodo de Retorno (años)		Vida Útil Supuesta (n: años)	Riesgo de Falla (%)	
		Diseño[4]	Verificación[5]		Diseño	Verificación
Estructuras Especiales [1]	RVP	200	300	50	22	15
Puentes[2]	α β	200 100	300 150	50 50	22 40	15 28
Alcantarillas (S>1.75 m²) o $H_{terraplen}$ ≥ 10 m y Estructuras Enterradas[3]	α β	100 50	150 100	50 30	40 45	28 26
Alcantarillas (S<1.75 m²)	α β	50 25	100 50	50 30	64 71	40 45
Defensas de Riberas	α β	100 100	- -	20 20	18 18	- -

Tabla 1: Periodos de retorno para diseño

S = Sección útil de la alcantarilla

RVP = Red Vial Primaria

α = Autopistas y Multicarriles

β = Caminos y Carreteras primarias.

[1] Estructuras especiales

[2] En el caso de Puentes, el cálculo de caudales en crecida está destinado a calcular la socavación en las fundaciones de las pilas. Iguales periodos de retorno se emplearán para el cálculo de socavaciones en puentes.

[3] Las Alcantarillas de drenaje construidas bajo terraplenes de altura mayores o iguales a 10 m deben diseñarse para estos Periodos de Retorno, cualquiera que sea su sección. En esta misma categoría se clasificarán las estructuras proyectadas bajo el nivel del terreno natural circundante, destinadas al cruce desnivelado de dos vías.

[4] Para la etapa de diseño de puentes y defensas de ribera, la revancha mínima asociada a la cota de aguas máximas para el periodo de retorno de diseño debe ser de 1,0 m.

[5] Para la verificación hidráulica de Puentes se considerará que la revancha asociada a la cota de aguas máximas para el periodo de retorno de verificación puede reducirse a 0,30 m.

El tiempo de retorno de una precipitación viene relacionado con la probabilidad de un evento y el riesgo de inundación que ello puede conllevar. Para la selección del tiempo de recurrencia, para las alcantarillas de menor porte (área < 1.75m²) se adopta un tiempo de recurrencia (TR) de 25 años para el diseño, en el caso de obras mayores (S > 1.75m²) se utiliza un TR de 50 años y para puentes un TR de 100 años tal como está establecido.

Como el trazado corresponde a una de las rutas principales de la región, se adopta un TR igual a 50 años para el dimensionamiento de las alcantarillas, con verificación para 100 años. Y para puentes se adoptan los valores de 100 y 150 años respectivamente.

Para el cálculo de caudales, se requiere introducir una intensidad de diseño, y para determinar la misma se utilizó una curva IDF. La expresión para calcular las intensidades en cada estación, responde a la fórmula siguiente:

CONSORCIO SHG SERVIN C | HYTSA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

$$I = \frac{c\,TR^n}{(tc + d)^m}$$

En donde I es la intensidad expresada en mm/h; tc es el tiempo de concentración en minutos; Tr es el tiempo de retorno en años; c, d, m, n son coeficientes determinados empíricamente.

Debido a la cercanía geográfica de la zona de estudio de la ciudad de Mariscal Estigarribia, se optó por utilizar las curvas IDF de esta ciudad.

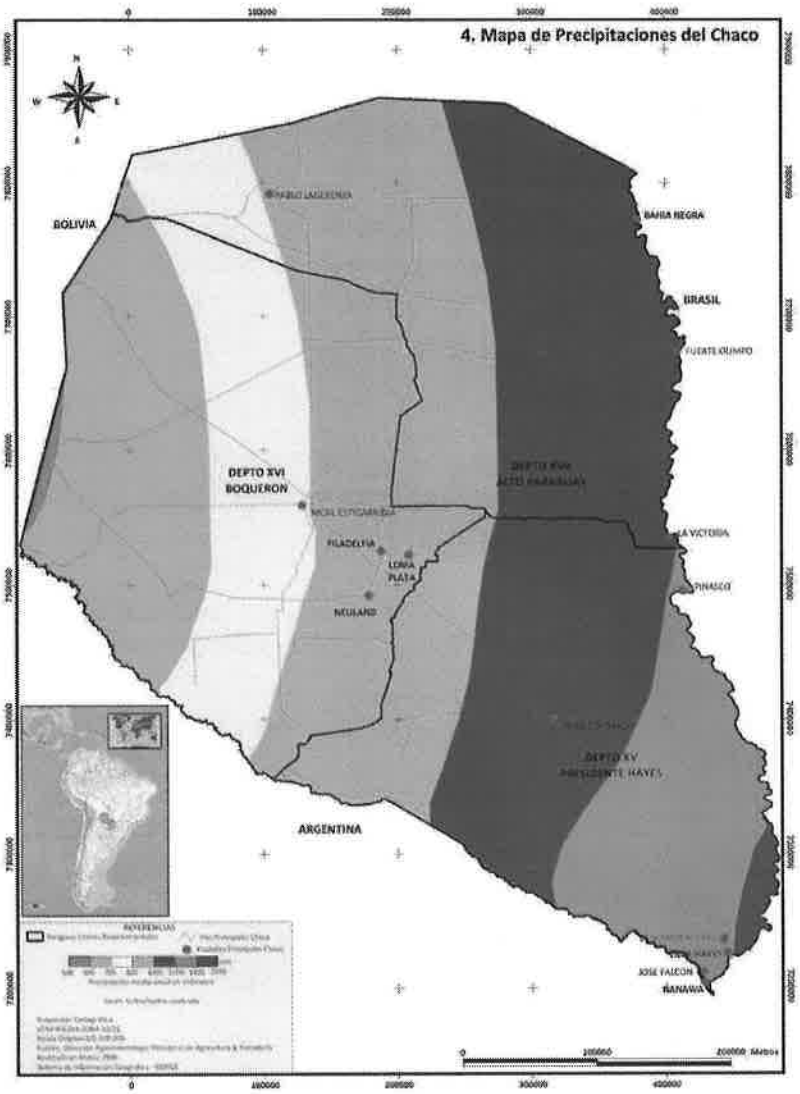


Figura 6: Precipitaciones anuales del Chaco.

Para la simulación se toma los valores de intensidades mayores, y son calculados con la curva IDF de Concepción y/o Mariscal Estigarribia tal como sigue.

CONSORCIO SHG
SERVIT C | HYTSA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

Tabla 3: Parámetros para la Curva IDF

PARÁMETROS	MCAL ESTIGARRIBIA
C	6926.2
N	0.2337
M	1.1195
D	43

Fuente: Cuevas-Rolón (2009)

Por lo tanto, la expresión anterior se reduce a la siguiente fórmula:

$$I = \frac{6926.24\, Tr^{0.23371}}{(tc + 43)^{1.11948}}$$ Para Mcal. Estigarribia

4.4. Factor de reducción areal de la precipitación.

Debido a la baja pendiente de la zona, los tiempos de concentración son largos, y en algunos casos se tienen duraciones de hasta días. Por otro lado, las superficies de las cuencas son extensas en ciertas ocasiones. Por ello, aplicar la teoría de hacer precipitar una lluvia igual al tiempo de duración, en toda la cuenca, podría no ser una aproximación muy precisa a la realidad. Este hecho se maximiza en regiones como el Chaco. Para mitigar este fenómeno, se utiliza un factor de reducción de área.

Para el Factor de Reducción de la Lluvia Puntual por Área de Drenaje, se tiene en cuenta que en general, la precipitación para una duración determinada (es decir, la intensidad promedio) decrece desde el centro de las tormentas, a medida que se incrementa la distancia a partir de este punto. La precipitación máxima es representativa del centro de las tormentas, por lo cual la precipitación promedio en la totalidad del área de drenaje deberá ser menor, dependiendo del tamaño y forma de la cuenca, de las tormentas históricas registradas y de la localización del centro de precipitación máxima.

Para el cálculo de este parámetro, se decidió emplear el Factor de Reducción calculado mediante la formulación de Fruhling, la ecuación tomada del Institution of Civil Engineers, Proceedings, 2nd Part, "Flood Studies Report", Volume 65 y la corrección presentada por la norma española (Norma 5.2-IC, Ministerio de Fomento 2016). Para el cálculo se promediaron los tres factores.

- <u>Fórmula de Fhrüling</u>

El coeficiente de reducción de la lluvia por el tamaño del área de drenaje se ha calculado, en primer término, de acuerdo con la ecuación de Fhrüling que expresa:

$$I_m = I_o\,(1 - 0.0054\, A^{0.25})$$

En donde:

- I_m: Intensidad corregida, mm/h.
- I_o: Intensidad de lluvia en el intervalo, mm/h.
- A: Area de la cuenca, m²

- Fórmula del Institution of Civil Engineers

Esta metodología fue presentada para Inglaterra por el Institution of Civil Engineers, Proceedings, 2nd Part, "Flood Studies Report", Volume 65, Research and Theory, June 1978, que expresa:

$$I_m = I_o\,(1 - 0.0268\,tc^{-0.261}A^{0.387})$$

En donde:

- I_m: Intensidad corregida, mm/h.
- I_o: Intensidad de lluvia en el intervalo, mm/h.
- tc: Tiempo de concentración, hs
- A: Área de drenaje en km²

- Corrección según la Norma Española.

Para cuencas menores a 100 hectáreas, este valor es 1.

$$I_m = I_o\,(1 - \mathrm{Log}_{10}(A/15))$$

En donde:

- I_m: Intensidad corregida, mm/h.
- I_o: Intensidad de lluvia en el intervalo, mm/h.
- A: Área de drenaje en km²

- Corrección según SCS.

Para áreas superiores a 25 km2, se debe utilizar el factor de reducción de altura de precipitación, con el cual se obtiene un valor de precipitación total corregido (I').

$$I' = I(1 - 0.1 \times \log_{10} A\,/25)$$

Donde:

- I' = precipitación total corregida en mm.
- I = precipitación total real en mm.
- A = área de la cuenca hidrográfica en km².

Finalmente, una vez hallado los cuatro valores, se calcula el promedio y dicho valor se multiplica con la intensidad de la precipitación en cada intervalo correspondiente.

CONSORCIO SHG SERVIC | HYISA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora Asunción S.A. y Asociados / 32

4.5. Parámetros de cálculos por subcuencas.

A continuación se presentan los datos de entrada para los cálculos de los caudales. Toda el área de aporte del trazado ha sido dividida en varias cuencas principales. Luego, el caudal ha sido distribuido para cada una de las alcantarillas que se encuentran dentro del área de influencia de cada cuenca.

4.6. Caudales Calculados

A continuación, se presentan los caudales calculados que desaguan por cada una de las alcantarillas y puentes. Se indican las progresivas correspondientes por donde descarga cada subcuenca. Los resultados se presentan en forma tabular.

Tabla 4: Caudales de diseño.

Caudales				
ID	**Prog.**	**Q TR 50**	**Q TR 100**	**Tipo**
1	452+201	10.4		Existente
2	453+600			*Nueva*
3	455+743			Existente
4	456+120			Existente
5	456+880			Existente
6	458+243			Existente
7	460+004			Existente
8	462+180			Existente
9	462+843		42.6	Existente
10	465+850			*Nueva*
11	469+911			Existente
12	472+045			Existente
13	473+142			Existente
14	473+590			**Puente**
15	474+443			Existente
16	475+444			Existente
17	476+846	13.0		Existente
18	479+044			Existente
19	481+245			Existente
20	482+342			Existente
21	483+943			Existente
22	485+744			Existente
23	487+643			Existente
24	489+415			Existente
25	491+345			Existente
26	495+022			Existente

CONSORCIO SHG
SERVIC | HYTSA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

27	495+698			**Existente**
28	498+817			**Existente**
29	499+843	**7.5**		**Existente**
30	502+142			**Existente**
31	504+042			**Existente**
32	508+960			***Nueva***
33	512+444			**Existente**
34	516+244	**9.6**		**Existente**
35	518+864			**Existente**
36	523+148			**Existente**

5. DIMENSIONAMIENTO DE OBRAS

El diseño de las alcantarillas se realiza considerando los caudales obtenidos en el capítulo anterior. Existen diversos métodos para el dimensionamiento de alcantarillas, y cada uno depende de las características del sitio de emplazamiento. Para el presente proyecto se utiliza como base la metodología descrita en el Manual de Drenagem de Rodovias, del Departamento de Transporte, Brasil (DNIT). En el mismo, se mencionan las posibles situaciones de diseño:

a. Como canal

1. Régimen supercrítico
2. Régimen subcrítico

b. Como vertedero u orificio

Si la topografía del sitio de emplazamiento, es favorable, se puede adoptar el diseño como canal en régimen supercrítico. Esto es posible porque se tiene un relieve pronunciado, con pendientes iguales o superiores a la pendiente mínima requerida para esta situación (pendiente crítica). Para situaciones muy particulares, como el caso donde el cauce es muy pronunciado y profundo en relación a la rasante a ser adoptada, la alcantarilla puede ser diseñada como orificio, permitiendo a la misma trabajar sumergida y con carga hidráulica. Se tiene especial consideración a las Especificaciones Técnicas Generales para el Diseño de Puentes y Drenajes (Diseño de Obras Viales, Módulo III-B, MOPC).

Así también, en los casos especiales en que el relieve es escaso (zonas bajas, humedales, etc.), el diseño se realiza asumiendo un régimen subcrítico, el cual tiene un procedimiento de cálculo distinto, y requiere obras de arte de dimensiones mayores para un mismo caudal. El procedimiento de cálculo para esta situación se detalla en el manual del DNIT. Además de las recomendaciones citadas, se utilizan los siguientes criterios de diseño:

- Diámetro mínimo: En el caso de que la diferencia de nivel entre el terreno natural y la rasante de la carretera sea adecuada, se recomienda un diámetro mínimo de 1000 mm.
- Cota de fondo: La base de la alcantarilla ("invert") deberá ser ubicada levemente por debajo del terreno natural.
- Condiciones de control de entrada / salida: Todas las alcantarillas deberán ser evaluadas también para condiciones de control de salida.

CONSORCIO SHG
SERVIN C | HYTSA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

Para el pre-dimensionamiento de las alcantarillas, se utiliza la metodología del DNIT. Se asume que tanto la entrada como la salida no se encuentran sumergidas, de manera a que el flujo podría considerarse como canal en lugar de orificio.

Se utiliza la misma pendiente longitudinal que el proyecto referencial (0.005 m/m) para las alcantarillas. Para todas las secciones contractuales, la pendiente longitudinal es menor a la pendiente crítica de las secciones. Por ende, el flujo dentro de la alcantarilla será en régimen subcrítico.

Utilizando las ecuaciones de flujo uniforme para régimen subcrítico se confecciona la siguiente tabla para estimar capacidades de las alcantarillas.

Se adopta una relación y/H entre 0.85 y 0.95 para alcantarillas menores y para alcantarillas de gran porte y/H=0.70. Nótese que la altura crítica de una sección puede aproximarse a 2/3 (0.67) de la carga hidráulica total. De manera que, si se asume que la carga hidráulica total en la entrada coincide con la altura total de la alcantarilla, un nivel de agua de 0.70 o 0.75, está por encima de la altura crítica, confirmando que la alcantarilla trabaja en régimen subcrítico.

Se asume además que la capacidad del canal de aguas abajo es mayor a la capacidad de las alcantarilla. A continuación, las siguientes tablas resumen las capacidades de las alcantarillas. Estos valores deben satisfacer la siguiente condición:

$$Q_{cuenca} \leq Q_{Alcantarilla}$$

Se tiene que la capacidad de la alcantarilla indicada en las Tabla 5 y Tabla 6 debe ser mayor a los caudales calculados que fueron presentados en la Tabla 4 del presente informe.

Tabla 5: Capacidad de alcantarillas celulares, como canal.

Parámetro	**Alc. Cel.**	ACS 1.00x1.00
Ancho	**B [m]**	1.00
Altura	**H [m]**	1.00
Espesor	**e [m]**	0.25
Pend. Crítica	**Ic [%]**	0.78%
Altura Crítica	**Hc [m]**	0.67
Vel. Crítica	**Vc [m/s]**	2.56
Caudal Crítico	**Qc [m³/s]**	1.71
Nivel agua/Altura	**y/H [-]**	**0.75**
Coef. Manning	**n [-]**	0.015
Pendiente	**S [m/m]**	**0.005**
Pendiente	**S [%]**	0.5
Ancho mojado	**B [m]**	1.00
Nivel agua	**Hw [m]**	0.75
Área mojada	**A [m²]**	0.75
Perímetro	**P [m]**	2.50
Radio Hidráulico	**R [m]**	0.30
Radio Hidráulico	**$R^{2/3}$ [m]**	0.45

CONSORCIO SYG SERVIC | HYTSA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociadas /32

Parámetro	Alc. Cel.	ACS 1.00x1.00
Vel. Alc	V [m/s]	2.11
Capacidad Alc.	Q [m^3/s]	**1.5**
Nro. Froude	Fr [-]	0.544
Coef. carga	Ke [-]	0.5
Altura de Vel.	$K_eV^2/2g$ [m]	0.11
Carga Dinámica	He [m]	0.86
Paquete Estr.	Hpaq [m]	0.30
Altura Rasante	H+e+Hpaq [m]	1.55
Diferencia (>0.30)	dh [m]	**0.69**

Tabla 6: Capacidad de alcantarillas tubulares, como canal.

Parámetro	Alc. Tub.	ATS - D:0.80
Diámetro	D [m]	0.80
Pend. Crítica	Ic [%]	0.62%
Espesor	e [m]	0.08
Altura Crítica	Hc [m]	0.53
Ángulo crítico	θc [rad]	3.821
Vel. Crítica	Vc [m/s]	2.29
Caudal Crítico	Qc [m^3/s]	0.8143
Nivel agua/Diámetro	y/D [-]	**0.95**
Coef. Manning	n [-]	0.013
Pendiente	S [m/m]	**0.005**
Pendiente	S [%]	0.5
Ángulo de llenado	θ [rad]	5.381
Nivel agua	Hw [m]	0.76
Ancho Sup. Mojada	T [m]	0.349
Área mojada	A [m^2]	0.4933
Radio Hidráulico	R [m]	0.2292
Radio Hidráulico	$R^{2/3}$ [m]	0.37
Vel. Alc	V [m/s]	2.04
Capacidad Alc.	Q [m^3/s]	**1.0**
Nro. Froude	Fr [-]	0.746
Coef. carga	Ke [-]	0.5
Altura de Vel.	$K_eV^2/2g$ [m]	0.11
Carga Dinámica	He [m]	0.87
Paquete Estr.	Hpaq [m]	0.30
Altura Rasante	D+e+Hpaq [m]	1.18
Diferencia (>0.30)	dh [m]	**0.31**

CONSORCIO SHG
SERVIN C | HYTSA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

5.1. Verificación de alcantarillas

En la Tabla 7 se presenta la planilla de implantación de las alcantarillas. Se indican las progresivas, las alcantarillas necesarias, y así también el caudal de diseño.

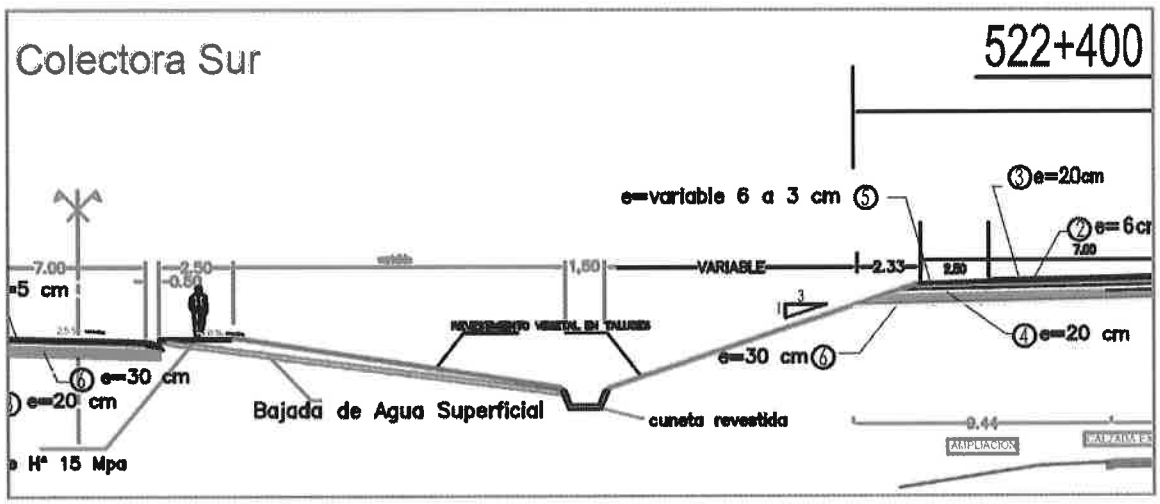
Para verificar los cálculos, de forma alternativa, se emplea el modelo HY8, en donde se introducen las dimensiones calculadas y se corrobora el comportamiento de las mismas utilizando los caudales de diseño y verificación.

El modelo hidráulico para resolución de alcantarillas HY8 fue desarrollado por la Federal Highway Administration del U.S. Department of Transportation. Actualmente es uno de los modelos hidráulicos que corre en un programa de distribución gratuita (software libre) y es de sencilla utilización.

En la tabla a continuación se presenta la planilla de implantación de las alcantarillas. Se indican las progresivas, las alcantarillas necesarias, y así también el caudal de diseño.

5.2. Drenaje Urbano de las Colectoras – Mcal Estigarribia

Considerando el aporte lineal de caudal de pista, se recomienda la construcción de cunetas revestidas entre la ruta y las colectoras. Debido a la poca pendiente longitudinal de las cunetas, su capacidad es reducida por lo que es recomendable revestir la sección a fin de aumentar la capacidad y proteger la el pie del terraplén de posibles filtraciones.



CONSORCIO SHG
SERVIC | HYTSA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

Tabla 7: Planilla de implantación de alcantarillas.

Caudales			ALCANTARILLAS EXISTENTES			OBRAS A CONSTRUIR				ALCANTARILLA EXISTENTE				ALCANTARILLA NUEVA				
ID	Prog.	Q m3/s	Obra Existente	Dimension Existente (m)	Cantidad	Obra Nueva	Dimen. Obra Nueva (m)	Cantidad	Observaciones	Tipo	D o B [m]	Q TOTAL [m³/s]	Q OBRAS EXIST. [m³/s]	Tipo	D o B [m]	Q unit [m³/s]	Q TOTAL [m³/s]	Q OBRAS NUEVAS. [m³/s]
1	452+201		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
2	453+600					ACDH	1.0x1.0	2	**Agregar Obra**					Celular	1.00	**1.6**	3.2	
3	455+743		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
4	456+120		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
5	456+880	**10.4**	ATSH	0.8	1	ACSH	1.0x1.0	1	Mantener Existente y Agregar Obra	Tubular	0.80	0.9	6.0	Celular	1.00	**1.6**	1.6	4.8
6	458+243		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubu ar	0.80	0.9						
7	460+004		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubu ar	0.80	0.9						
8	462+180		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
9	462+843		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
10	465+850					ACDH	1.0x1.0	2	**Agregar Obra**					Celular	1.00	**1.5**	2.9	
11	469+911		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
12	472+045		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
13	473+142	**42.6**	ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9	36.9					5.8
14	473+590		PUENTE		1				Mantener	PUENTE	30.00	31.7						
15	474+443		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
16	475+444		ATSH	0.8	1	ACDH	1.0x1.0	2	Mantener Existente y Agregar Obra	Tubular	0.80	0.9		Celular	1.00	**1.5**	2.9	
17	476+846		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
18	479+044		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
19	481+245	**13.0**	ATSH	0.8	1	ACTH	1.0x1.0	3	Mantener Existente y Agregar Obra	Tubular	0.80	0.9	7.8	Celular	1.00	**1.7**	5.2	5.2

CONSORCIO SHG
SERVIN C | HYTSA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

Caudales			ALCANTARILLAS EXISTENTES			OBRAS A CONSTRUIR				ALCANTARILLA EXISTENTE				ALCANTARILLA NUEVA				
ID	Prog.	Q m3/s	Obra Existente	Dimension Existente (m)	Cantidad	Obra Nueva	Dimen. Obra Nueva (m)	Cantidad	Observaciones	Tipo	D o B [m]	Q TOTAL [m³/s]	Q OBRAS EXIST. [m³/s]	Tipo	D o B [m]	Q unit [m³/s]	Q TOTAL [m³/s]	Q OBRAS NUEVAS. [m³/s]
20	482+342		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
21	483+943		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
22	485+744		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
23	487+643		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
24	489+415		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
25	491+345		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
26	495+022		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
27	495+698		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
28	498+817	7.5	ATSH	0.8	1	ACDH	1.0x1.0	2	Mantener Existente y Agregar Obra	Tubular	0.80	0.9	5.2	Celular	1.00	1.5	2.9	2.9
29	499+843		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
30	502+142		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
31	504+042		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
32	508+960					ACTH	1.0x1.0	3	Agregar Obra					Celular	1.00	2.1	6.4	
33	512+444		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
34	516+244	9.6	ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9	3.5					6.4
35	518+864		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						
36	523+148		ATSH	0.8	1				Prolongar	Tubular	0.80	0.9						

CONSORCIO SHG
SERVIC | HYTSA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

6. ANEXOS: Cálculo de Caudales

Cálculo de Caudal de Diseño

Q: 10.4 m3/s

Tramo:	Ruta 9 - Lote 7	Prog:	Arroyo:

Características de la Cuenca

Área (A):	9,588	ha
Área (A):	95,88	km²
Longitud (L):	17000	m
Pendiente (i):	0.025	%
Desnivel (dh):	4.3	m
SCS Curve Number:	74	
Almacenam. (S):	89.2	mm
Porcentaje retenc.:	20%	
Abstracc. Inic. (Ia):	17.8	mm

Tiempo de Concentración y Factor Pico (SCS)

Fórmula:	WATT & CHOW		β calculado:	0,20
Tc:	1906,5	min	X calculado:	9,08
Tc:	31.77	hs	X adoptado:	12,00
			1+X:	13.00
Δt:	158,9	min		
Δt Adop.	158.9	min	PRF (Inglés):	99.2
tp:	1143.9	min	PRF (SI):	0.43
Tp:	1223.3	min		
Tr:	14679.8	min	Vol. hasta el pico:	7,7%
Tb:	15903,1	min	qp:	2.01 m³/s/cm

IDF, TR

TR:	50	años
IDF:	Mcal. Estigarribia	
c:	6926.24	
n:	0.23371	
d:	43.00	
m:	1.11948	

MÉTODO DE LAS ABSTRACCIONES (SCS)

Distribución temporal de la precitación: Decreciente

Cálculo de la Precipitación Efectiva

Intervalo (min)	Pinc (mm)	Pacum (mm)	S (mm)	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe Acum (mm)	Pe Inc (mm)	Pe Inc (cm)
0.0	0.00	0.00	89.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
158.9	106.57	106.57	89.24	17.85	44.49	44.23	44.23	4.42
317.7	4.71	111.28	89.24	17.85	45.65	47.79	3.56	0.36
476.6	0.34	111.62	89.24	17.85	45.73	48.05	0.26	0.03
635.5	1.21	112.83	89.24	17.85	46.01	48.97	0.92	0.09
794.4	1.35	114.18	89.24	17.85	46.33	50.01	1.04	0.10
953.2	1.31	115.49	89.24	17.85	46.63	51.02	1.01	0.10
1112.1	1.22	116.72	89.24	17.85	46.90	51.96	0.95	0.09
1271.0	1.13	117.85	89.24	17.85	47.16	52.84	0.88	0.09
1429.9	1.04	118.89	89.24	17.85	47.39	53.65	0.81	0.08
1588.7	0.96	119.85	89.24	17.85	47.60	54.40	0.75	0.08
1747.6	0.89	120.74	89.24	17.85	47.79	55.10	0.70	0.07
1906.5	0.83	121.57	89.24	17.85	47.97	55.75	0.65	0.06

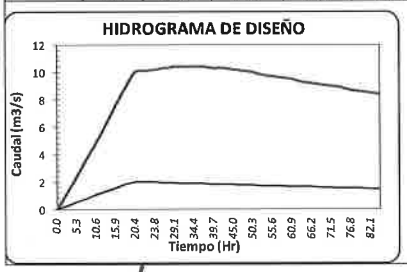
K SCS	0.94
K Españ.	0.87
K Fhruling	0.80
K In.Cv.Eng	0.94
K comb. IDF	1.00
k POND	0.89

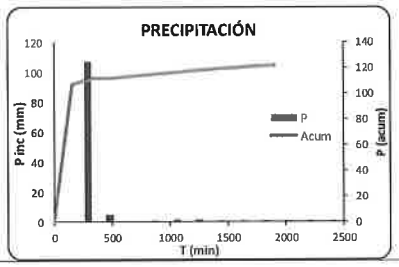
Precipitación Incremental

Intervalo (min)	Intensidad (mm/h)	P acum (mm)	P inc (mm)
0.0	0.0	0.0	0.0
158.9	45.4	106.6	106.6
317.7	23.7	111.3	4.7
476.6	15.8	110.9	0.3
635.5	11.7	109.7	1.2
794.4	9.2	108.4	1.4
953.2	7.6	107.1	1.3
1112.1	6.4	105.8	1.2
1271.0	5.6	104.7	1.1
1429.9	4.9	103.7	1.0
1588.7	4.4	102.7	1.0
1747.6	3.9	101.8	0.9
1906.5	3.6	101.0	0.8

HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

		P inc (cm)												
Intervalo (hr)	qi	4.42	0.36	0.03	0.09	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	Q tot (m3/s)
0.0	0.00													0.0
2.6	0.26	1.15												1.2
5.3	0.52	2.31	0.09											2.4
7.9	0.78	3.46	0.19	0.01										3.7
10.6	1.04	4.62	0.28	0.01	0.02									4.9
13.2	1.30	5.77	0.37	0.02	0.05	0.03								6.2
15.9	1.57	6.93	0.46	0.03	0.07	0.05	0.03							7.6
18.5	1.83	8.08	0.56	0.03	0.10	0.08	0.05	0.02						8.9
20.4	2.01	8.89	0.65	0.04	0.12	0.11	0.08	0.05	0.02					10.0
21.2	2.00	8.86	0.71	0.05	0.14	0.14	0.11	0.07	0.05	0.02				10.1
23.8	1.98	8.76	0.71	0.05	0.17	0.16	0.13	0.10	0.07	0.04	0.02			10.2
26.5	1.96	8.67	0.70	0.05	0.19	0.19	0.16	0.12	0.09	0.06	0.04	0.02		10.3
29.1	1.94	8.57	0.70	0.05	0.19	0.21	0.18	0.15	0.11	0.08	0.06	0.04	0.02	10.4
31.8	1.92	8.48	0.69	0.05	0.18	0.21	0.20	0.17	0.14	0.11	0.08	0.05	0.03	10.4
34.4	1.89	8.38	0.68	0.05	0.18	0.21	0.20	0.19	0.16	0.13	0.10	0.07	0.05	10.4
37.1	1.87	8.28	0.67	0.05	0.18	0.20	0.20	0.19	0.18	0.15	0.12	0.09	0.07	10.4
39.7	1.85	8.19	0.67	0.05	0.18	0.20	0.20	0.19	0.18	0.16	0.14	0.11	0.08	10.3
42.4	1.83	8.09	0.66	0.05	0.18	0.20	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.13	0.10	10.3
45.0	1.81	7.99	0.65	0.05	0.17	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.12	10.2
47.7	1.79	7.90	0.64	0.05	0.17	0.19	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	10.1
50.3	1.76	7.80	0.64	0.05	0.17	0.19	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	10.0
53.0	1.74	7.71	0.63	0.05	0.17	0.19	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	9.8
55.6	1.72	7.61	0.62	0.05	0.17	0.19	0.18	0.18	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	9.7
58.3	1.70	7.51	0.61	0.05	0.16	0.18	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	9.6
60.9	1.68	7.42	0.60	0.04	0.16	0.18	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	9.5
63.5	1.66	7.32	0.60	0.04	0.16	0.18	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	9.3
66.2	1.63	7.23	0.59	0.04	0.16	0.18	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	9.2
68.8	1.61	7.13	0.58	0.04	0.16	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	9.1
71.5	1.59	7.03	0.57	0.04	0.15	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	9.0
74.1	1.57	6.94	0.57	0.04	0.15	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	8.9
76.8	1.55	6.84	0.56	0.04	0.15	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	8.7
79.4	1.52	6.74	0.55	0.04	0.15	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	8.6
82.1	1.50	6.65	0.54	0.04	0.14	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	8.5
84.7	1.48	6.55	0.53	0.04	0.14	0.16	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	8.4





I max:	45	mm/hr
P acum:	121.6	mm
P max:	106.6	mm

Q Max:	10.4	m³/s
TR:	50	años

CONSORCIO SHG
SERVIC | HYISA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

Cálculo de Caudal de Diseño

Q: 42.6 m3/s

Tramo:	*Ruta 9 - Lote 7*	**Prog:**	**Arroyo:**

Características de la Cuenca		
Área (A):	**342,900**	ha
Área (A):	3429	km^2
Longitud (L):	**350000**	m
Pendiente (i):	**0.025**	%
Desnivel (dh):	**87.5**	m
SCS Curve Number:	**77**	
Almacenam. (S):	75.9	mm
Porcentaje retenc.:	20%	
Abstracc. Inic. (Ia):	15.2	mm

Tiempo de Concentración y Factor Pico (SCS)				
Fórmula:	**WATT & CHOW**		**β calculado:**	0.20
Tc:	20796.4	min	**X calculado:**	9.08
Tc:	346.61	hs	**X adoptado:**	**12.00**
			1+X:	13.00
Δt:	1733.0	min		
Δt Adop.	**1733.0**	min	**PRF (Inglés):**	99.2
tp:	12477.9	min	**PRF (SI):**	**0.43**
Tp:	13344.4	min		
Tr:	160132.5	min	**Vol. hasta el pico:**	7.7%
Tb:	173476.8	min	**qp:** 6.59	$m^3/s/cm$

IDF, TR		
TR:	**100**	**años**
IDF:	**Mcal. Estigarribia**	
c:	6926.24	
n:	0.23371	
d:	43.00	
m:	1.11948	

MÉTODO DE LAS ABSTRACCIONES (SCS)

Distribución temporal de la precitación: **Decreciente**

Cálculo de la Precipitación Efectiva

Intervalo (min)	PInc (mm)	Pacum (mm)	S (mm)	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe Acum (mm)	Pe Inc (mm)	Pe Inc (cm)
0.0	**0.00**	0.00	75.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1733.0	**105.25**	105.25	75.87	15.17	41.18	48.89	48.89	4.89
3466.1	**7.04**	112.29	75.87	15.17	42.59	54.52	5.62	0.56
5199.1	**4.21**	116.50	75.87	15.17	43.39	57.94	3.42	0.34
6932.1	**2.97**	119.47	75.87	15.17	43.92	60.37	2.43	0.24
8665.2	**2.27**	121.74	75.87	15.17	44.32	62.25	1.87	0.19
10398.2	**1.83**	123.57	75.87	15.17	44.63	63.77	1.52	0.15
12131.2	**1.53**	125.10	75.87	15.17	44.89	65.04	1.27	0.13
13864.3	**1.31**	126.41	75.87	15.17	45.11	66.13	1.09	0.11
15597.3	**1.14**	127.56	75.87	15.17	45.29	67.09	0.96	0.10
17330.4	**1.01**	128.57	75.87	15.17	45.46	67.94	0.85	0.08
19063.4	**0.91**	129.48	75.87	15.17	45.60	68.70	0.76	0.08
20796.4	**0.82**	130.30	75.87	15.17	45.73	69.39	0.69	0.07

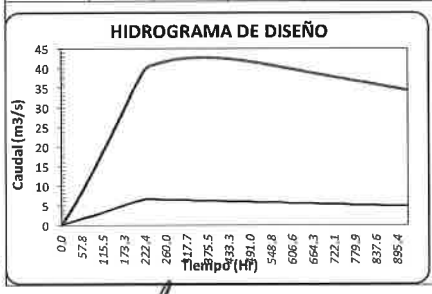
K SCS	0.79
K Españ.	0.76
K Fhruling	0.70
K In.Cv.Eng	0.86
K comb. IDF	1.00
k POND	**0.78**

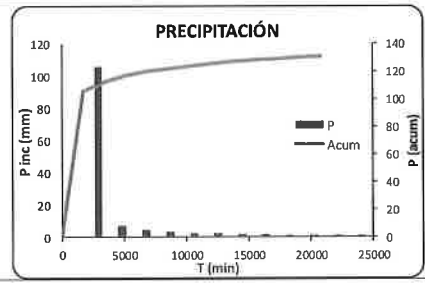
Precipitación Incremental

Intervalo (min)	Intensidad (mm/h)	P acum (mm)	P inc (mm)
0.0	0.0	0.0	0.0
1733.0	4.7	105.3	105.3
3466.1	2.2	98.2	7.0
5199.1	1.4	94.0	4.2
6932.1	1.0	91.0	3.0
8665.2	0.8	88.8	2.3
10398.2	0.6	86.9	1.8
12131.2	0.5	85.4	1.5
13864.3	0.5	84.1	1.3
15597.3	0.4	82.9	1.1
17330.4	0.4	81.9	1.0
19063.4	0.3	81.0	0.9
20796.4	0.3	80.2	0.8

HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

Intervalo (hr)	qi	P inc (cm) 4.89	0.56	0.34	0.24	0.19	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.08	0.07	Q tot (m3/s)
0.0	0.00													**0.0**
28.9	0.86	4.18												**4.2**
57.8	1.71	8.37	0.48											**8.8**
86.7	2.57	12.55	0.96	0.29										**13.8**
115.5	3.42	16.74	1.44	0.59	0.21									**19.0**
144.4	4.28	20.92	1.93	0.88	0.42	0.16								**24.3**
173.3	5.13	25.10	2.41	1.17	0.62	0.32	0.13							**29.8**
202.2	5.99	29.29	2.89	1.46	0.83	0.48	0.26	0.11						**35.3**
222.4	6.59	32.22	3.37	1.76	1.04	0.64	0.39	0.22	0.09					**39.7**
231.1	6.57	32.11	3.71	2.05	1.25	0.80	0.52	0.33	0.19	0.08				**41.0**
260.0	6.50	31.76	3.69	2.26	1.46	0.96	0.65	0.44	0.28	0.16	0.07			**41.7**
288.8	6.42	31.41	3.65	2.25	1.60	1.12	0.78	0.54	0.37	0.25	0.15	0.07		**42.2**
317.7	6.35	31.07	3.61	2.22	1.60	1.24	0.91	0.65	0.47	0.33	0.22	0.13	0.06	**42.5**
346.6	6.28	30.72	3.57	2.20	1.58	1.23	1.00	0.76	0.56	0.41	0.29	0.20	0.12	**42.6**
375.5	6.21	30.37	3.53	2.18	1.56	1.22	1.00	0.84	0.65	0.49	0.36	0.26	0.18	**42.6**
404.4	6.14	30.02	3.49	2.15	1.55	1.20	0.99	0.84	0.72	0.57	0.44	0.33	0.24	**42.5**
433.3	6.07	29.67	3.45	2.13	1.53	1.19	0.98	0.83	0.72	0.63	0.51	0.39	0.30	**42.3**
462.1	6.00	29.32	3.41	2.10	1.51	1.18	0.96	0.82	0.71	0.63	0.56	0.46	0.35	**42.0**
491.0	5.93	28.97	3.37	2.08	1.49	1.16	0.95	0.81	0.70	0.62	0.56	0.50	0.41	**41.6**
519.9	5.85	28.62	3.33	2.05	1.48	1.15	0.94	0.80	0.69	0.61	0.55	0.50	0.46	**41.2**
548.8	5.78	28.28	3.29	2.03	1.46	1.14	0.93	0.79	0.69	0.61	0.55	0.50	0.45	**40.7**
577.7	5.71	27.93	3.25	2.00	1.44	1.12	0.92	0.78	0.68	0.60	0.54	0.49	0.45	**40.2**
606.6	5.64	27.58	3.21	1.98	1.42	1.11	0.91	0.77	0.67	0.59	0.53	0.48	0.44	**39.7**
635.4	5.57	27.23	3.17	1.96	1.41	1.10	0.90	0.76	0.66	0.59	0.53	0.48	0.44	**39.2**
664.3	5.50	26.88	3.13	1.93	1.39	1.08	0.89	0.75	0.66	0.58	0.52	0.47	0.43	**38.7**
693.2	5.43	26.53	3.09	1.91	1.37	1.07	0.88	0.75	0.65	0.57	0.52	0.47	0.43	**38.2**
722.1	5.36	26.18	3.05	1.88	1.35	1.06	0.87	0.74	0.64	0.57	0.51	0.46	0.42	**37.7**
751.0	5.28	25.84	3.01	1.86	1.34	1.04	0.86	0.73	0.63	0.56	0.50	0.46	0.42	**37.2**
779.9	5.21	25.49	2.97	1.83	1.32	1.03	0.85	0.72	0.62	0.55	0.50	0.45	0.41	**36.7**
808.7	5.14	25.14	2.93	1.81	1.30	1.02	0.83	0.71	0.62	0.55	0.49	0.45	0.41	**36.3**
837.6	5.07	24.79	2.89	1.78	1.29	1.00	0.82	0.70	0.61	0.54	0.48	0.44	0.40	**35.8**
866.5	5.00	24.44	2.85	1.76	1.27	0.99	0.81	0.69	0.60	0.53	0.48	0.44	0.40	**35.3**
895.4	4.93	24.09	2.81	1.74	1.25	0.98	0.80	0.68	0.59	0.53	0.47	0.43	0.39	**34.8**
924.3	4.86	23.74	2.77	1.71	1.23	0.96	0.79	0.67	0.59	0.52	0.47	0.42	0.39	**34.3**





I max:	5	mm/hr
P acum:	130.3	mm
P max:	105.3	mm

Q Max:	42.6	m^3/s
TR:	100	años

CONSORCIO SHG
SERVIC | HYTSA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

Cálculo de Caudal de Diseño

Q: 13 m3/s

Tramo:	*Ruta 9 - Lote 7*	**Prog:**	
Arroyo:			

Características de la Cuenca		
Área (A):	**19,205**	ha
Área (A):	192.05	km^2
Longitud (L):	**35000**	m
Pendiente (i):	**0.030**	%
Desnivel (dh):	**10.5**	m
SCS Curve Number:	**74**	
Almacenam. (S):	89.2	mm
Porcentaje retenc.:	20%	
Abstracc. Inic. (Ia):	17.8	mm

Tiempo de Concentración y Factor Pico (SCS)					
Fórmula:	WATT & CHOW		**β calculado:**	0.21	
Tc:	3138.4	min	**X calculado:**	8.54	
Tc:	52.31	hs	**X adoptado:**	**12.00**	
			1+X:	13.00	
Δt:	261.5	min			
Δt Adop.	**261.5**	min	**PRF (Inglés):**	99.2	
tp:	1883.1	min	**PRF (SI):**	**0.43**	
Tp:	2013.8	min			
Tr:	24165.9	min	**Vol. hasta el pico:**	7.7%	
Tb:	26179.7	min	**qp:**	2.45	$m^3/s/cm$

IDF, TR		
TR:	**50**	años
IDF:	**Mcal. Estigarribia**	
c:	6926.24	
n:	0.23371	
d:	43.00	
m:	1.11948	

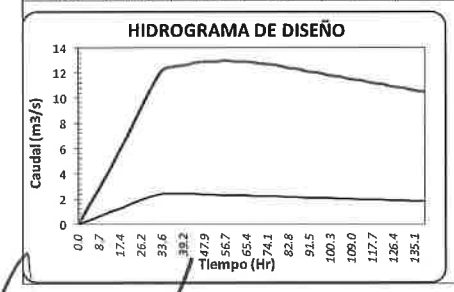
MÉTODO DE LAS ABSTRACCIONES (SCS)

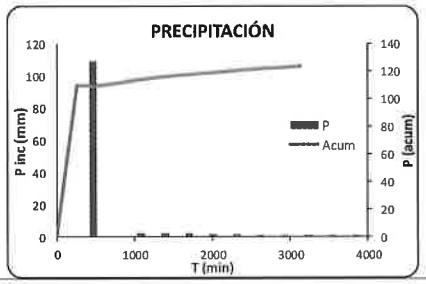
Distribución temporal de la precitación: Decreciente

Cálculo de la Precipitación Efectiva											Precipitación Incremental			
Intervalo (min)	**Pinc (mm)**	**Pacum (mm)**	**S (mm)**	**Ia (mm)**	**Fa (mm)**	**Pe Acum (mm)**	**Pe Inc (mm)**	**Pe Inc (cm)**			**Intervalo (min)**	**Intensidad (mm/h)**	**P acum (mm)**	**P inc (mm)**
0.0	**0.00**	0.00	89.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**K SCS**	0.91	0.0	0.0	0.0	0.0
261.5	**108.86**	108.86	89.24	17.85	45.06	45.95	45.95	4.59	**K Españ.**	0.85	261.5	28.7	108.9	108.9
523.1	**0.09**	108.95	89.24	17.85	45.08	46.02	0.07	0.01	**K Fhruling**	0.80	523.1	14.3	108.8	0.1
784.6	**2.13**	111.08	89.24	17.85	45.60	47.63	1.61	0.16	**K In.Cv.Eng**	0.93	784.6	9.4	106.6	2.1
1046.1	**2.08**	113.16	89.24	17.85	46.09	49.22	1.59	0.16			1046.1	6.9	104.6	2.1
1307.7	**1.84**	115.00	89.24	17.85	46.52	50.64	1.42	0.14	**K comb. IDF**	1.00	1307.7	5.4	102.7	1.8
1569.2	**1.61**	116.62	89.24	17.85	46.88	51.88	1.25	0.12			1569.2	4.4	101.1	1.6
1830.7	**1.42**	118.04	89.24	17.85	47.20	52.99	1.10	0.11	**k POND**	**0.87**	1830.7	3.7	99.7	1.4
2092.3	**1.26**	119.30	89.24	17.85	47.48	53.97	0.98	0.10			2092.3	3.2	98.4	1.3
2353.8	**1.13**	120.43	89.24	17.85	47.72	54.86	0.89	0.09			2353.8	2.8	97.3	1.1
2615.4	**1.02**	121.45	89.24	17.85	47.94	55.66	0.80	0.08			2615.4	2.5	96.3	1.0
2876.9	**0.93**	122.39	89.24	17.85	48.14	56.39	0.73	0.07			2876.9	2.3	95.3	0.9
3138.4	**0.86**	123.24	89.24	17.85	48.32	57.07	0.68	0.07			3138.4	2.1	94.5	0.9

HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

		P inc (cm)												
Intervalo (hr)	**qi**	**4.59**	**0.01**	**0.16**	**0.16**	**0.14**	**0.12**	**0.11**	**0.10**	**0.09**	**0.08**	**0.07**	**0.07**	**Q tot (m3/s)**
0.0	0.00													**0.0**
4.4	0.32	1.46												**1.5**
8.7	0.64	2.92	0.00											**2.9**
13.1	0.95	4.38	0.00	0.05										**4.4**
17.4	1.27	5.84	0.01	0.10	0.05									**6.0**
21.8	1.59	7.30	0.01	0.15	0.10	0.04								**7.6**
26.2	1.91	8.76	0.01	0.20	0.15	0.09	0.04							**9.3**
30.5	2.22	10.21	0.01	0.26	0.20	0.13	0.08	0.04						**10.9**
33.6	2.45	11.24	0.02	0.31	0.25	0.18	0.12	0.07	0.03					**12.2**
34.9	2.44	11.20	0.02	0.36	0.30	0.22	0.16	0.11	0.06	0.03				**12.5**
39.2	2.41	11.08	0.02	0.39	0.35	0.27	0.20	0.14	0.09	0.06	0.03			**12.6**
43.6	2.38	10.96	0.02	0.39	0.39	0.31	0.24	0.18	0.12	0.08	0.05	0.02		**12.8**
47.9	2.36	10.83	0.02	0.39	0.39	0.35	0.28	0.21	0.16	0.11	0.08	0.05	0.02	**12.9**
52.3	2.33	10.71	0.02	0.38	0.38	0.35	0.30	0.25	0.19	0.14	0.10	0.07	0.04	**12.9**
56.7	2.31	10.59	0.02	0.38	0.38	0.34	0.30	0.27	0.22	0.17	0.13	0.09	0.06	**13.0**
61.0	2.28	10.47	0.02	0.38	0.38	0.34	0.30	0.27	0.24	0.20	0.15	0.12	0.09	**12.9**
65.4	2.25	10.35	0.02	0.37	0.37	0.33	0.30	0.27	0.24	0.22	0.18	0.14	0.11	**12.9**
69.7	2.23	10.23	0.02	0.37	0.37	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.13	**12.8**
74.1	2.20	10.11	0.02	0.36	0.36	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.20	0.18	0.15	**12.7**
78.5	2.17	9.98	0.02	0.36	0.36	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17	**12.6**
82.8	2.15	9.86	0.02	0.35	0.35	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	**12.4**
87.2	2.12	9.74	0.02	0.35	0.35	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	**12.3**
91.5	2.09	9.62	0.01	0.35	0.35	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16	**12.1**
95.9	2.07	9.50	0.01	0.34	0.34	0.31	0.27	0.25	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16	**12.0**
100.3	2.04	9.38	0.01	0.34	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	**11.8**
104.6	2.01	9.25	0.01	0.33	0.33	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	**11.7**
109.0	1.99	9.13	0.01	0.33	0.33	0.30	0.26	0.24	0.21	0.19	0.18	0.17	0.15	**11.5**
113.3	1.96	9.01	0.01	0.32	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	**11.4**
117.7	1.93	8.89	0.01	0.32	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	**11.2**
122.0	1.91	8.77	0.01	0.32	0.32	0.29	0.25	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	**11.1**
126.4	1.88	8.65	0.01	0.31	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	**10.9**
130.8	1.86	8.52	0.01	0.31	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14	**10.8**
135.1	1.83	8.40	0.01	0.30	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	**10.6**
139.5	1.80	8.28	0.01	0.30	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	**10.5**





I max:	**29**	mm/hr
P acum:	**123.2**	mm
P max:	**108.9**	mm

Q Max:	**13.0**	m^3/s
TR:	**50**	años

CONSORCIO SHG
SERVIC | HYTSA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora
Asunción S.A. y Asociados / 32

Cálculo de Caudal de Diseño

Q: 7.5 m3/s

Tramo:	Ruta 9 - Lote 7	Prog:		Arroyo:	

Características de la Cuenca		
Área (A):	77,600	ha
Área (A):	776	km²
Longitud (L):	120000	m
Pendiente (i):	0.025	%
Desnivel (dh):	30.0	m
SCS Curve Number:	75	
Almacenam. (S):	84.7	mm
Porcentaje retenc.:	20%	
Abstracc. Inic. (Ia):	16.9	mm

Tiempo de Concentración y Factor Pico (SCS)				
Fórmula:	ONDA CINEMÁTICA		β calculado:	0.20
Tc:	20875.6	min	X calculado:	9.08
Tc:	347.93	hs	X adoptado:	12.00
			1+X:	13.00
Δt:	1739.6	min		
Δt Adop.	1739.6	min	PRF (Inglés):	99.2
tp:	12525.4	min	PRF (SI):	0.43
Tp:	13395.2	min		
Tr:	160742.2	min	Vol. hasta el pico:	7.7%
Tb:	174137.4	min	qp: 1.49	m³/s/cm

IDF, TR		
TR:	50	años
IDF:	Mcal. Estigarribia	
c:	6926.24	
n:	0.23371	
d:	43.00	
m:	1.11948	

MÉTODO DE LAS ABSTRACCIONES (SCS)

Distribución temporal de la precitación: Decreciente

Cálculo de la Precipitación Efectiva

Intervalo (min)	Pinc (mm)	Pacum (mm)	S (mm)	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe Acum (mm)	Pe Inc (mm)	Pe Inc (cm)
0.0	**0.00**	0.00	84.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1739.6	**94.28**	94.28	84.67	16.93	40.42	36.93	36.93	3.69
3479.3	**6.31**	100.59	84.67	16.93	42.08	41.57	4.65	0.46
5218.9	**3.78**	104.36	84.67	16.93	43.01	44.42	2.84	0.28
6958.5	**2.66**	107.02	84.67	16.93	43.65	46.44	2.02	0.20
8698.2	**2.04**	109.06	84.67	16.93	44.12	48.00	1.56	0.16
10437.8	**1.64**	110.70	84.67	16.93	44.49	49.27	1.27	0.13
12177.4	**1.37**	112.07	84.67	16.93	44.80	50.34	1.06	0.11
13917.1	**1.17**	113.24	84.67	16.93	45.06	51.25	0.92	0.09
15656.7	**1.02**	114.27	84.67	16.93	45.28	52.05	0.80	0.08
17396.3	**0.91**	115.17	84.67	16.93	45.47	52.77	0.71	0.07
19136.0	**0.81**	115.99	84.67	16.93	45.65	53.40	0.64	0.06
20875.6	**0.74**	116.72	84.67	16.93	45.80	53.98	0.58	0.06

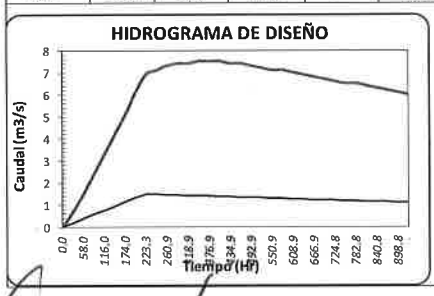
K SCS	0.85
K Españ.	0.81
K Fhruling	0.70
K In.Cv.Eng	0.92
K comb. IDF	1.00
k POND	0.82

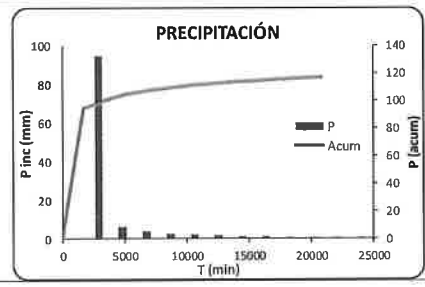
Precipitación Incremental

Intervalo (min)	Intensida d (mm/h)	P acum (mm)	P inc (mm)
0.0	0.0	0.0	0.0
1739.6	4.0	94.3	94.3
3479.3	1.8	88.0	6.3
5218.9	1.2	84.2	3.8
6958.5	0.9	81.5	2.7
8698.2	0.7	79.5	2.0
10437.8	0.5	77.9	1.6
12177.4	0.5	76.5	1.4
13917.1	0.4	75.3	1.2
15656.7	0.3	74.3	1.0
17396.3	0.3	73.4	0.9
19136.0	0.3	72.6	0.8
20875.6	0.3	71.8	0.7

HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

Intervalo (hr)	qi	P inc (cm) 3.69	0.46	0.28	0.20	0.16	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	Q tot (m3/s)
0.0	0.00													**0.0**
29.0	0.19	0.71												**0.7**
58.0	0.39	1.42	0.09											**1.5**
87.0	0.58	2.14	0.18	0.05										**2.4**
116.0	0.77	2.85	0.27	0.11	0.04									**3.3**
145.0	0.96	3.56	0.36	0.16	0.08	0.03								**4.2**
174.0	1.16	4.27	0.45	0.22	0.12	0.06	0.02							**5.1**
203.0	1.35	4.99	0.54	0.27	0.16	0.09	0.05	0.02						**6.1**
223.3	1.49	5.48	0.63	0.33	0.20	0.12	0.07	0.04	0.02					**6.9**
232.0	1.48	5.47	0.69	0.38	0.23	0.15	0.10	0.06	0.04	0.02				**7.1**
260.9	1.46	5.41	0.69	0.42	0.27	0.18	0.12	0.08	0.05	0.03	0.01			**7.3**
289.9	1.45	5.35	0.68	0.42	0.30	0.21	0.15	0.10	0.07	0.05	0.03	0.01		**7.4**
318.9	1.43	5.29	0.67	0.42	0.30	0.23	0.17	0.12	0.09	0.06	0.04	0.02	0.01	**7.4**
347.9	1.42	5.23	0.67	0.41	0.30	0.23	0.19	0.14	0.11	0.08	0.05	0.04	0.02	**7.5**
376.9	1.40	5.17	0.66	0.41	0.29	0.23	0.19	0.16	0.12	0.09	0.07	0.05	0.03	**7.5**
405.9	1.38	5.11	0.65	0.40	0.29	0.23	0.19	0.16	0.14	0.11	0.08	0.06	0.04	**7.5**
434.9	1.37	5.05	0.64	0.40	0.29	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10	0.07	0.06	**7.4**
463.9	1.35	4.99	0.64	0.39	0.28	0.22	0.18	0.15	0.13	0.12	0.11	0.09	0.07	**7.4**
492.9	1.34	4.93	0.63	0.39	0.28	0.22	0.18	0.15	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08	**7.3**
521.9	1.32	4.87	0.62	0.38	0.28	0.22	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	**7.2**
550.9	1.30	4.81	0.61	0.38	0.27	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	**7.1**
579.9	1.29	4.75	0.61	0.38	0.27	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	**7.1**
608.9	1.27	4.70	0.60	0.37	0.27	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	**7.0**
637.9	1.26	4.64	0.59	0.37	0.26	0.21	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	**6.9**
666.9	1.24	4.58	0.58	0.36	0.26	0.20	0.17	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	**6.8**
695.9	1.22	4.52	0.58	0.36	0.26	0.20	0.17	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	**6.7**
724.8	1.21	4.46	0.57	0.35	0.25	0.20	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	**6.6**
753.8	1.19	4.40	0.56	0.35	0.25	0.20	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	**6.5**
782.8	1.18	4.34	0.55	0.34	0.25	0.19	0.16	0.14	0.12	0.10	0.09	0.09	0.08	**6.5**
811.8	1.16	4.28	0.55	0.34	0.24	0.19	0.16	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08	**6.4**
840.8	1.14	4.22	0.54	0.33	0.24	0.19	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	**6.3**
869.8	1.13	4.16	0.53	0.33	0.24	0.19	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	**6.2**
898.8	1.11	4.10	0.52	0.32	0.23	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	**6.1**
927.8	1.09	4.04	0.52	0.32	0.23	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	**6.0**





I max:	4	mm/hr
P acum:	116.7	mm
P max:	94.3	mm

Q Max:	7.5	m³/s
TR:	50	años

CONSORCIO SHG
SERVIC | HYTSA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora Asunción S.A. y Asociadas / 32

Cálculo de Caudal de Diseño

Q: 9.6 m3/s

Tramo:	Ruta 9 - Lote 7	Prog:		Arroyo:	

Características de la Cuenca		
Área (A):	258,500	ha
Área (A):	2585	km^2
Longitud (L):	230000	m
Pendiente (i):	0.025	%
Desnivel (dh):	57.5	m
SCS Curve Number:	68	
Almacenam. (S):	119.5	mm
Porcentaje retenc.:	20%	
Abstracc. Inic. (Ia):	23.9	mm

Tiempo de Concentración y Factor Pico (SCS)				
Fórmula:	ONDA CINEMÁTICA		β calculado:	0.20
Tc:	30843.7	min	X calculado:	9.08
Tc:	514.06	hs	X adoptado:	12.00
			1+X:	13.00
Δt:	2570.3	min		
Δt Adop.	2570.3	min	PRF (Inglés):	99.2
tp:	18506.2	min	PRF (SI):	0.43
Tp:	19791.4	min		
Tr:	237496.8	min	Vol. hasta el pico:	7.7%
Tb:	257288.2	min	qp: 3.35	$m^3/s/cm$

IDF, TR		
TR:	50	años
IDF:	Mcal. Estigarribia	
c:	6926.24	
n:	0.23371	
d:	43.00	
m:	1.11948	

MÉTODO DE LAS ABSTRACCIONES (SCS)

Distribución temporal de la precitación: **Decreciente**

Cálculo de la Precipitación Efectiva

Intervalo (min)	Pinc (mm)	Pacum (mm)	S (mm)	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe Acum (mm)	Pe inc (mm)	Pe inc (cm)
0.0	**0.00**	0.00	119.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2570.3	**81.91**	81.91	119.53	23.91	39.05	18.95	18.95	1.89
5140.6	**5.81**	87.72	119.53	23.91	41.60	22.21	3.26	0.33
7710.9	**3.37**	91.09	119.53	23.91	43.01	24.17	1.97	0.20
10281.2	**2.35**	93.44	119.53	23.91	43.96	25.57	1.40	0.14
12851.6	**1.79**	95.22	119.53	23.91	44.67	26.65	1.08	0.11
15421.9	**1.44**	96.66	119.53	23.91	45.23	27.53	0.88	0.09
17992.2	**1.20**	97.86	119.53	23.91	45.69	28.26	0.74	0.07
20562.5	**1.02**	98.88	119.53	23.91	46.07	28.90	0.63	0.06
23132.8	**0.89**	99.77	119.53	23.91	46.41	29.45	0.56	0.06
25703.1	**0.79**	100.56	119.53	23.91	46.70	29.95	0.49	0.05
28273.4	**0.71**	101.26	119.53	23.91	46.96	30.39	0.44	0.04
30843.7	**0.64**	101.90	119.53	23.91	47.20	30.80	0.40	0.04

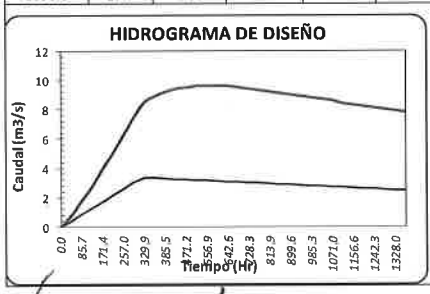
K SCS	0.80
K Españ.	0.77
K Fhruling	0.50
K In.Cv.Eng	0.89
K comb. IDF	1.00
k POND	**0.74**

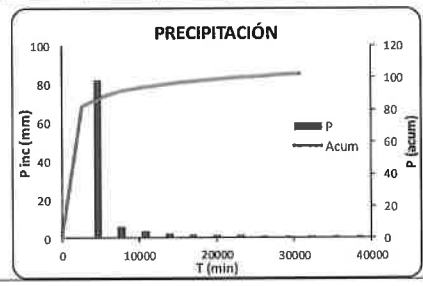
Precipitación Incremental

Intervalo (min)	Intensidad (mm/h)	P acum (mm)	P inc (mm)
0.0	0.0	0.0	0.0
2570.3	2.6	81.9	81.9
5140.6	1.2	76.1	5.8
7710.9	0.8	72.7	3.4
10281.2	0.6	70.4	2.3
12851.6	0.4	68.6	1.8
15421.9	0.4	67.2	1.4
17992.2	0.3	66.0	1.2
20562.5	0.3	64.9	1.0
23132.8	0.2	64.0	0.9
25703.1	0.2	63.3	0.8
28273.4	0.2	62.5	0.7
30843.7	0.2	61.9	0.6

HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

Intervalo (hr)	qi	P inc (cm) 1.89	0.33	0.20	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	Q tot (m3/s)
0.0	0.00													**0.0**
42.8	0.43	0.82												**0.8**
85.7	0.87	1.65	0.14											**1.8**
128.5	1.30	2.47	0.28	0.09										**2.8**
171.4	1.74	3.30	0.43	0.17	0.06									**4.0**
214.2	2.17	4.12	0.57	0.26	0.12	0.05								**5.1**
257.0	2.61	4.94	0.71	0.34	0.18	0.09	0.04							**6.3**
299.9	3.04	5.77	0.85	0.43	0.24	0.14	0.08	0.03						**7.5**
329.9	3.35	6.35	0.99	0.51	0.30	0.19	0.11	0.06	0.03					**8.5**
342.7	3.34	6.33	1.09	0.60	0.36	0.23	0.15	0.10	0.06	0.02				**8.9**
385.5	3.30	6.26	1.09	0.66	0.43	0.28	0.19	0.13	0.08	0.05	0.02			**9.2**
428.4	3.27	6.19	1.08	0.66	0.47	0.33	0.23	0.16	0.11	0.07	0.04	0.02		**9.4**
471.2	3.23	6.12	1.06	0.65	0.47	0.36	0.27	0.19	0.14	0.10	0.06	0.04	0.02	**9.5**
514.1	3.19	6.05	1.05	0.64	0.46	0.36	0.29	0.22	0.17	0.12	0.09	0.06	0.04	**9.6**
556.9	3.16	5.98	1.04	0.63	0.46	0.36	0.29	0.25	0.19	0.15	0.11	0.08	0.05	**9.6**
599.7	3.12	5.91	1.03	0.63	0.45	0.35	0.29	0.25	0.21	0.17	0.13	0.10	0.07	**9.6**
642.6	3.08	5.84	1.02	0.62	0.45	0.35	0.29	0.24	0.21	0.19	0.15	0.12	0.09	**9.6**
685.4	3.05	5.78	1.01	0.61	0.44	0.34	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.14	0.11	**9.5**
728.3	3.01	5.71	0.99	0.61	0.44	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18	0.17	0.15	0.12	**9.4**
771.1	2.98	5.64	0.98	0.60	0.43	0.34	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	**9.3**
813.9	2.94	5.57	0.97	0.59	0.43	0.33	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	**9.2**
856.8	2.90	5.50	0.96	0.58	0.42	0.33	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	**9.1**
899.6	2.87	5.43	0.95	0.58	0.42	0.33	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	**9.0**
942.4	2.83	5.36	0.93	0.57	0.41	0.32	0.26	0.22	0.20	0.17	0.16	0.14	0.13	**8.9**
985.3	2.79	5.30	0.92	0.56	0.41	0.32	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	**8.8**
1028.1	2.76	5.23	0.91	0.56	0.40	0.31	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	**8.7**
1071.0	2.72	5.16	0.90	0.55	0.40	0.31	0.25	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	**8.6**
1113.8	2.69	5.09	0.89	0.54	0.39	0.31	0.25	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	**8.4**
1156.6	2.65	5.02	0.88	0.54	0.39	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	**8.3**
1199.5	2.61	4.95	0.86	0.53	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	**8.2**
1242.3	2.58	4.88	0.85	0.52	0.38	0.29	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	**8.1**
1285.2	2.54	4.81	0.84	0.51	0.37	0.29	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	**8.0**
1328.0	2.50	4.75	0.83	0.51	0.37	0.29	0.24	0.20	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12	**7.9**
1370.8	2.47	4.68	0.82	0.50	0.36	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	**7.8**





I max:	3	mm/hr
P acum:	101.9	mm
P max:	81.9	mm

Q Max:	9.6	m^3/s
TR:	50	años

CONSORCIO SHG
SERVIC | HYISA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora Asunción S.A. y Asociados / 32

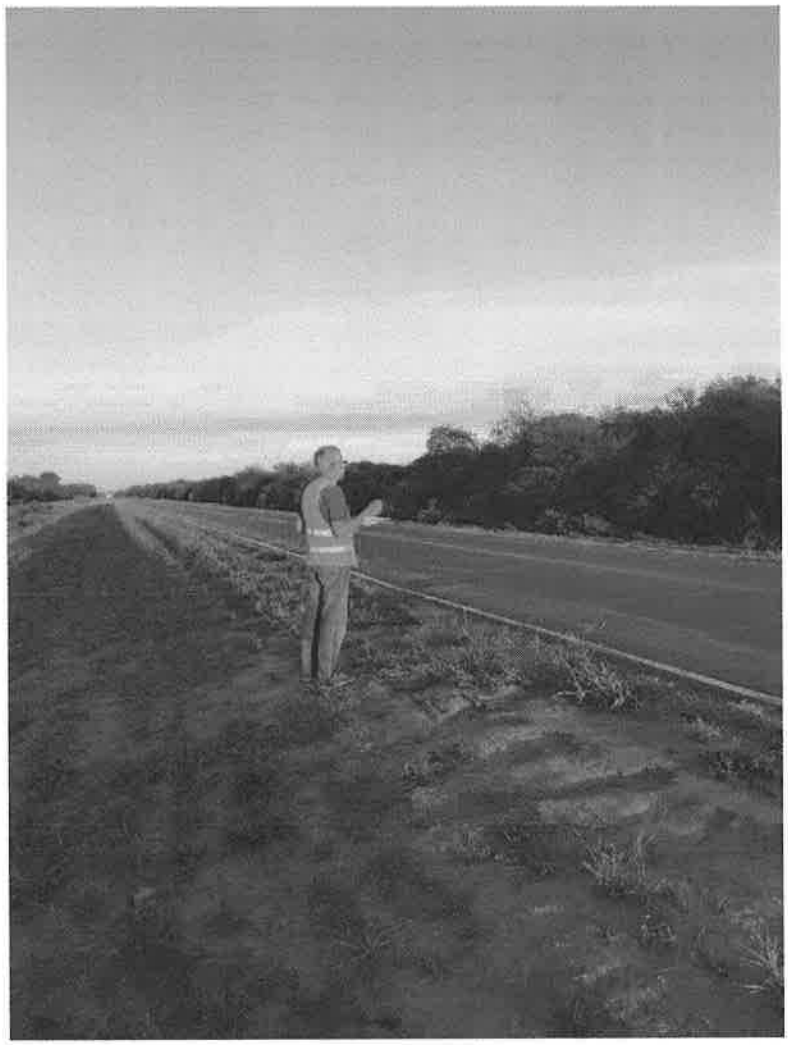
ANEXO 10

ESTUDIO DE TRÁNSITO

ESTUDIO DE TRÁNSITO PARA LA REHABILITACIÓN DE LA RUTA PY 09 LOTE 7

KM 450 A KM 525

INFORME FINAL



Marzo de 2020

CONSORCIO SIG SERVIPOL | HYISA | GEOLATINA

CONSTRUCTORA ASUNCIÓN S.A. Y ASOC./32
Arq. José M. Díaz Benza
Representante Legal

Consorcio Constructora Asunción S.A. y Asociados / 32