



GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS
MINISTERIO DE PLANEAMIENTO, INFRAESTRUCTURA Y
SERVICIOS.

SECRETARIA MINISTERIAL DE PLANEAMIENTO, INFRAESTRUCTURA Y
SERVICIOS



Dirección General de
HIDRÁULICA

Ministerio de Planeamiento, Infraestructura y Servicios
Gobierno de Entre Ríos

“SISTEMATIZACIÓN DE DESAGÜES PLUVIALES
CUENCA DEL ARROYO LA SANTIAGUEÑA SUBCUENCA
CORRIENTES”

CIUDAD DE PARANA
DEPARTAMENTO PARANA
ENTRE RÍOS.

INFORME TECNICO

Febrero 2021

SINTESIS DESCRIPTIVA

La cuenca del arroyo La Santiagueña abarca aproximadamente 200 ha de espacio urbano de la ciudad de Paraná y, si bien más del 80% del área se encuentra impermeabilizada, existe zonas donde no hay sistematización de los desagües pluviales o, si existen, son precarios u obsoletos.

Actualmente se presentan problemas de excesos pluviales con precipitaciones de mediana y alta intensidad tanto en las calles de la cuenca como en el curso del arroyo en cercanías de su desembocadura, provocando la interrupción y complicación del tránsito afectando a todas las actividades en la zona.

El presente proyecto busca solucionar mediante obras de desagües pluviales con sus respectivas obras complementarias los problemas mencionados anteriormente en la subcuenca denominada "subcuenca Corrientes". Además, el proyecto contempla encauzar el aporte de esta subcuenca directamente al Río Paraná, aliviando así el caudal que transporta el arroyo en cercanías de calle Laurencena donde existen problemas de desborde e inundaciones.

El sistema propuesto en el presente proyecto cuenta con conductos circulares de PVC, rectangulares de hormigón armado y sus correspondientes obras de captación de los excesos pluviales y de disipación de impacto para los tramos con pendientes pronunciadas.

Se utiliza como estructura de disipación una serie de escalones, acompañado de dados disipadores, que disminuyen las velocidades que llegan al tramo final coincidente con la desembocadura al río y la protección de la misma contra procesos erosivos.

Las trazas de los conductos planteadas recorren la subcuenca por las calles Corriente y Salta, se juntan en calle Nogoyá y San Juan y desde allí sistema continúa por De La Torre y Vera hasta la desembocadura en el río.

INDICE

1.- INTRODUCCION	5
2.- UBICACION	5
3.- DEFINICION DE LA CUENCA	7
4.- RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO	7
5.- TRAZA DE CONDUCTOS	8
6.- METODOLOGIA EMPLEADA PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO	8
6.1.- Modelo Matemático	8
6.2.- Tormenta de Proyecto	8
6.3.- Armado del Modelo	9
6.4 – Caudales de Diseños	11
7.- DISEÑO DE OBRAS HIDRAULICAS	11
7.1 – Diseño de Conducciones	11
7.2 – Captaciones	12
7.3 – Cámaras de Registro – Boca de Inspección – Tapa Rejilla de Aireación	13
7.4.- DISEÑO DEL TRAMO CALLE ALBERTI – AVENIDA LAURENCENA	13
7.5.- TRAMO AVENIDA LAURENCENA HASTA RIO PARANA	16
7.5.1- Estructura de Descarga	16
8.- DISEÑO ESTRUCTURAL	17
9.- INTERFERENCIAS	17
9.1- Red Cloacal	17
9.2- Red de Agua Potable	18
9.3- Cruces	18
9.4- TELECOM	18
9.5- ENERSA	18
9.6- REDENGAS	19
9.7- TRANVIA	19

1.- INTRODUCCION

El siguiente estudio y proyecto se llevó a cabo en respuesta a la solicitud de parte de autoridades superiores a la Dirección de Hidráulica para la resolución problemas de desagües pluviales.

2.- UBICACION

La subcuenca en estudio se ubica en el sector oeste del arroyo La Santiagueña que atraviesa la localidad de Paraná Entre Ríos, con sentido sur-norte y desemboca en el Río Paraná.

Abarca aproximadamente 67 hectáreas (34% de la superficie total de la cuenca de La Santiagueña) donde se observa una alta densidad de población, como así también un alto grado de impermeabilización en la mayoría de la superficie.

3.- DEFINICION DE LA CUENCA

Para la definición de la cuenca y subcuencas se tomo como base la información antecedente de las líneas de escurrimiento generada en la Dirección de Hidráulica y otra provista por la Municipalidad de Paraná, complementando vacíos de información con recorrida por la zona.

Una vez definidos los límites físicos de la cuenca, se procedió, en Autocad, al cálculo del área de las mismas.

Subcuencas	Área[ha]
A6	6.45
A7	8.36
A7'	3.65
A8	8.29
A9	12.26
A9'	10.11
A10	7.79
A12	10.23
Total	67.10

4.- RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO

El relevamiento fue realizado por personal de la Dirección de Hidráulica de la Provincia de Entre Ríos, tomando como partida un punto fijo R.N. 292 M.O.P del Ministerio de Obras Publicas, llevado a punto fijo de Instituto Geográfico Nacional (IGN) con cota igual a 17.148 m, ubicado sobre la Escuela N°100 Puerto Nuevo.

El relevamiento se desarrolló con estación total tomando perfiles transversales sobre las calles a intervenir, y completando con puntos de interés.

Finalmente se genero información planialtimétrica para la confección del estudio y proyecto de las obras de desagües pluviales.

5.- TRAZA DE CONDUCTOS

Las trazas propuestas se localizan en función de la topografía existente, la división de cuenca planteada e importancia de las calles.

Como se observa en el plano N°1, los conductos se ubicarían por:

- Corrientes: desde Uruguay hasta Nogoyá
- Salta: desde Andrés Pazos hasta Nogoyá
- Nogoyá: desde Corrientes hasta San Juan y desde Salta a San Juan
- San Juan – De La Torre y Vera: desde Nogoyá hasta Costanera – Río

Paraná.

6.- METODOLOGIA EMPLEADA PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO

6.1.- Modelo Matemático

Se realizó una simulación matemática en cada una de las subcuencas, en que se dividió la total, mediante el modelo ARHYMO. Este modelo a través de una convolución de la tormenta propuesta calcula el hidrograma y luego permite su propagación en la cuenca, pudiendo verificar el diseño de la conducción y las posibles variaciones.

6.2.- Tormenta de Proyecto

Se decide aplicar la recurrencia de una lluvia equivalente a 10 años que es lo más aconsejable para el diseño de desagües pluviales para sistemas urbanos.

La intensidad de precipitación se calculó con las curvas Intensidad – Duración recurrencia (IDF) de la localidad de Paraná (Fuente UTN-CONCORDIA).

6.3.- Armado del Modelo

Uno de los datos más importantes de una cuenca, es el tiempo de concentración de la misma, que representa el tiempo que demora en recorrer una gota de agua desde el punto mas alejado de la cuenca y es el tiempo para el cual es máximo el caudal, ya que aporta toda la superficie. En nuestro caso, dicho tiempo, se calculó por la fórmula de Kirpich.

$$T_c \text{ (hs)} = [0.87 * L^3 / H]^{0.385}$$

Siendo:

L = la longitud de la cuenca en Km

H = desnivel de la cuenca en m

CUENCA	DH (m)	L (km)	tc (min)	tc (hs)
TOTAL	49.14	2.2	31.5	0.525

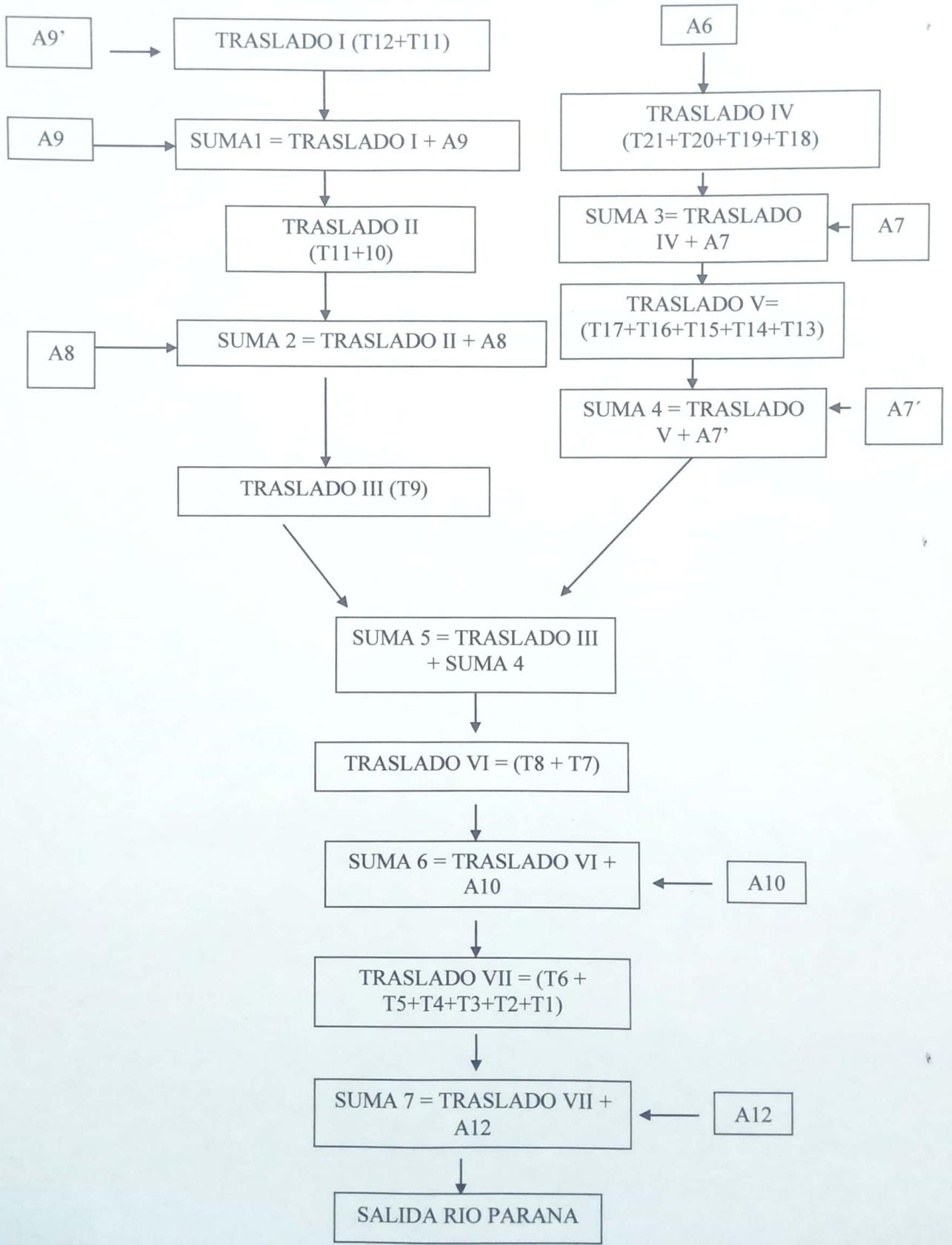
Para ello se introdujeron los datos requeridos por el modelo AR-HYMO, el cual utiliza la repartición para la simulación matemática de la cuenca, ellos son: tiempo de concentración, longitud del curso, desnivel, área de cada cuenca, parámetros de la curva IDF para la recurrencia en estudio, valor de curva número, porcentajes de áreas permeables e impermeables y las rugosidades correspondientes.

- Superficie impermeable 83%
- SIDC 20%
- n permeable: 0.06
- n impermeable: 0.025
- IDT: 10 años, relación tiempo al pico= 0.5, delta de tiempo de calculo= 5

min

En el paso posterior se realizó la corrida para el valor de recurrencia adoptado siguiendo el diagrama de flujo que se muestra a continuación.

DIAGRAMA DE FLUJO SANTIAGUEÑA-SUBCUENCA CORRIENTES



6.4 – Caudales de Diseños

La corrida del modelo arrojó los valores de caudales correspondientes, a cada subcuena, luego de lluvias torrenciales. En la tabla siguiente pueden verse los resultados, para la recurrencia adoptada. Como corolario puede observarse el caudal total a escurrir, para la totalidad de la cuenca.

- Qpico= 10.01 m³/s
- Tiempo al pico= 0.7 hs
- Volumen= 0.025 hm³
- Escorrentía= 37.7 mm
- P total= 48.4 mm

7.- DISEÑO DE OBRAS HIDRAULICAS

7.1 – Diseño de Conducciones

En el cuadro siguiente pueden observarse, para los diferentes tramos, las diferentes secciones de conducto circular o rectangular, según corresponda, con su correspondiente pendiente. El cálculo se realizó para caudales, producidos por una tormenta, con una recurrencia de 10 años.

Calle	Tramo	I (m/m)	CAÑO PVC (mm)	Sección RECTANGULAR B=ancho (m),H=altura (m)	LONGITUD (m)
CORRIENTES	12	0.0432	600	-	136.10
	11	0.0286	1000	-	191.35
	10	0.0110	1000	-	345.85
NOGOYA	09	0.0215	1000	-	131.30
	14	0.0087	-	B= 1,4 H= 0,9	97.50
	13	0.0487	-	B= 1,4 H= 0,9	49.20
SALTA	15	0.0154	-	B= 1,4 H= 0,9	25.30
	16	0.0154	-	B= 1,2 H= 0,9	105.50
	17	0.0984	-	B= 1,2 H= 0,9	136.20
	18	0.0060	1200	-	143.90
	19	0.0138	1000	-	139.90
	20	0.0174	1000	-	86.20
	21	0.0308	600	-	153.70
SAN JUAN	08	0.0144	-	B= 1,6 H= 1,2	124.20
	07	0.0144	-	B= 1,8 H= 1,2	119.30
TORRE Y VERA (hasta calle Azcuénaga)	06	0.0124	-	B= 1,8 H= 1,2	172.30
			-		

TORRE Y VERA (desde Azcuénaga hasta calle Alberti)	05-2	0.04		B= 1,6 H= 1,4	46.95
Intersección La torre y Vera y Calle Alberti	05-1	0.09	-	B=1.6 H= 1.4	21.97
TORRE Y VERA (desde Alberti hasta Laurencena)	4-2	0.09	-	Dos luces de B=1 H=1.4	30.4
	4-1	0.06	-	Dos luces de B=1 H=1.4	32.1
	3-2	0.05	-	Dos luces de B=1 H=1.4	64.9
	3-1	0.05	-	Dos luces de B=1 H=1.4	40.1
	2-3	Escalones disipadores		Dos luces de B=1 H=1.4	57.1
	2-2	0.02	-	Dos luces de B=1 H=1.4	23.8
	2-1	0.044	-	Dos luces de B=1 H=1.4	29.4
TORRE Y VERA (desde Laurencena hasta descarga al Río)	1	0.02	-	Dos luces de B=1 H=1.4	105.4

7.2 – Captaciones

Las captaciones son las estructuras fundamentales de un sistema de drenaje, pues de su buen funcionamiento depende la eficiencia del sistema.

Hay dos aspectos esenciales en el proyecto de captaciones o sumideros: su forma y su ubicación.

Para el presente proyecto se ha previsto la instalación de sumideros ventanas, los cuales deben ser complementados con la ejecución de cordones cunetas donde no lo posean.

El mismo consiste en una abertura en forma de ventana practicada en la cara vertical del cordón, generalmente deprimida con respecto a la cuneta, con una altura

de la misma de 0.18 metros y longitudes variables en módulos de un metro para lograr capacidad hidráulica de acuerdo a los volúmenes a captar.

El sumidero se complementa con un canal lateral de descarga para longitudes de los mismos mayores a un metro; una cámara de recolección y una tubería de conexión hacia el conducto principal.

En cuanto a la tubería de conexión de los sumideros con el conducto principal, se proyecta la utilización de caños de PVC perfilado de 0.60 metros de diámetro.

En total se contabilizaron 57 cámaras de captación.

7.3 – Cámaras de Registro – Boca de Inspección – Tapa Rejilla de Aireación

La diferencia entre estas cámaras reside en que las de registro son exclusivas de conductos circulares y la de inspección para conducciones rectangulares.

Estas cámaras son, conjuntamente con las captaciones las estructuras que complementan el buen funcionamiento de un sistema de drenaje.

La ubicación de las mismas en los conductos ha sido prevista en base a los criterios de colocarlas en todo quiebre de alineamiento del conducto, cambio de sección, en cada ingreso de las conexiones de las captaciones y como máximo a una distancia de 50 metros entre cámaras.

Estos criterios obedecen a facilitar la limpieza de los mismos en caso de obstrucciones.

Se considera también una tapa rejilla de aireación que permite la admisión de aire con el fin de evitar fenómenos de cavitación en el conducto. Ver plano de traza de conducto donde se encuentran señaladas las mismas.

7.4.- DISEÑO DEL TRAMO CALLE ALBERTI – AVENIDA LAURENCENA

En este tramo se adoptó el criterio de diseño de flujo rasante en canales escalonados.

El flujo rasante en canales escalonados es sistemáticamente investigado bajo un amplio rango de pendientes de canal. ($5.7^\circ \leq \theta \leq 55^\circ$). Las condiciones del flujo

rasante se clasifican en dos regímenes de flujo y las condiciones hidráulicas requeridas para formar el flujo cuasi-uniforme son determinadas. La profundidad del flujo aireado en el flujo rasante es estimado asumiendo que la energía residual del canal escalonado coincide con la energía al pie del salto formado inmediatamente aguas abajo del canal escalonado. En la región de flujo cuasi-uniforme el factor de fricción del flujo rasante está representado por la altura relativa del escalón en la pendiente del canal. El factor de fricción para un canal de $\Theta=19^\circ$ parece representar el máximo. La energía residual para el flujo rasante se formula para ambas regiones de flujo, no uniforme y cuasi-uniforme.

En este sentido los estudios experimentales indican que los canales escalonados son efectivos disipando energía para flujos supercríticos (Chanson 2001; Yasuda 2001).

Las condiciones de flujo en canales escalonados cambian con la altura del escalón S , el ángulo Θ del canal, la descarga del agua limpia (flujo autoaireado), el ancho B del canal, la altura de caída H y la geometría del canal de aguas arriba.

Generalmente las condiciones de flujo en han sido clasificados como: (1) flujo rasante formando remolinos en las esquinas de cada escalón, (2) de escalón en escalón (saltante - nappe Flow) con salto hidráulico total o parcialmente desarrollado, o sin salto, y con bolsas o "bolsillos" de aire en cada escalón y (3) flujo de transición: en donde las bolsas de aire no están completamente desarrolladas y no siempre se generan remolinos en algunos escalones. Este último fue reportado por Ohtsu y Yasuda (1997).

También influye en el flujo escalonado y por ello debe ser caracterizado el "flujo aireado", siendo importante estimar la profundidad del mismo, en virtud de evaluar la disipación de energía y resistencia del flujo. Quedaron establecidos dos situaciones para la pendiente del canal escalonado: a) $5,7^\circ \leq \Theta \leq 19^\circ$ y b) $19^\circ \leq \Theta \leq 55^\circ$. El caso que nos ocupa está comprendido en el caso a.

Las publicaciones científicas disponibles, y que han sido la base para el desarrollo de las metodologías de diseño, abarcan modelos físicos en la investigación del flujo rasante bajo un amplio rango de condiciones como fuera mencionado.

Es así que se ha propuesto un nuevo enfoque para determinar las características del flujo de manera de clarificar la influencia del factor de fricción y la pérdida de energía.

Formación de Flujo Escalonado

De acuerdo a los estudios experimentales, las condiciones del flujo escalonado cambian con la pendiente θ del canal y la altura relativa del escalón S/dc . Es así que surge la clasificación de flujo Tipo A y Tipo B

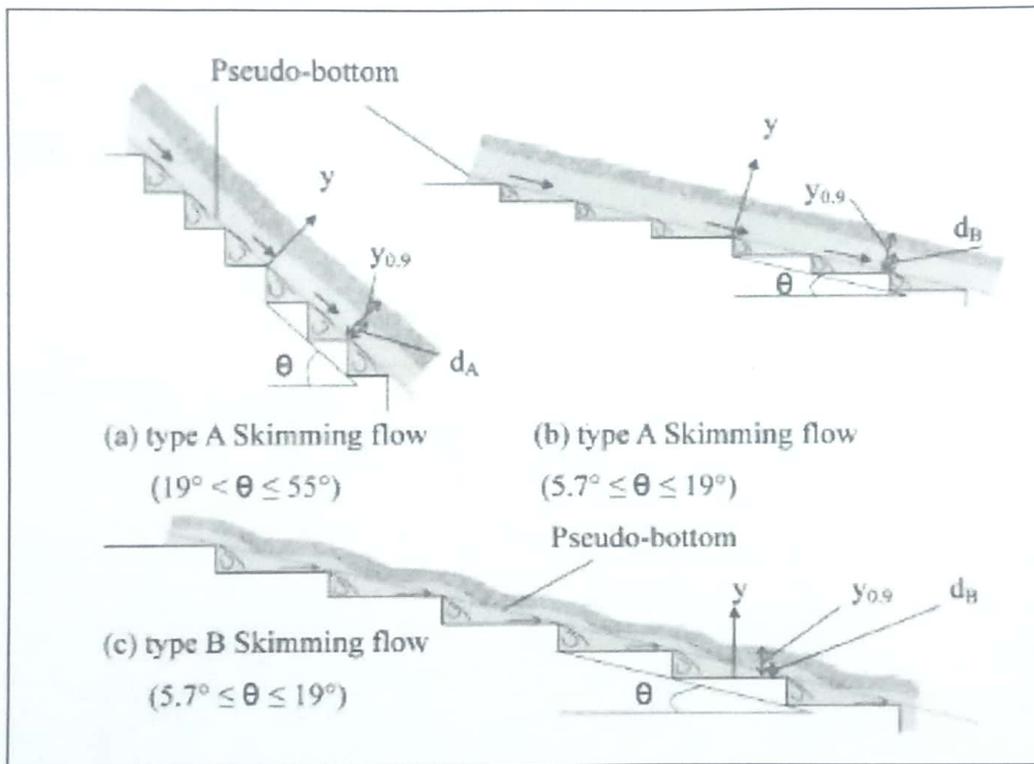


Figura 1: (a) y (b) superficie tipo A y (c) tipo B.

La experimentación desarrollada y los parámetros considerados se muestran en el siguiente croquis para $\theta = 5.7, 8.5$ y 11.3° .

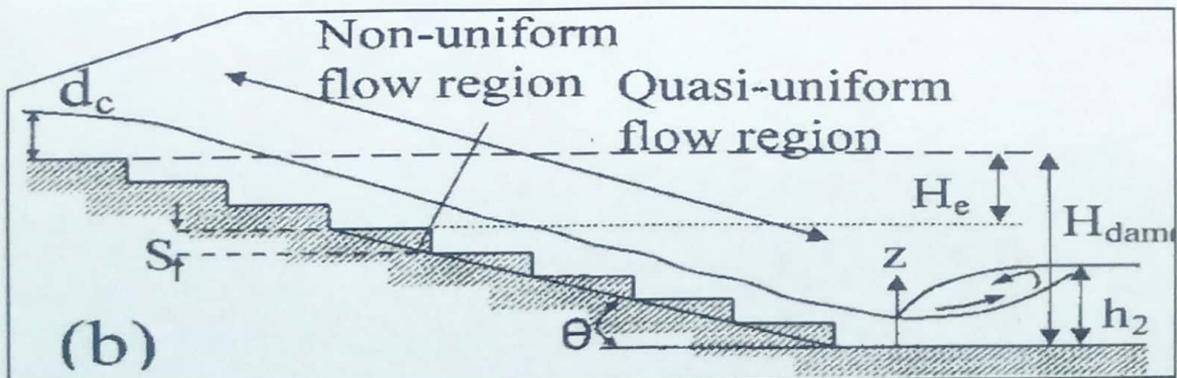


Figura 2

Las condiciones requeridas en la formación de cada tipo de flujo en el flujo rasante se muestran en la Figura 3.

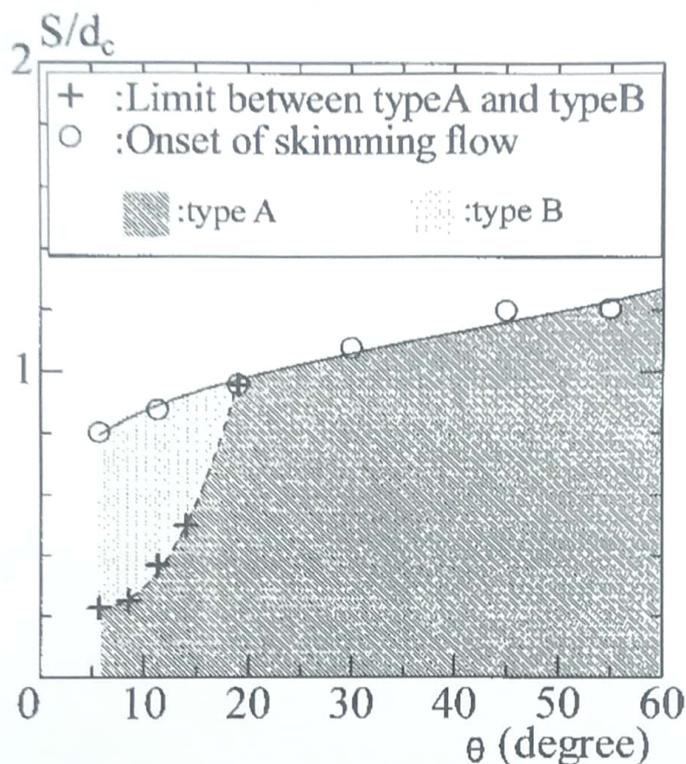


Fig. 3. Flow regime of types A and B in skimming flow

Luego, los elementos que se desprenden de la modelación física, y que permiten el diseño de canales bajo flujo rasante en canales escalonados, pueden enunciarse como: condiciones hidráulicas requeridas para la formación del flujo cuasi-uniforme, estimación de la profundidad representativa para flujo rasante, factor de fricción y energía residual.

7.5.- TRAMO AVENIDA LAURENCENA HASTA RIO PARANA

Se continúa con conducto de dos luces de 1m x1.4m con una pendiente media que acompaña la pendiente natural del terreno. Finalizando en una estructura de descarga al río.

7.5.1- Estructura de Descarga

Estructura de hormigón, protegida con geotextil, colchonetas y gaviones. (Ver plano de descarga adjunto). –

8.- DISEÑO ESTRUCTURAL

Los conductos rectangulares, cámaras de captación, registro y disipadores que se proyectan en HºAº, siguen las siguientes cargas de cálculo:

- Tapada de suelo: De la definición planialtimétrica del conducto de desagüe y del dimensionamiento hidráulico del mismo, queda definida la tapada suponiendo que para estos suelos un peso específico de 1.8 Tn/m³.
- Peso de la estructura: se consideran espesores de paredes de losa variables, de acuerdo a las dimensiones del conducto. Considerándose como peso específico del HºAº 2.4 Tn /m³.
- Empuje de suelo: se establecen los valores de empuje de acuerdo a lo previsto para el caso de muros de sostenimiento.

Se realiza el dimensionamiento de secciones y armaduras de acuerdo a lo especificado en reglamentos de CIRSOC.

Los conductos que se proyectan en caños de PVC perfilado, presentando dimensiones variables de acuerdo a lo establecido en el diseño hidráulico, serán colocados en la excavación sobre una capa de espesor mínimo de 5 cm de hormigón H4, y posteriormente se cubre el caño con mezcla de broza-cemento hasta un mínimo de 15 cm por encima del mismo y de 20 cm a ambos lados del caño.

9.- INTERFERENCIAS

Como se mencionó anteriormente, la zona de proyecto se encuentra altamente urbanizada y por ello existen diversos servicios que se toman en cuenta como interferencias a las obras propuestas:

9.1- Red Cloacal

De la traza de los conductos previstos según esta obra, surgen interferencias con el sistema cloacal y es por ello que se contempla un reemplazo de los mismos por medio de conducción de cloaca paralela, como así también las respectivas conexiones domiciliarias. Se computaron en metros lineales los caños de 160 mm de diámetro y su correspondiente cama de arena.

9.2- Red de Agua Potable

Además, surgen interferencias con la red de agua potable y es por ello que se contempla un reemplazo de los mismos por medio de cañería paralela, como así también las respectivas conexiones domiciliarias.

9.3- Cruces

Otro ítem de análisis son los cruces de agua en las esquinas por donde pasa la traza del conducto. En este caso la cañería de agua deberá sortear por encima o por debajo al conducto de desagües pluviales.

Fueron consideradas como interferencia sobre la traza de los desagües pluviales los cruces señalados en los planos provistos por la Municipalidad de Paraná (ver planos Anexos).

9.4- TELECOM

Tanto el servicio de teléfono como el de internet prestado por la empresa Telecom fueron considerados como interferencia sobre la traza de los desagües pluviales. Ver plano Anexo cedido por dicha empresa, donde se observan las trazas de este servicio.

9.5- ENERSA

El servicio de energía donde se encuentran los tendidos subterráneos de media y baja tensión. Prestado por la empresa ENERSA fueron considerados como interferencia sobre la traza de los desagües pluviales. Ver plano Anexos, cedido por dicha empresa donde se observan las trazas de este servicio.

9.6- REDENGAS

El servicio de gas prestado por la empresa REDENGAS den coincidencia con la traza del conducto de desagüe pluvial deberá ser tenido en cuenta como interferencia. Ver plano Anexo cedido por dicha Empresa.

9.7- TRANVIA

Las vías de las distintas líneas de los tranvías que funcionaron en la ciudad de Paraná aún se encuentran, en su mayoría, por debajo del asfalto existente, de modo que las obras propuestas pueden encontrarse con esta interferencia. En el presente proyecto no se computaron gastos por esta interferencia, pero si en el pliego correspondiente se informará y detallará acerca de la disposición final tanto de las vías, durmientes y adoquines asociados a la misma. En el plano N°2 ajunto en ANEXOS de informe técnico, se observan las trazas de este servicio que fueron utilizadas para el análisis mencionado.

