

**PROVINCIA DE RÍO NEGRO**

**CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES**

**“PROYECTO INTEGRAL DE LOS DESAGÜES PLUVIALES DE GENERAL ROCA” -  
2<sup>DA</sup> ETAPA - MODELACIÓN HIDROLÓGICA (1<sup>RA</sup> PARTE)**

**INFORME FINAL**

**MARZO DE 2002**

**Instituto Nacional del Agua**

**PROVINCIA DE RÍO NEGRO**

**CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES**

**“PROYECTO INTEGRAL DE LOS DESAGÜES PLUVIALES DE GENERAL ROCA” -  
2<sup>DA</sup> ETAPA - MODELACIÓN HIDROLÓGICA (1<sup>RA</sup> PARTE)**

**INFORME FINAL**

**MARZO DE 2002**

**Instituto Nacional del Agua**

**Dotación de Personal:**

Ing. Jorge Adolfo Maza  
Ing. Patricia Marta López

## Índice Temático

<b><u>INTRODUCCIÓN</u></b> .....	4
<b><u>FINALIDAD DEL PRESENTE ESTUDIO</u></b> .....	5
<b><u>OBJETIVO</u></b> .....	5
<b><u>ALCANCE</u></b> .....	5
<b><u>ÁREA EN ESTUDIO</u></b> .....	6
<b><u>PLAN DE TAREAS</u></b> .....	6
1. <i><u>Recopilación de antecedentes</u></i> .....	6
2. <i><u>Delimitación de cuencas</u></i> .....	6
3. <i><u>Tormentas de proyecto</u></i> .....	7
4. <i><u>Determinación de usos del suelo</u></i> .....	9
5. <i><u>Parámetros morfométricos</u></i> .....	11
6. <i><u>Referencias</u></i> .....	12
<b><u>ANEXO</u></b> .....	14

## **Introducción**

Históricamente, General Roca desde su fundación (1899) sufrió las calamidades provenientes de las inundaciones, en esa época las grandes crecidas del Río Negro obligó a sus habitantes a promover un nuevo asentamiento. El lugar elegido, fue el cauce seco de otrora importante río. El cambio trajo tranquilidad en cuanto a las grandes crecidas que periódicamente producía el Río Negro, pero no aportó soluciones reales a los problemas que provocaban los grandes aluviones que llegaban con importantes caudales de agua y lodo desde la barda norte, situación ésta que se mantuvo por décadas

Para resolver el problema de los aluviones, se construyó un sistema de defensas, que consisten en tres principales diques de contención con descargas controladas.

En la Actualidad el desafío consiste en resolver los problemas generados aguas abajo del sistema de protección aluvional, considerando comprendida dicha problemática en dos sectores, a saber:

1. Zona 1, comprende el sector determinado aguas abajo de las defensas y el comienzo de la zona urbanizada en el norte de la ciudad . El caudal aluvional que se produce en esta zona, es generado por el propio sector, dado que las represas, funcionando correctamente deben contener las aguas provenientes de la zona norte, es decir las aguas generadas arriba de las represas.

En esta Zona 1, hay que profundizar los estudios, a fin de evaluar en que sectores son factibles de llevar a cabo una adecuada y segura urbanización, entre el actual casco urbano y la zona de represas. Los mencionados estudios técnicos deberán estar orientados al análisis del caudal de agua que actualmente aporta el sector y el que aportaría en un futuro, si se concretaran nuevas urbanizaciones. Esto, partiendo de la base de que ese aumento de caudal de agua, será considerable en razón del desmalezamiento y desmonte al ejecutar la urbanización y repercutirá directamente en el sector urbano hoy consolidado. El terreno en este sector bajo análisis tiene una pendiente considerable.

2. Zona 2, comprende el casco urbano de la ciudad hasta la ruta 22 (Plano 1- área 2), a esta área la dividimos en dos subzonas:

2.a) Al norte del canal Principal y de la zona 1.

2 b) Al sur del canal Principal y hasta la ruta 22.

La primera subzona (2.a) ha crecido a un ritmo muy importante por la urbanización constante, residiendo en la misma más del 40% de la población actual. En dicho sector se están realizando permanentes desmalezamientos, desmontes de suelo, etc, al avanzar el desarrollo urbano, aumentándose considerablemente los sectores impermeables (techos, veredas, asfalto etc.) con la consecuente modificación del escurrimiento de las aguas en su avance hacía la ciudad.

En la subzona (2.b) al sur del canal principal, se ubica el casco urbano consolidado, encontrándose en ese sector, la mayoría de las calles pavimentadas. En los últimos años se produjo un notable avance en la consolidación del ejido urbano, situación que ha contribuido a incrementar las grandes superficies impermeables que conducen importantes caudales. A ello se le adiciona, agravando el problema, la casi inexistente pendiente del terreno en algunos barrios, del orden de 0,0006 m/m, que resulta insuficiente para producir el drenaje necesario en los momentos de máximas precipitaciones.

### **Finalidad del Presente Estudio**

El estudio de *Modelación Hidrológica* tiene como finalidad determinar los *caudales de diseño* de las futuras obras de desagüe pluvial. Estos serán la información de base que los especialistas en hidráulica utilizarán para llevar a cabo los estudios de ingeniería, tendientes a determinar las defensas o las precauciones que se deberán tomar, al aprobar loteos en la zona en estudio y proyectar escurrimientos pluviales en la zonas consolidadas.

### **Objetivo**

La presente parte del estudio de modelación hidrológica que se llevará a cabo, tiene como objetivo fundamental obtener los parámetros y datos de entrada al modelo matemático de lluvia-escurrimiento para determinar los caudales de diseño de las obras de desagüe pluvial que resolverán los problemas de inundación en las zonas bajas.

### **Alcance**

El estudio hidrológico propuesto es parte de uno que permitirá conocer para distintas probabilidades de ocurrencia los caudales de diseño en los puntos del área de estudio que la Municipalidad de Gral. Roca ha visualizado como críticos desde el punto de vista de que son vulnerables a inundaciones.

## Área en Estudio

El área en estudio comprende a la zona urbana de Gral. Roca y a la zona suburbana y de bardas perimetrales.

## Plan de Tareas

### 1. Recopilación de antecedentes

Se revisaron los trabajos hidrológicos realizados en la región y se recopiló la información hidrometeorológica, cartográfica y topográfica necesaria a los fines del estudio.

*En este punto se han recopilado la información cartográfica y planialtimétrica suministradas por la Municipalidad de Gral. Roca a través de archivos CAD.*

*La información hidrometeorológica se obtuvo de informes previos del CFI:*

- ❑ *“Desagües pluviales de Cipolletti. Estudios preliminares”*
- ❑ *“II Informe. Estudios básicos. Desagües pluviales de Cipolletti.” (julio de 1990)*

*También se cuenta como antecedente el “Estudio de las Cuencas Aluvionales del Alto Valle del Río Negro y de Valcheta y de Racionalización del Riego en Valcheta” (INCyTH-CRA, 1981)*

### 2. Delimitación de cuencas

Sobre la base de los levantamientos topográficos con que cuenta la Municipalidad de Gral. Roca y de los puntos críticos que ella ha indicado, se delimitaron 47 cuencas de aporte, a efectos de poder obtener en los puntos precisados caudales de diseño.

La delimitación de las cuencas se realizó teniendo en cuenta, además de los puntos críticos mencionados, las direcciones del escurrimiento en un análisis a nivel de cuadra por cuadra.

El plano correspondiente a la delimitación de cuencas se adjunta en el Anexo Planos.

### 3. Tormentas de proyecto

Sobre la base de la recopilación mencionada en **1**, se estudió la factibilidad de actualizar las tormentas de proyecto que el INCyTH determinó con motivo del Estudio de Cuencas Aluvionales del Alto Valle de Río Negro en 1981. Como esto no fue factible se utilizaron las tormentas de proyecto desarrolladas por el CFI en 1990. A efectos de comprobar la metodología utilizada se realizó un estudio estadístico.

Se utilizó la información pluviográfica de la estación meteorológica más cercana, Cipolletti, obtenida del informe (CFI, 1990), con un registro de 40 años desde 1939 a 1987.

Se ajustó una función General de Valores Extremos (GVE) a las series de precipitaciones máximas anuales de igual duración. Los valores de los parámetros estimados por el método de Momentos de Probabilidad Ponderada se presentan en la Tabla 1 para las distintas duraciones consideradas, siendo la forma inversa de la distribución:  $x = u + \frac{a}{k} [1 - (-\ln F)^k]$ .

**Tabla 1. Parámetros de la distribución GVE**

<b>Duración (min)</b>	<b><i>u</i></b>	<b><i>a</i></b>	<b><i>K</i></b>
<b>5</b>	3.17	1.74	-0.234
<b>10</b>	4.86	2.75	-0.199
<b>15</b>	6.59	3.60	-0.137
<b>30</b>	8.47	4.08	-0.261
<b>45</b>	9.40	4.29	-0.331
<b>60</b>	10.44	4.54	-0.367
<b>120</b>	12.42	6.06	-0.333
<b>180</b>	14.12	7.52	-0.279

En la Tabla 2 se presentan las estimaciones de precipitaciones máximas (mm) para distintos períodos de recurrencia, para las duraciones analizadas.

**Tabla 2. Precipitaciones Máximas (mm) según Recurrencia y Duración**

Duración (min)	Período de recurrencia (años)						
	2	5	10	20	50	100	200
5	3.8	6.3	8.3	10.6	14.3	17.5	21.4
10	5.9	9.7	12.7	16.0	21.1	25.5	30.7
15	7.9	12.6	16.1	19.8	25.1	29.6	34.6
30	10.0	16.0	20.9	26.8	36.1	44.7	55.1
45	11.1	17.7	23.8	31.1	43.6	55.9	71.3
60	12.2	19.5	26.3	34.9	49.9	65.1	84.5
120	14.8	24.2	32.7	43.1	60.9	78.4	100.3
180	17.0	28.1	37.7	48.9	67.3	84.5	105.3

El análisis de las estimaciones obtenidas indica que el ajuste de la función GVE produce, en general, valores inferiores a los informados anteriormente por el CFI. Dado que estas diferencias no son significativas se decidió utilizar las Curvas de Intensidad – Duración – Recurrencia del mencionado estudio en el cálculo de los desagües de la ciudad de Gral. Roca.

Para poder disponer de una distribución temporal se aplicó el Método de Chicago (Keifer, C. et al., 1957), que genera una distribución temporal sintética de la tormenta de proyecto, es decir con probabilidad de ocurrencia asociada, basado en una ecuación que da forma al hietograma, derivada de la formulación de la conocida curva de Intensidad-Duración-Frecuencia (I-D-F):

$$I \text{ (mm/h)} = A / (D(\text{min}) + B)^C$$

donde:

I = intensidad media correspondiente a una duración D y tiempo de recurrencia TR (años).

A, B y C = parámetros.

Para definir la duración típica de las tormentas de proyecto se recurrió al informe (CFI, 1990) donde se expresa que en el período de análisis (1938-74) las tormentas tienen una



duración menor a 2 horas, tiempo que fue adoptado para la generación de los hietogramas sintéticos que se expresan en la Tabla 3.

**Tabla 3. Hietogramas sintéticos**

DURACIÓN (min)	INTENSIDAD (mm/h)				
	TR=2 AÑOS	TR=5 AÑOS	TR=10 AÑOS	TR=20 AÑOS	TR=50 AÑOS
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	3.15	5.32	7.54	9.66	12.91
10	3.58	6.10	8.56	10.97	14.65
15	4.18	7.20	9.97	12.78	17.06
20	5.08	8.86	12.07	15.47	20.63
25	6.58	11.65	15.57	19.94	26.57
30	9.63	17.33	22.62	28.96	38.51
35	19.29	34.82	44.80	57.33	75.91
40	45.72	77.87	104.76	134.18	176.38
45	23.92	43.00	55.38	70.86	93.70
50	14.87	27.02	34.71	44.42	58.92
55	10.85	19.62	25.45	32.58	43.30
60	8.60	15.42	20.24	25.92	34.49
65	7.16	12.72	16.90	21.65	28.83
70	6.16	10.86	14.58	18.67	24.89
75	5.42	9.49	12.87	16.49	21.98
80	4.86	8.45	11.55	14.80	19.75
85	4.41	7.62	10.51	13.47	17.98
90	4.05	6.96	9.66	12.38	16.53
95	3.75	6.41	8.95	11.48	15.33
100	3.50	5.95	8.36	10.71	14.31
105	3.28	5.55	7.84	10.06	13.44
110	3.09	5.21	7.40	9.49	12.68
115	2.93	4.92	7.01	8.99	12.02
120	2.78	4.66	6.67	8.55	11.43
Precip Total (mm)	17.24	30.25	40.33	51.65	68.52

#### 4. Determinación de usos del suelo

A través de la información cartográfica disponible se determinaron los distintos usos del suelo y sus consecuentes niveles de impermeabilidad a efectos de poder simular las pérdidas de la precipitación en las cuencas delimitadas.

Para la determinación de los usos del suelo se contó con una serie de fotogramas en color que cubrían la totalidad del área de estudio. Dichos fotogramas, en escala aproximada de

1:5.000, fueron seleccionados de manera alterna dentro de cada línea de vuelo con la finalidad de simplificar la tarea de fotointerpretación.

Cada fotograma seleccionado fue digitalizado en escala de grises a través de scanner para su procesamiento posterior. El tratamiento dado a cada archivo consistió en una primera corrección de brillo-contraste para homogeneizar y disimular los defectos de luminosidad provenientes del revelado.

En una primera etapa se armaron mosaicos, encadenando digitalmente los archivos, con la finalidad de formar archivos para cada cuenca o grupos de cuencas. Parte de estos mosaicos fueron utilizados para obtener sectores de muestreo para el procesamiento digital posterior. El muestreo digital de sectores representativos para cuencas grandes o grupos de cuencas similares fue llevado a cabo a partir de fotogramas unitarios o grupos de ellos.

El tratamiento posterior consistió en un primer estrechamiento de la información llevando el histograma de valores a 256 tonos de grises. Posteriormente se importaron los archivos a un sistema de información "raster" (IDRISI™) donde se simplificaron los diversos tonos a solamente 16.

La interpretación de los fotogramas dio lugar a una clasificación donde se salvaron efectos de confusión o dualidad que presentaron algunos valores obtenidos. Así la clasificación o caracterización obtenida se resumen en clases en la Tabla 4.

**Tabla 4. Clases de usos del suelo**

<b>CLASES</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TONALIDAD</b>
<b>I</b>	Suelos desnudos, calles no pavimentadas, techos de viviendas	12 a 15
<b>II</b>	Monte natural, pavimentos, suelos con muy escasa vegetación	11 a 12
<b>III</b>	Suelos con poca vegetación, techos sombreados y/o de tejas	8 a 10
<b>IV</b>	Suelos cultivados o praderas	6 a 7
<b>V</b>	Cultivos intensivos, frutales, arboledas, sombras	0 a 5

Por lo tanto, el grado de confusión aludida se refiere principalmente a los valores que incluyen la clase 3, donde los valores de reflexión captados por la cámara no permiten

asignar la totalidad del área ocupada por techos en una sola categoría. De cualquier modo este tipo de interferencia es frecuente que se produzca aún en la información proveniente de imágenes satelitales, cuyo tratamiento podría completar los resultados obtenidos.

Los valores de impermeabilidad figuran en la Tabla 5.

## 5. Parámetros morfométricos

En base a la delimitación de cuencas descritas en 2. se determinaron los parámetros morfométricos (área, pendiente, longitudes, etc.) necesarios como datos de entrada al modelo matemático de simulación hidrológica.

**Tabla 5. Parámetros morfométricos**

Cuenca [n°]	Cota máx. [m s.n.m.]	Cota mín. [m s.n.m.]	DH [m]	Area [Ha]	Perímetro [m]	Longitud (m)	Pendiente [%]	Impermeab. [%]
301	280.00	260.95	19.05	61.72	3340.00	552.11	0.035	84.71
302	281.70	245.20	36.50	54.12	5150.00	230.88	0.158	0.00
303	264.96	251.40	13.56	58.93	3110.00	654.19	0.021	84.71
304	266.40	251.70	14.70	80.63	4490.00	448.92	0.033	1.00
305	248.02	240.46	7.56	23.91	2150.00	314.33	0.024	60.03
306	248.02	242.37	5.65	14.65	1560.00	315.17	0.018	60.03
307	255.18	244.02	11.16	15.03	1620.00	287.85	0.039	60.03
308	248.01	242.37	5.64	22.25	1980.00	344.92	0.016	60.03
309	261.61	243.21	18.40	66.07	3610.00	510.32	0.036	57.40
310	264.96	243.81	21.15	60.33	4520.00	309.27	0.068	57.40
311	252.30	241.29	11.01	23.32	2570.00	218.70	0.050	55.93
312	253.20	238.45	14.75	41.65	3920.00	242.50	0.061	55.93
313	240.46	239.60	0.86	21.87	2670.00	191.21	0.004	60.03
314	243.21	239.60	3.61	7.07	1670.00	95.62	0.038	60.03
315	261.60	230.05	31.55	109.33	7480.00	319.65	0.099	57.40
316	243.37	237.38	5.99	35.12	2870.00	313.02	0.019	57.40
317	252.00	237.00	15.00	34.08	4130.00	180.88	0.083	57.40
318	253.44	237.00	16.44	93.31	4450.00	560.63	0.029	57.40
319	245.09	228.90	16.19	62.78	3660.00	457.37	0.035	57.40
320	240.00	236.30	3.70	35.25	2350.00	600.00	0.006	61.63
321	236.47	235.41	1.06	32.53	2270.00	573.22	0.002	61.63
322	243.21	235.34	7.87	100.49	4380.00	654.40	0.012	61.63
323	244.59	236.09	8.50	62.96	3550.00	489.94	0.017	61.63
324	242.28	231.54	10.74	29.17	2460.00	320.85	0.033	55.93
325	233.13	231.08	2.05	152.64	6240.00	607.53	0.003	55.93
326	232.50	229.65	2.85	57.64	3000.00	768.53	0.004	82.65

327	232.50	229.65	2.85	48.37	3380.00	365.08	0.008	76.00
328	231.33	229.65	1.68	58.60	3830.00	382.34	0.004	76.00
329	230.57	229.18	1.39	33.47	2390.00	448.15	0.003	76.00
330	236.66	235.80	0.86	16.18	2370.00	157.46	0.005	80.82
331	236.66	235.30	1.36	16.45	2390.00	158.74	0.009	80.82
332	236.09	232.92	3.17	33.92	4450.00	164.63	0.019	65.99
333	233.07	231.21	1.86	21.05	2710.00	179.00	0.010	82.65
334	231.30	229.65	1.65	41.35	3660.00	264.06	0.006	74.61
335	236.66	233.98	2.68	72.48	4180.00	439.01	0.006	80.82
336	236.55	234.36	2.19	72.36	4180.00	438.02	0.005	34.91
337	236.66	233.78	2.88	40.96	3610.00	266.18	0.011	80.82
338	235.30	234.02	1.28	25.80	2150.00	361.70	0.004	80.82
339	235.45	233.78	1.67	23.45	2710.00	203.68	0.008	80.82
340	235.20	233.34	1.86	85.31	4000.00	616.72	0.003	65.99
341	234.82	231.82	3.00	201.34	5900.00	1072.23	0.003	65.99
342	233.45	231.25	2.20	36.78	2880.00	331.93	0.007	82.65
343	231.38	229.64	1.74	39.64	3060.00	330.46	0.005	43.51
344	232.53	229.32	3.21	202.19	6570.00	820.36	0.004	21.98
345	231.69	229.36	2.33	51.21	3640.00	347.86	0.007	43.51
346	230.24	228.51	1.73	161.45	5740.00	768.12	0.002	44.29
347	234.36	233.34	1.02	53.72	3090.00	528.46	0.002	80.82

Para la determinación de la longitud característica del escurrimiento se aplicó lo determinado en (Villodas, A., 1992) donde a la cuenca se la considera como un rectángulo equivalente en función de un factor de forma (x), que es función, a su vez, del cociente entre el cuadrado del perímetro (P) y el área de la cuenca (A), luego la longitud característica de escurrimiento es:

$$L = 2A(1 + x) / xP$$

$$\text{donde: } x = \frac{\frac{P^2}{A} - 8 + \sqrt{\frac{P^2}{A} \left( \frac{P^2}{A} - 16 \right)}}{8}$$

La pendiente de la cuenca es el cociente entre la diferencia de cotas máxima y mínima (DH) de la cuenca y la longitud.

## 6. Referencias

**CFI. II Informe, Estudios Básicos, Desagües Pluviales de Cipolletti, 1990**

**Keifer, C. J.; Chu, H. H. Synthetic Storm Pattern for Drainage Design. Journal of Hydraulic Division - ASCE - Vol. 83 N° HY4, Aug 1957.**

**Villodas, A. R.** *Hidrología urbana en un sistema de desagüe pluvial no convencional.*  
Informe final de beca de iniciación de CONICET. Mendoza, 1992.

# **ANEXO**

## **Plano**