

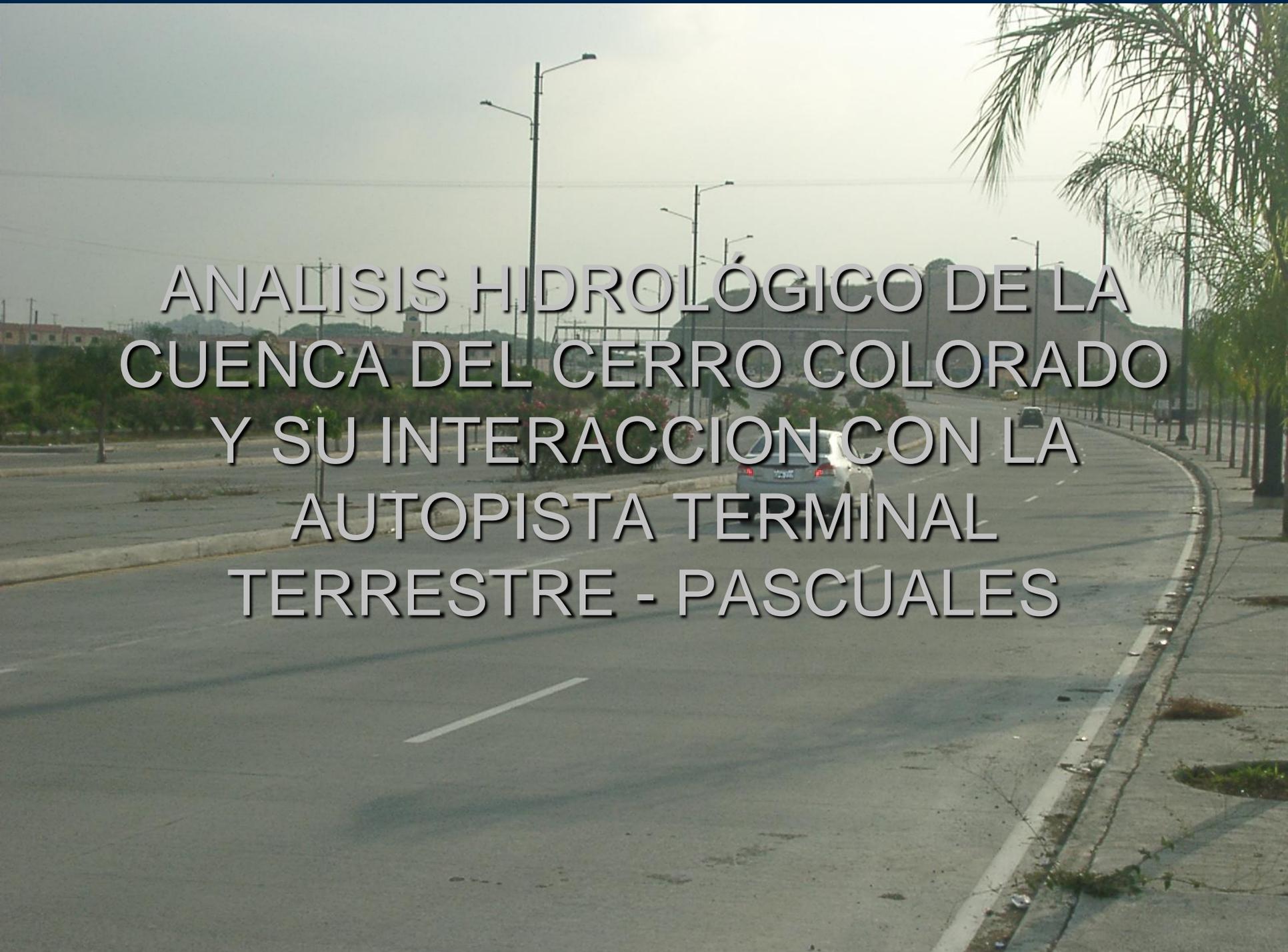


# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Integrantes:

- ✓ Jaramillo Nieto Jimmy Marlon
- ✓ Sanga Suárez Christian José



ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA  
CUENCA DEL CERRO COLORADO  
Y SU INTERACCIÓN CON LA  
AUTOPISTA TERMINAL  
TERRESTRE - PASCUALES



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Índice

### Objetivos

Capitulo 1.- Descripción de las cuencas

Capitulo 2.- Estadística de los datos

Capitulo 3.- Escorrentía Superficial

Capitulo 4.- Hidráulica de Alcantarillas

Capitulo 5.- Análisis de Resultado

Capitulo 6.- Conclusiones y Recomendaciones



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Objetivos

### Principal

- Analizar el comportamiento de las alcantarillas ante la presencia de eventos lluviosos extremos como el del 13 de diciembre de 1997.

### Secundarios

- Caracterizar fisiográficamente la zona de estudio
- Seleccionar la precipitación de diseño con datos de registro pluviográficos en fajas y anuarios
- Estimar el escurrimiento de la cuenca
- Determinar la capacidad hidráulica del sistema de drenaje transversal





# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capitulo 1.- Descripción de las cuencas

- Ubicación geográfica y política.
- Descripción Hidrológica.
  - Delimitación
  - Caracterización a través de sus parámetros geomorfológicos
    - Área y Perímetro
    - Forma
    - Sistema de Drenaje
    - Características del relieve
  - Tipos de flujos que se presentan en los cauces
  - Material del lecho

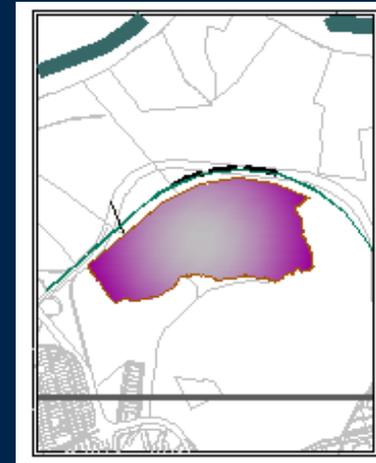
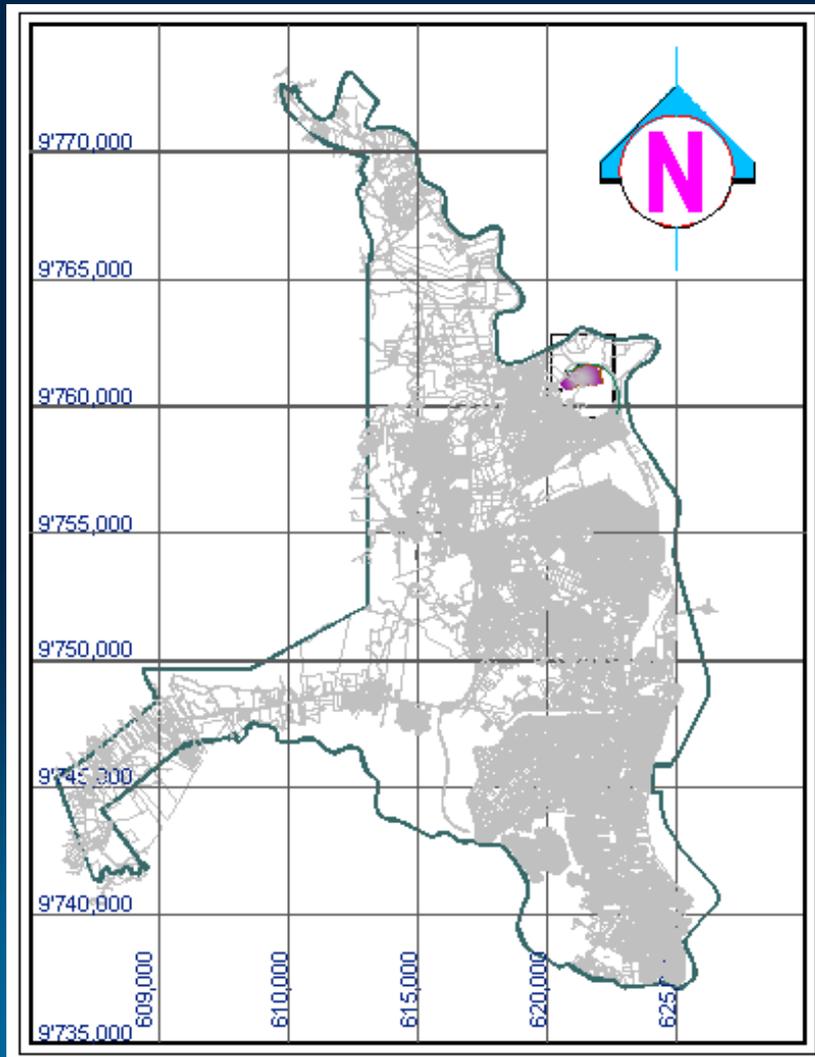


# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Ubicación Geográfica y Política

Altitud: 104.56 m.s.n.m



### Ubicación Geográfica

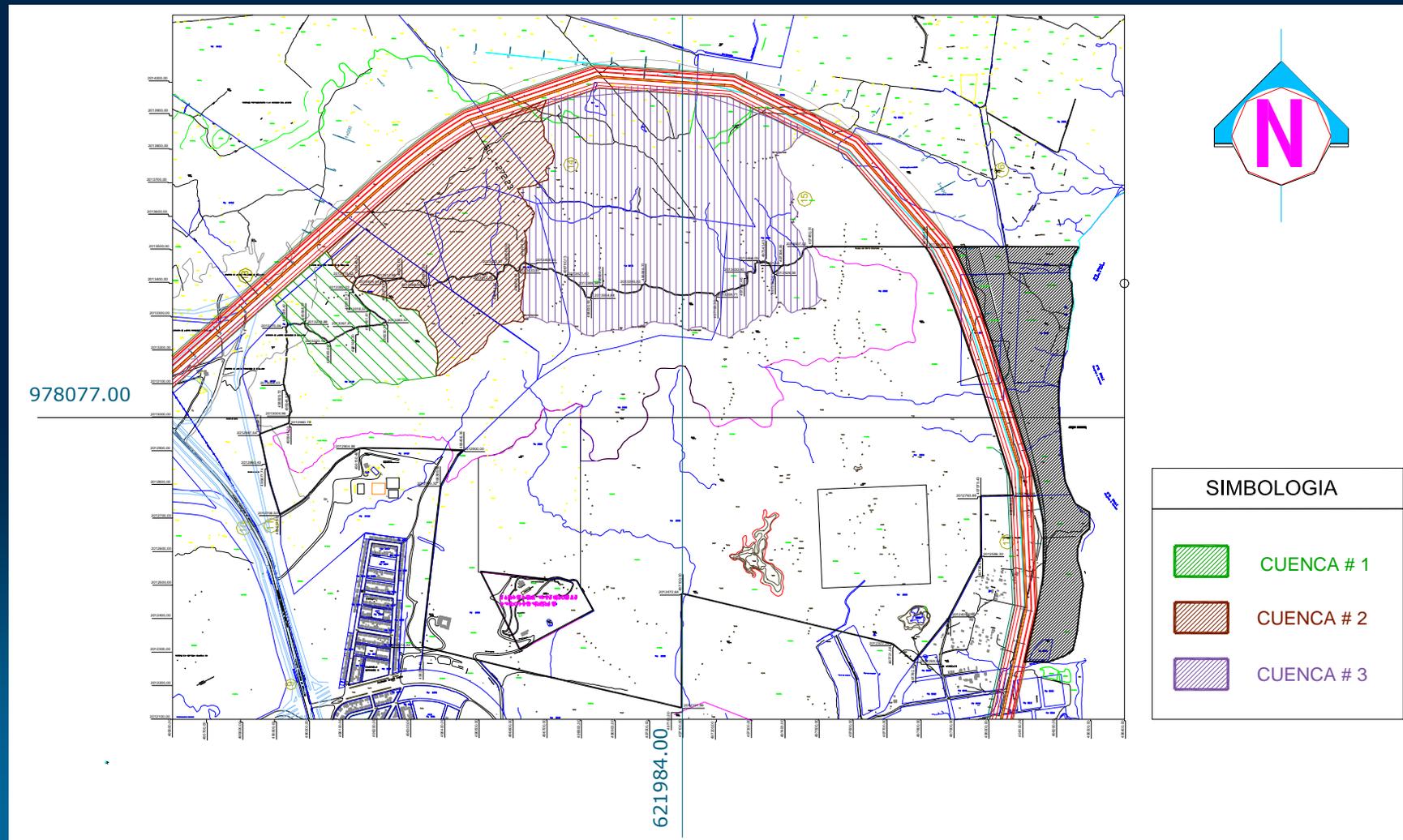
Punto	Latitud N	Longitud E
1	9770685	620801
2	9770837	620742
3	9770877	621340
4	9770881	621034



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## ➤ Plano General del sector Cerro Colorado



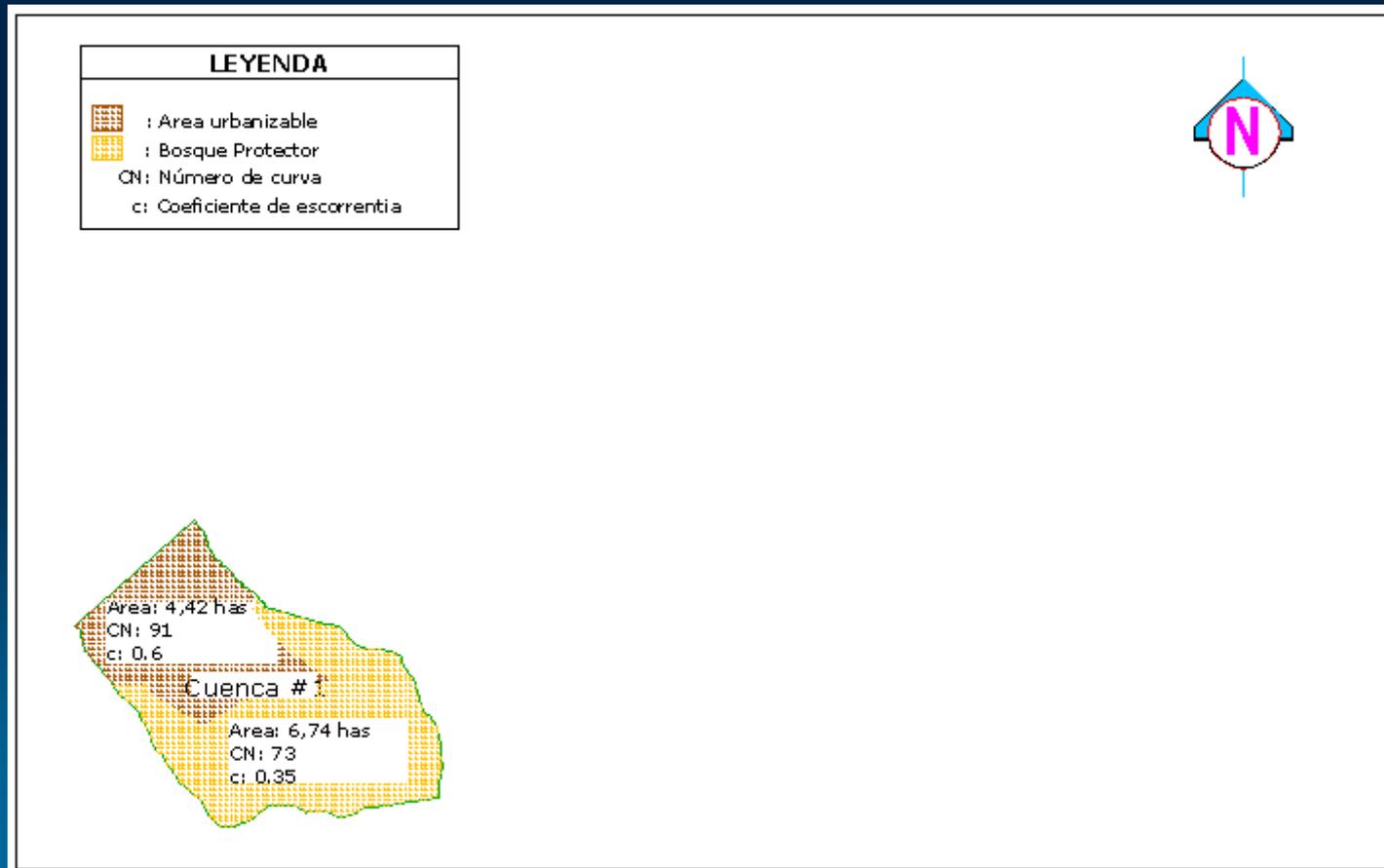


# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Descripción Hidrológica de las cuencas

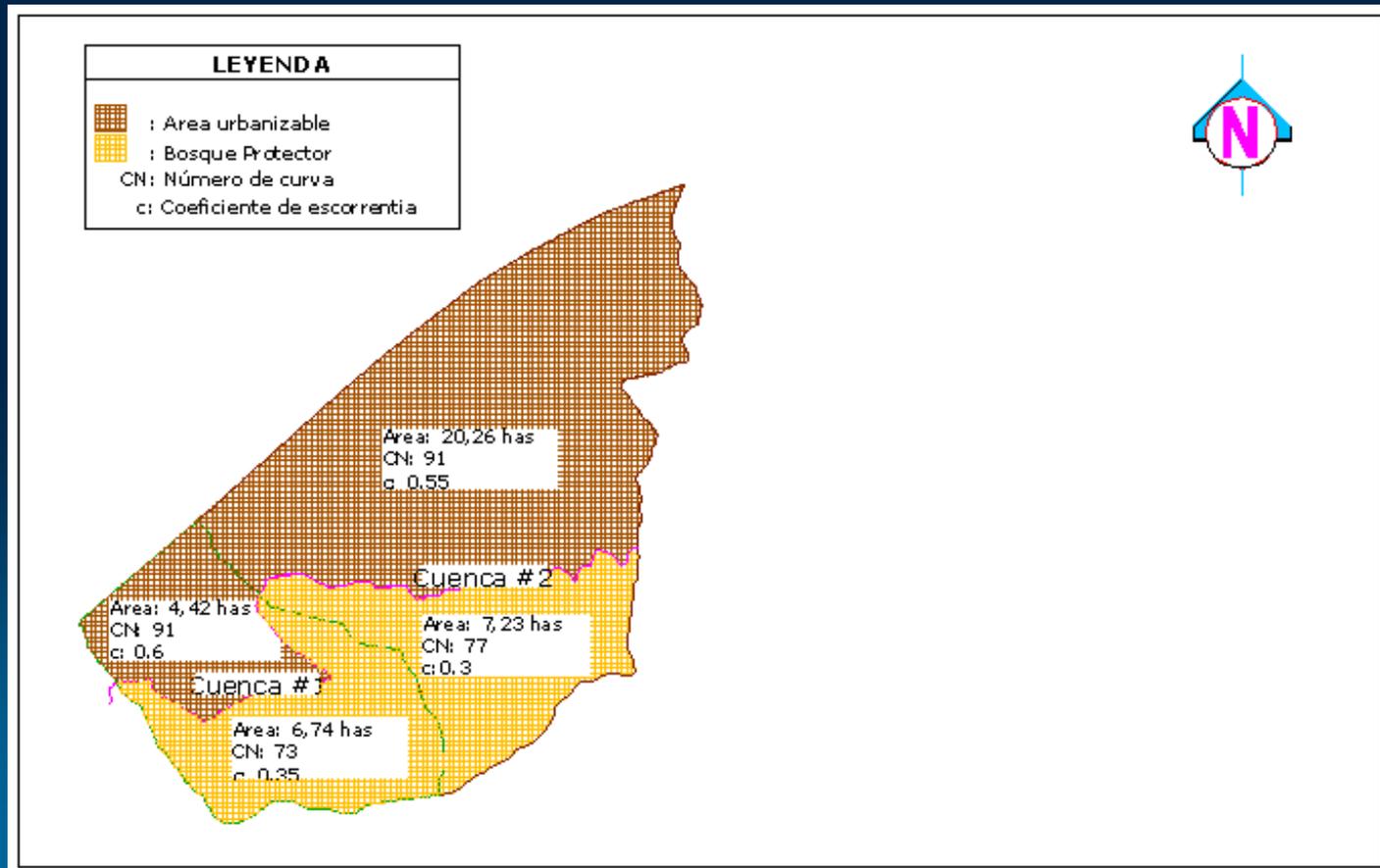
### ➤ Delimitación de las cuencas





## Descripción Hidrológica de las cuencas

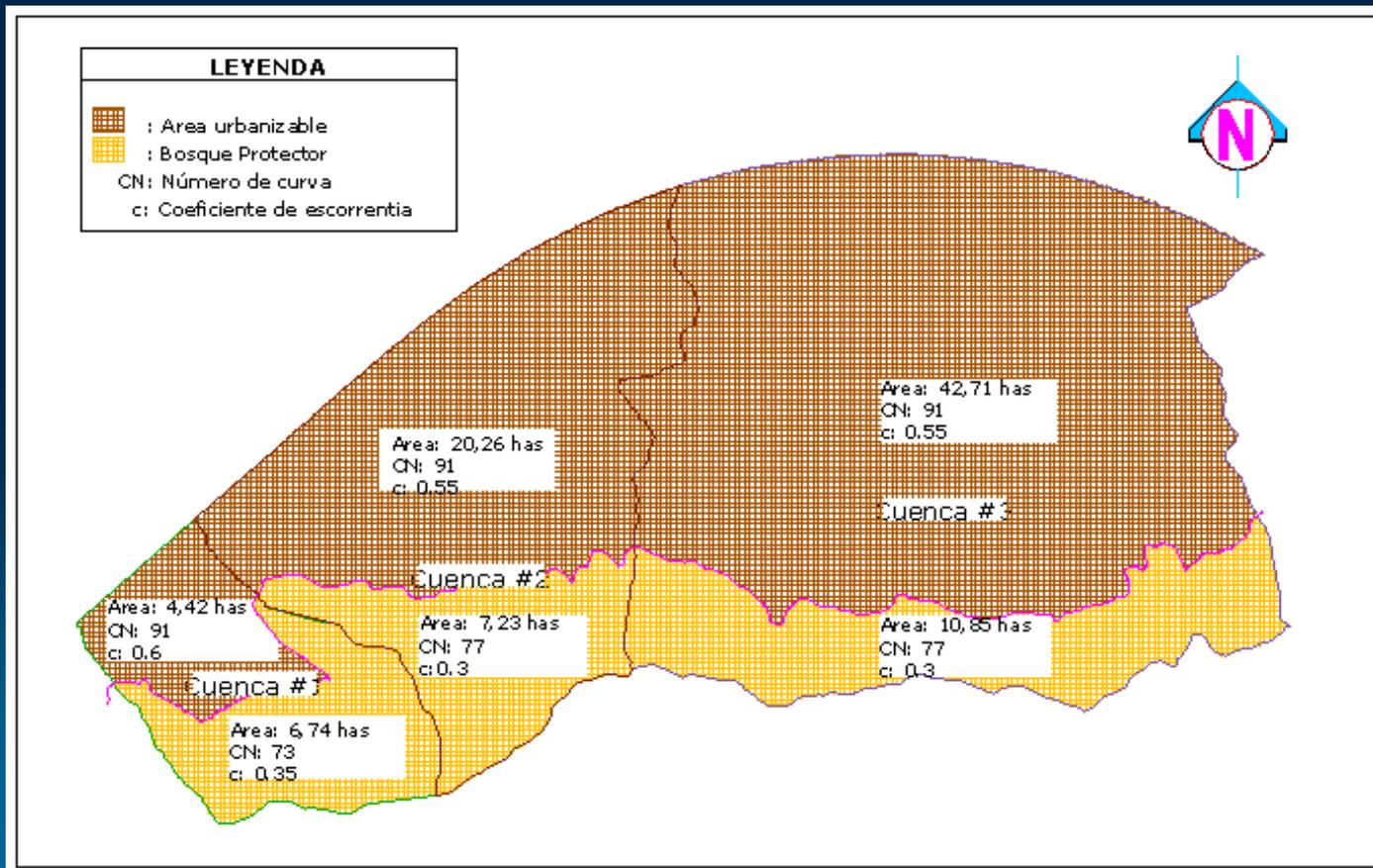
### ➤ Delimitación de las cuencas





## Descripción Hidrológica de las cuencas

### ➤ Delimitación de las cuencas





# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Descripción Hidrológica de las cuencas

### ➤ Caracterización de las cuencas a través de sus parámetros geomorfológicos.

- **Área y Perímetro.-** Mediante planimetrado 
- **Forma.**
  - (Ks) Tendencia a las crecidas
  - (Kc) Relacionado con el Tc Ejemplo Comparativo
- **Sistema de drenaje.**
  - Nº de Orden. <Tributario >infiltración 
  - Densidad de drenaje. (0.5-4)Km./Km<sup>2</sup> 
- **Relieve.**
  - Pendiente de la cuenca 
  - Pendiente del cauce principal
  - Longitud de Máx. Recorrido
  - Longitud del centroide 
  - Tiempo de concentración 

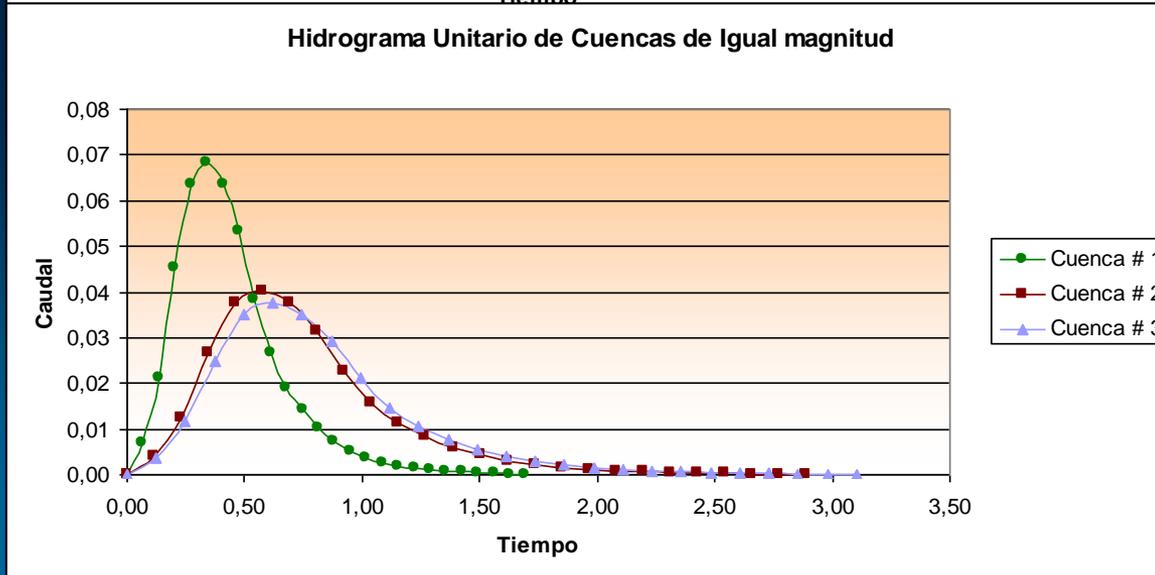
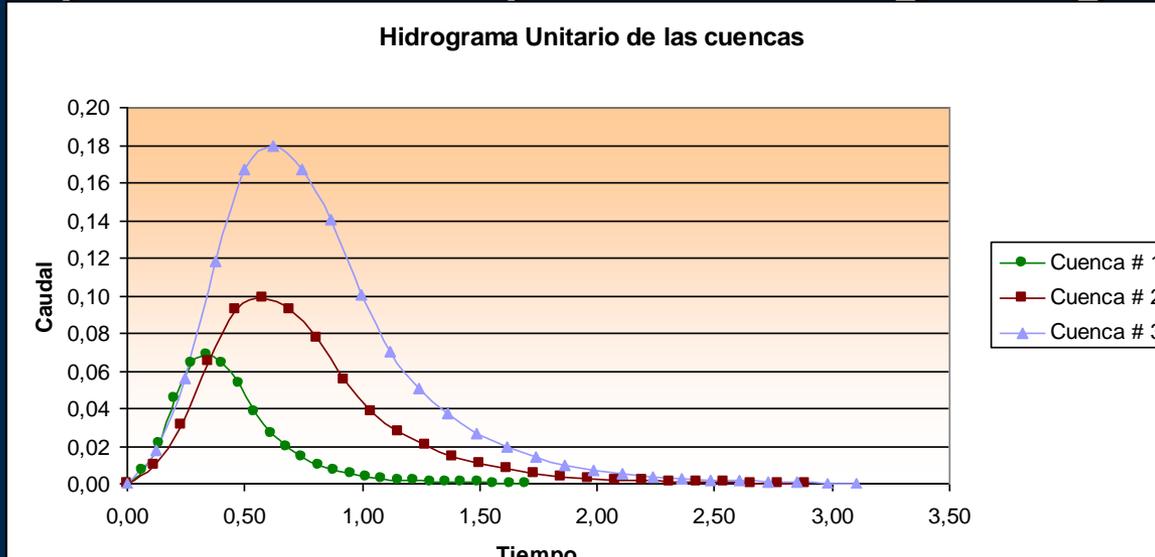
[Next](#) 



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Ejemplo de Caudal Pico para Cuenca de Igual magnitud



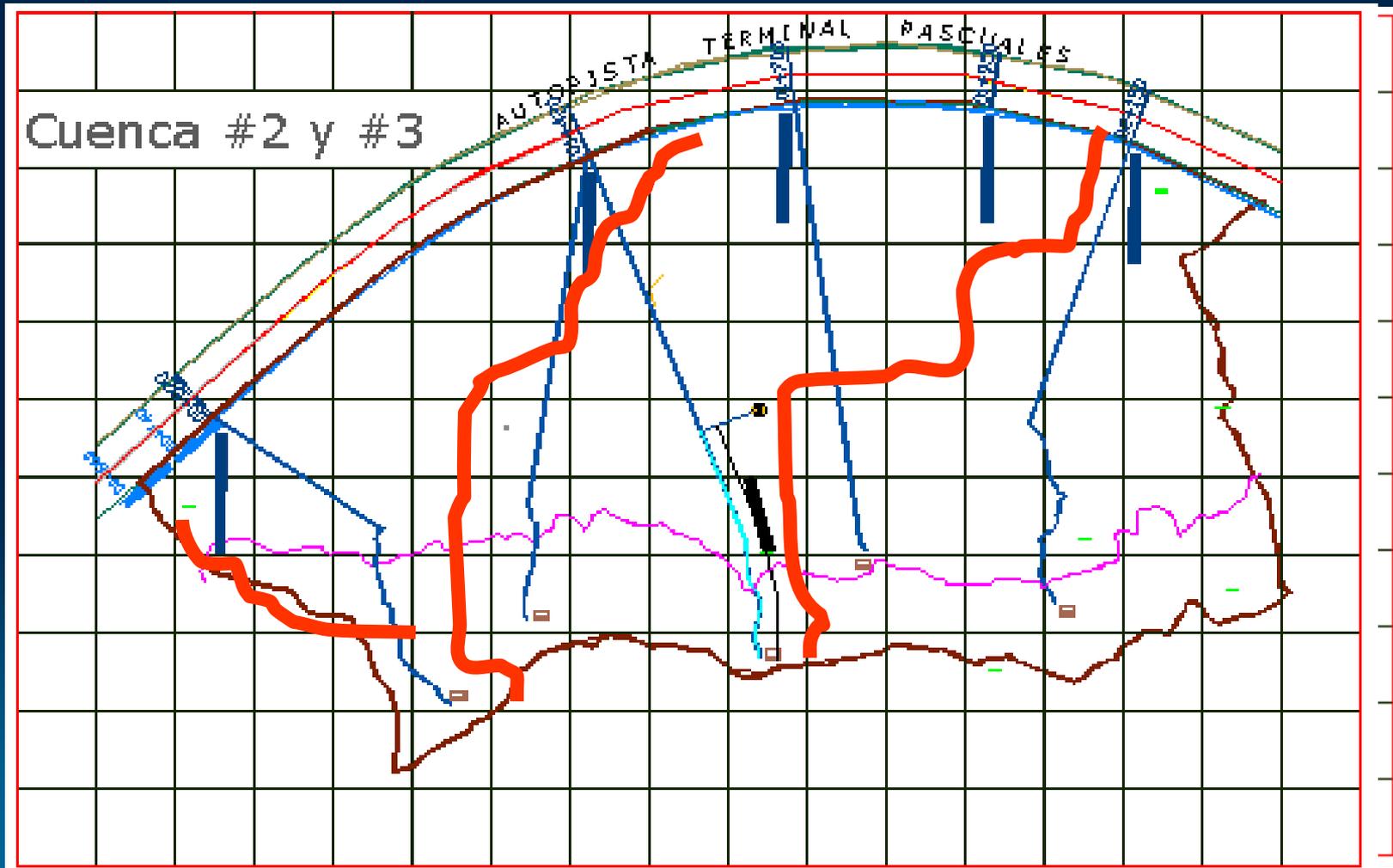


# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



Longitud de máximo recorrido

Longitud del cauce principal en Cuencas unidas





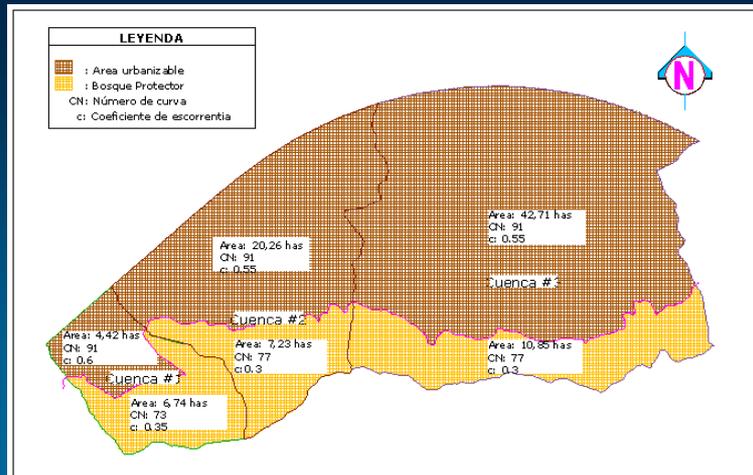
# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Descripción Hidrológica de las cuencas

### Parámetros Geomorfológicos

Cuenca	Área y Perímetro		Forma de la cuenca		
	Área (Has)	Perímetro (m)	Factor de forma (Ks)	Índice de compacidad (Kc)	Clasificación
1	11,16	1418,16	0.66	1.19	Casi redonda a oval - redonda (1,00-1,25)
2	27,49	2470,52	0.27	1.32	Oval redonda a oval oblonga (1,26-1,50)
3	53,56	3202,91	0.51	1.23	Oval redonda a oval oblonga (1,26-1,50)





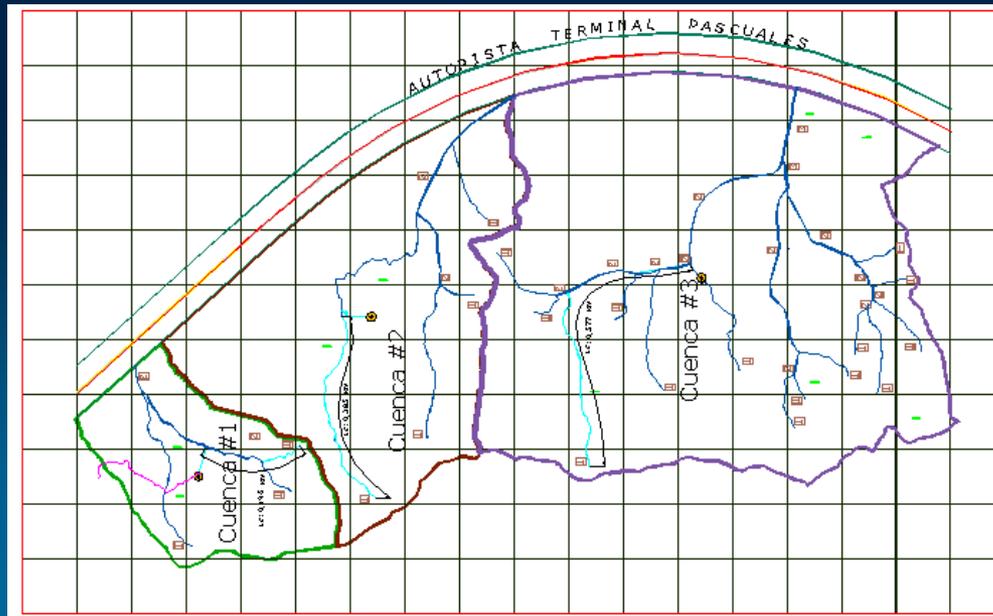
# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Descripción Hidrológica de las cuencas

### Parámetros Geomorfológicos

Cuenca	Sistema de drenaje		Tipo de relieve		Tiempo de concentración (min.)
	Orden de cuenca (N)	Densidad de Drenaje (Dd)	Pendiente	Tipo de relieve	
1	2	2.78	0.246	Accidentado (P4)	4.74
2	2	3.65	0.217		13.37
3	3	1.91	0.224		16.21





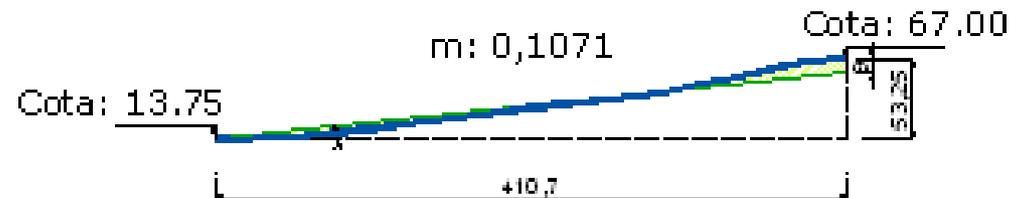
# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Descripción Hidrológica de las cuencas

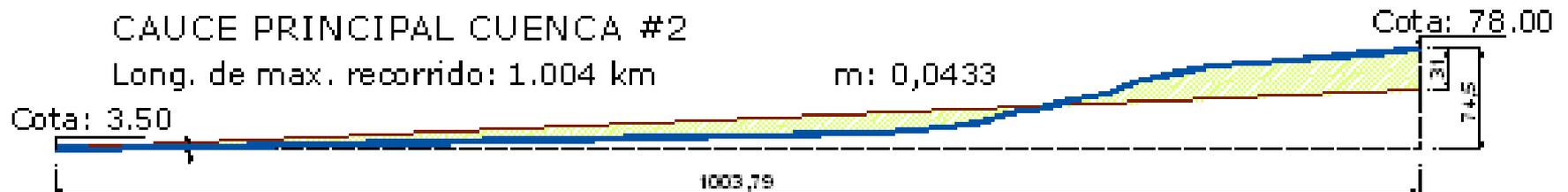
### CAUCE PRINCIPAL CUENCA # 1

Long. de max. recorrido: 0.411 km



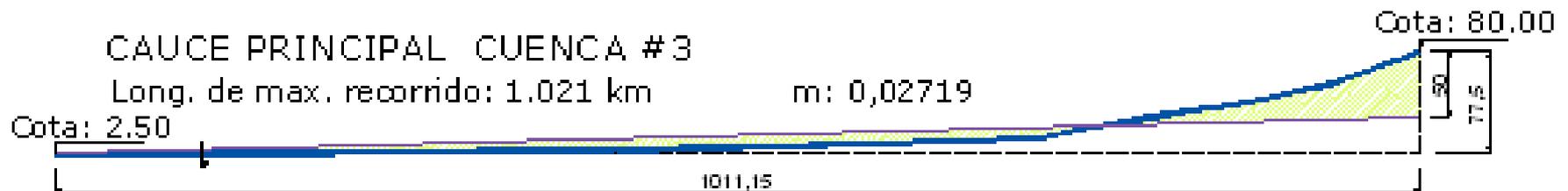
### CAUCE PRINCIPAL CUENCA #2

Long. de max. recorrido: 1.004 km



### CAUCE PRINCIPAL CUENCA #3

Long. de max. recorrido: 1.021 km





# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Descripción Hidrológica de las cuencas

### ➤ Tipo de flujo

- Perenne
- Intermittente
- Efímero



### ➤ Material del Lecho

- Litología
- Suelo





# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Descripción Hidrológica de las cuencas

### ➤ Material del Lecho

- Suelo

Ensayo en laboratorio:

- ✓ Análisis granulométrico
- ✓ Ensayo de límite líquido y plástico
- ✓ Permeabilidad



ESPOL  
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

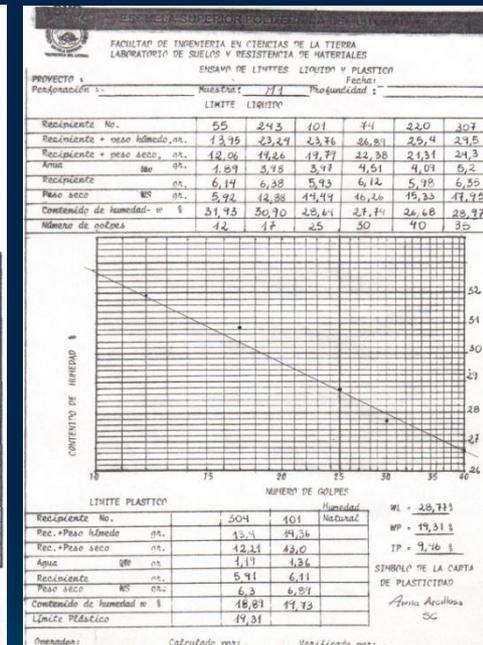
PROYECTO: \_\_\_\_\_ Para: \_\_\_\_\_ Fecha: 18-09-06

MUESTRA: #1

Fuente del Material: \_\_\_\_\_  
Descripción del Material: \_\_\_\_\_

Tamiz	Peso Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificaciones
3					
2(1/2)					
2					
1(1/2)					
1					
3/8"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No. 4	22.4	44.8	44.8	55.20	
No. 6					
No. 8					
No. 10	5.6	11.2	5.6	44.00	
No. 12					
No. 16					
No. 20					
No. 30					
No. 40	7.8	15.6	11.6	28.14	
No. 50					
No. 60					
No. 80					
No. 100					
No. 200	5.6	11.20	8.8	13.2	
Fondo	8.6	17.20	100	0	
Total	500	100			

$K = 5.16 \times 10^{-4} \text{ cm}^3/\text{seg}$



Basándose en el pasante del tamiz No 200 predominan los finos, tomamos la carta de plasticidad (límite líquido, plástico, índice plástico) se considera a los suelos arcillosos limosos y arenosos limosos. De acuerdo a esta clasificación se puede concluir que es tipo C en la SCS



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 2.- Estadística de datos

- Periodo de Retorno
  - Ajuste de datos a una distribución de probabilidades
    - Distribución Gumbel Tipo I
    - Distribución Normal
    - Distribución Pearson Tipo III
  - Prueba de Bondad de Ajuste
    - Prueba  $\chi^2$
    - Prueba Kolmogorov - Smirnov
  - Cálculo del periodo de retorno
- Análisis de intensidades máximas.
- Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Periodo de Retorno Diseño y Planificación óptima

Dirección de aviación civil (DAC)

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrológica (INAMHI)

Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR)

Precipitación Máxima Diaria-Estación Radio Sonda		
Año	Precipitación (mm.)	Fecha
1992	113,6	19 de Marzo
1993	75,7	10 de Febrero
1994	130,6	19 de Diciembre
1995	79	17 de Febrero
1996	104,3	1 de Febrero
<b>1997</b>	<b>185,5</b>	<b>13 de Diciembre</b>
1998	221,8	18 de Abril
1999	60,4	26 de Abril



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Ajuste a una distribución de probabilidades

- Gumbel Tipo I
- Normal
- Pearson Tipo III
- Log-normal

Media:121.36

Varianza:56.36

Coef. Sesgo:1.1738

Distribución de Probabilidad							
Datos		Parámetros					
$X_T$	185,50 Mm. ←	Gumbel Tipo I					
		$\alpha$	43,94	$\mu$	96		
		Normal					
		$\mu$	121,36	$\sigma$	56,36		
Log ( $X_T$ )	2.27 Mm.	Pearson Tipo III					
		$\beta$	1.25	$\lambda$	50.4	$\xi$	58.35
		Log-normal					
		$\mu_y$	2.05	$\sigma_y$	0.19		



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Prueba de Bondad del Ajuste

### Prueba $\chi^2$

$$D \leq X^2_{1-\alpha, k-1-m}$$

#### Aprobación de Hipótesis

Función de Distribución	$D$	$\nu$	$\chi^2_{0,95, \nu}$	$H_0$
Normal	4.04	3	7.81	se acepta
Log-normal	2.47		7.81	se acepta
<b>Gumbel</b>	<b>9.34</b>		<b>7.81</b>	<b>se rechaza</b>
Pearson	1.98	2	5.99	se acepta



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Prueba de Bondad del Ajuste Prueba *Kolmogorov-Smirnov*

$$D < d(n, \alpha)$$

Aprobación de Hipótesis			
Función de Distribución	D	d	Ho
Normal	0.1871	0.43	Se acepta
Log-normal	0.1214	0.43	Se acepta
Pearson	0.1103	0.43	Se acepta
Gumbel	<b>0.1040</b>	<b>0.43</b>	<b>Se acepta</b>



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales

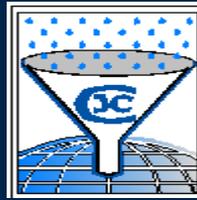


## Prueba de Bondad del Ajuste Resumen

Selección de la función de Distribución		
Función de Distribución	$\chi^2$	Kolmogorov
Normal	3	4
Log-normal	2	3
<b>Pearson</b>	1	2
Gumbel	se rechaza	1



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Cálculo del periodo de retorno

Distribución : Pearson tipo III,  $X(T)$ : 185.5mm

➤ Determinar el factor de frecuencia muestral

$$K_{T-muestral} = \frac{X_T - \bar{x}}{s}$$

- Realizar tanteo para determinar el factor de frecuencia a partir de las Ecuaciones (Kite)

$$z = w - \frac{2.51557 + 0.802853 w + 0.010328 w^2}{1 + 1.432788 w + 0.189269 w^2 + 0.001308 w^3}$$

$$k = C_s / 6$$

$$w = \left[ \ln \left( \frac{1}{p^2} \right) \right]^{1/2}; p = 1/T$$

$$K_T = z + (z^2 - 1)k + \frac{1}{3}(z^3 - 6z)k^2 - (z^2 - 1)k^3 - zk^4 + \frac{1}{3}k^5$$

Se escoge una probabilidad aleatoria

$$K_{T-muestral}$$



$$K_T$$

### Resultados

FACTOR DE FRECUENCIA [ $k_T$ ]	1,138
PERIODO DE RETORNO	8,59 años



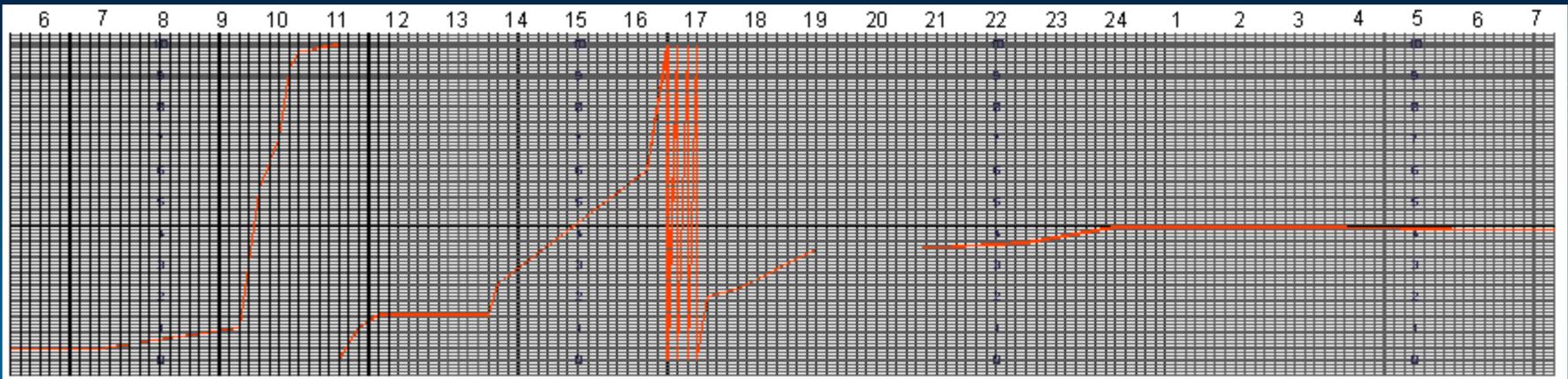
## Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



### Análisis de intensidades máximas

Los métodos para el cálculo de escorrentía utiliza la cantidad de agua precipitada y la intensidad con que el evento se presenta.

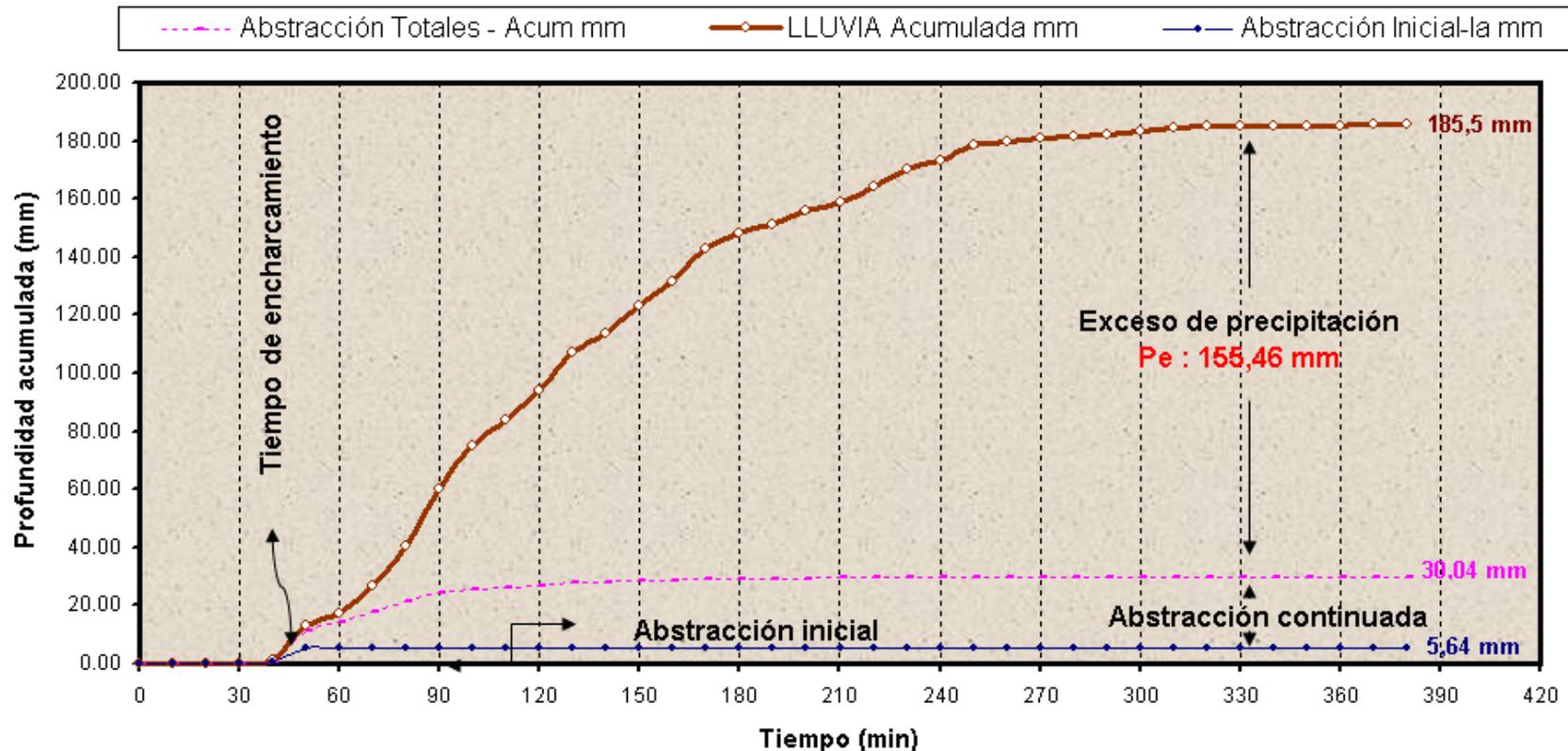
La elección del evento para el diseño de una obra hidráulica, no obedece al criterio de una sola persona sino a la extrapolación de datos característicos del medio que previamente se ajustan a una función de probabilidades.





## PRECIPITACION DE DISEÑO EN UN EVENTO EXTREMO

PLUVIOGRAMA DE LA LLUVIA DE DICIEMBRE 13 DE 1997  
FENOMENO "EL NIÑO"





# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales

## Calculo de Profundidad e Intensidad de Lluvia de un evento a partir de las fajas pluviográficas



12 de Abril de 1997		16h30	Duración de la Lluvia 1 hora				
TIEMPO	LLUVIA		DURACION				
	Acumulada	Parcial	10	20	30	1	
min.	mm	mm	min.	min.	min.	hora	
0	0,1	0,1					
10	3,0	2,9	2,9				
20	7,7	4,7	4,7	7,6			
30	8,6	0,9	0,9	5,6	8,5		
40	9,0	0,4	0,4	1,3	6,0		
50	9,2	0,2	0,2	0,6	1,5		
60	9,4	0,2	0,2	0,4	0,8	9,3	
<b>PROFUNDIDAD MAXIMA (min.)</b>			<b>4,7</b>	<b>7,6</b>	<b>8,5</b>	<b>9,3</b>	
<b>INTENSIDAD MAXIMA (mm /hora)</b>			<b>28,2</b>	<b>22,8</b>	<b>17,0</b>	<b>9,3</b>	
■ 12 de Abril de 1997	0	17.4	28.2	5.4	2.4	1.2	1.2



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



Intensidad máxima (mm./h)							
ABRIL	DURACION					FECHA	HORA
	10	20	30	1	2		
	min.	min.	min.	hora	hora		
ALTURA MAX (min.)	4,7	7,6	8,5	9,3	0	12 de Abril de 1997	16h30
INTENSIDAD MAX (mm/hora)	28,2	22,8	17	9,3	0		
ALTURA MAX (min.)	5,9	1,5	2,1	2,4	3,4	13 de Abril de 1997	19h05
INTENSIDAD MAX (mm/hora)	35,4	4,5	4,2	2,4	1,7	14 de Abril de 1997	
ALTURA MAX (min.)	2,6	4,6	4,7	4,7	5,9	14 de Abril de 1997	19h50
INTENSIDAD MAX (mm/hora)	15,6	13,8	9,4	4,7	2,95	15 de Abril de 1997	
ALTURA MAX (min.)	7	12,5	14,9	16,2	19,3	17 de Abril de 1997	19h28
INTENSIDAD MAX (mm/hora)	42	37,5	29,8	16,2	9,65		
ALTURA MAX (min.)	4,3	6,3	7,5	11,1	19,9	18 de Abril de 1997	19h00
INTENSIDAD MAX (mm/hora)	25,8	18,9	15	11,1	9,95	19 de Abril de 1997	
ALTURA MAX (min.)	3,4	6,6	9,2	13,3	18	21 de Abril de 1997	01h10
INTENSIDAD MAX (mm/hora)	20,4	19,8	18,4	13,3	9		
ALTURA MAX (min.)	2,5	4,2	5	8,5	12,9	21 de Abril de 1997	21h00
INTENSIDAD MAX (mm/hora)	15	12,6	10	8,5	6,45		
ALTURA MAX (min.)	6,5	9,5	10,9	20,7	24,2	28 de Abril de 1997	18h30
INTENSIDAD MAX (mm/hora)	39	28,5	21,8	20,7	12,1		
ALTURA MAX (min.)	3,8	4,3	4,4	5,3	6	30 de Abril de 1997	18h00
INTENSIDAD MAX (mm/hora)	22,8	12,9	8,8	5,3	3		

# Análisis Hidrológico de la Cuenca del "Cerro Colorado" y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales

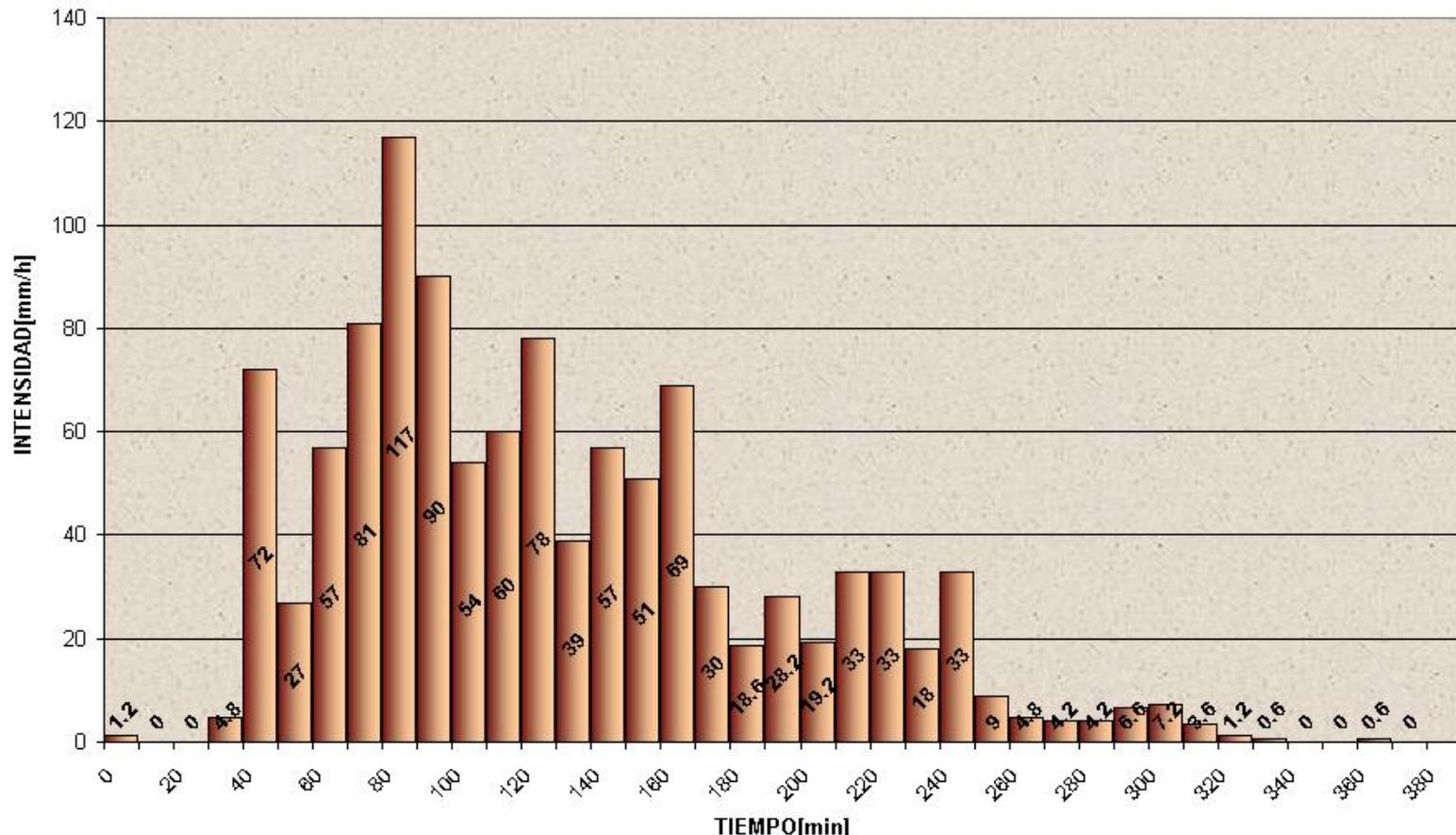


## MAXIMAS INTENSIDADES PRESENTADAS EN EL AÑO 1997

Fecha

Duración

HISTOGRAMA DE LLUVIA DE DICIEMBRE 13 DE 1997  
FENOMENO "EL NIÑO"





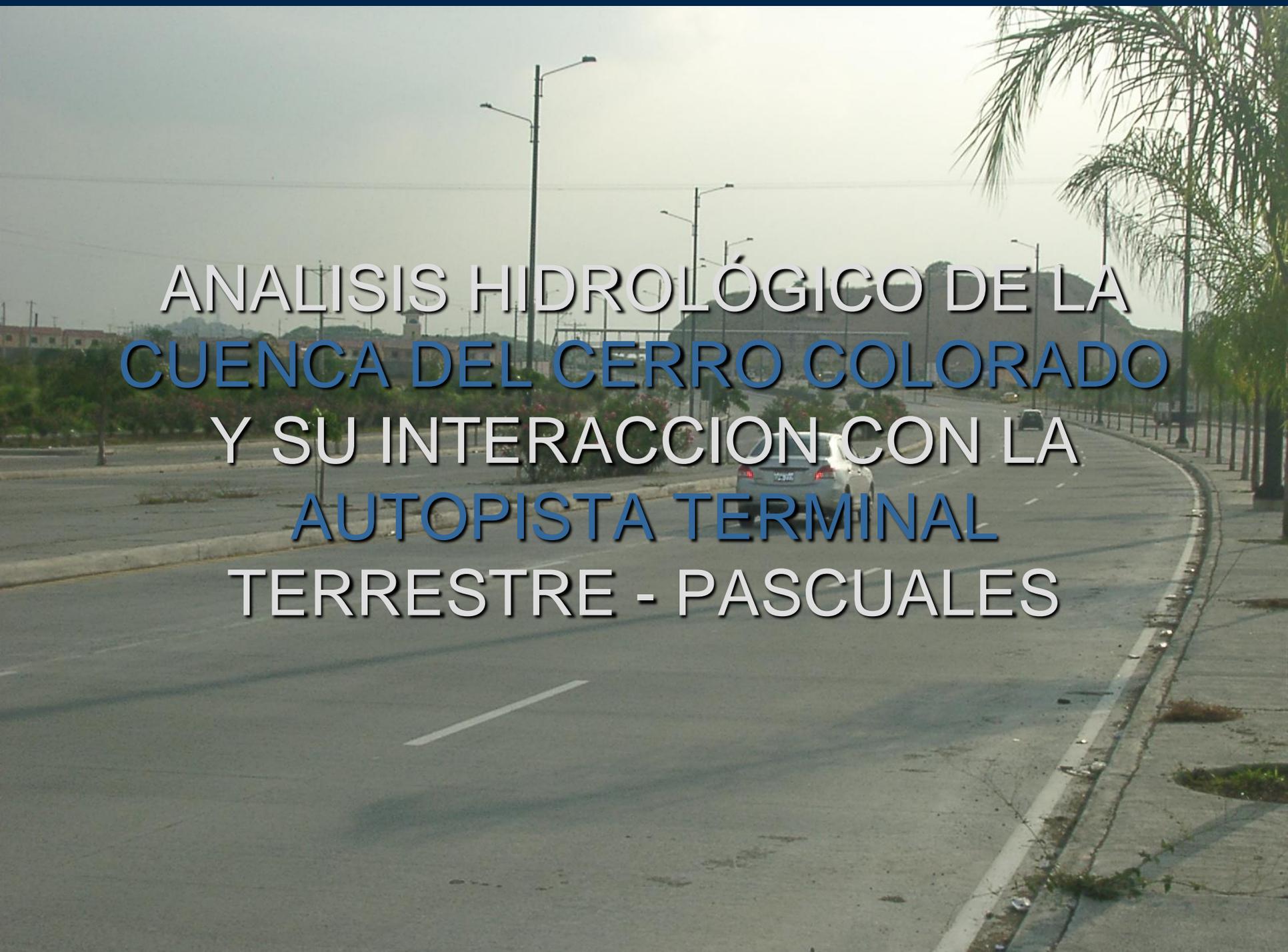
# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Ecuaciones de Intensidad Duración y Frecuencia

### ECUACIONES Y REGISTRO PUVIOGRAFICO DE INTENSIDAD

Entidad encargada	ECUACION F=10 AÑOS	Cuencas		
		#1	#2	#3
EMAG 1 1951-1981	$i = \frac{771.56}{(t+16)^{0.56}}$	138.79	114.22	108.47
EMAG 2 1951-1987	$i = \frac{853.5}{(t+15)^{0.6}}$	142.56	114.68	108.30
IIFIUC 1951-1998	$i = -37.509 \ln(T_C) + 237.62$	150.07	117.19	111.09
Registro Dic 13 de 1997		117	117	117
Tiempo de Concentración		4.74	13.37	16.21

The background image shows a wide, paved road with a concrete curb on the right side. A line of palm trees is planted along the curb. In the distance, there are hills and some buildings under a clear sky. The text is overlaid on the center of the image.

ANALISIS HIDROLÓGICO DE LA  
CUENCA DEL CERRO COLORADO  
Y SU INTERACCION CON LA  
AUTOPISTA TERMINAL  
TERRESTRE - PASCUALES



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Integrantes:

- ✓ Jaramillo Nieto Jimmy Marlon
- ✓ Sanga Suárez Christian José



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Índice

1. Objetivos
2. **Capítulo 1.- Descripción de las cuencas**
3. **Capítulo 2.- Estadística de los datos**
4. **Capítulo 3.- Escorrentía Superficial**
5. **Capítulo 4.- Hidráulica de Alcantarillas**
6. **Capítulo 5.- Análisis de Resultado**
7. **Capítulo 6.- Conclusiones y Recomendaciones**



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 3.- Escorrentía superficial





# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 3.- Escorrentía superficial

- Escurrimiento por el método de las abstracciones de la Soil Conservation Service SCS
- Hidrograma unitario sintético del Soil Conservation Service, SCS
- Método racional
- Método de chow
- Caudales de aguas residuales



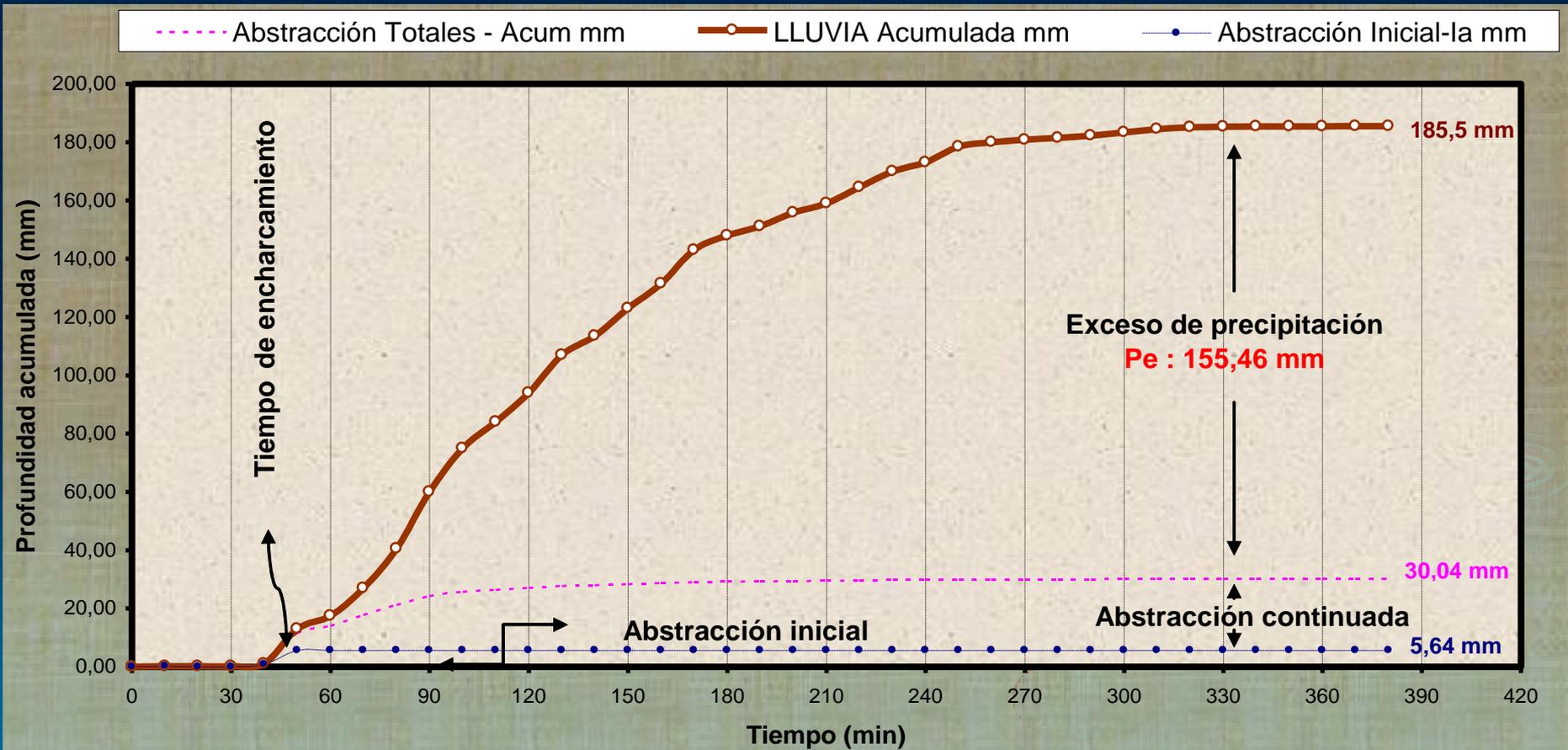


# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo #3 Escorrentía Superficial

- Escurrimiento por el método de las abstracciones de la Soil Conservation Service SCS





# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 3.- Escorrentía superficial

- Escurrimiento por el método de las abstracciones de la Soil Conservation Service SCS

Factores que intervienen en la capacidad de infiltración

- ✓ Humedad del suelo
- ✓ Permeabilidad del suelo
- ✓ Temperatura del suelo y condiciones de contorno

Propiedades productoras de escorrentía, según el número de curva

- ✓ Tipo de suelo hidrológico,
- ✓ Utilización y tratamiento del suelo,
- ✓ Condiciones de la superficie del terreno, y
- ✓ Condición de humedad antecedente del suelo





# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 3.- Escorrentía superficial

- Estimación del número de curva de escorrentía
  - Clasificación hidrológica de los suelos
    - ✓ Material fino.- Arena arcillosa-Arcilla arenosa-Arcilla limosa-Arcilla marga.
    - ✓ Conductividad hidráulica - k:  $10^{-3}$  a  $10^{-5}$
    - ✓ Meteorización de rocas basálticas y andesíticas - Formación Piñón
    - ✓ Moderado alto potencial de escorrentía
  - Uso y tratamiento de suelo
    - ✓ Topografía accidentada y compuesta
    - ✓ Zona baja.- grandes explanadas reconformadas, áreas urbanas desarrolladas
    - ✓ Zona alta.- áreas no urbanizable, bosque protector cerro Colorado
  - Condición hidrológica
    - ✓ Condición hidrológica compuesta, estimada visualmente
    - ✓ Zona alta.- menos del 50 % cubierta de vegetación autóctona y una pequeña población de árboles
  - Condición de humedad antecedente
    - ✓ Precipitación acumulada de los cinco días anteriores al evento considerado (Registro pluviográfico del 13 de diciembre de 1997- 229 Mm. de agua lluvia)



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



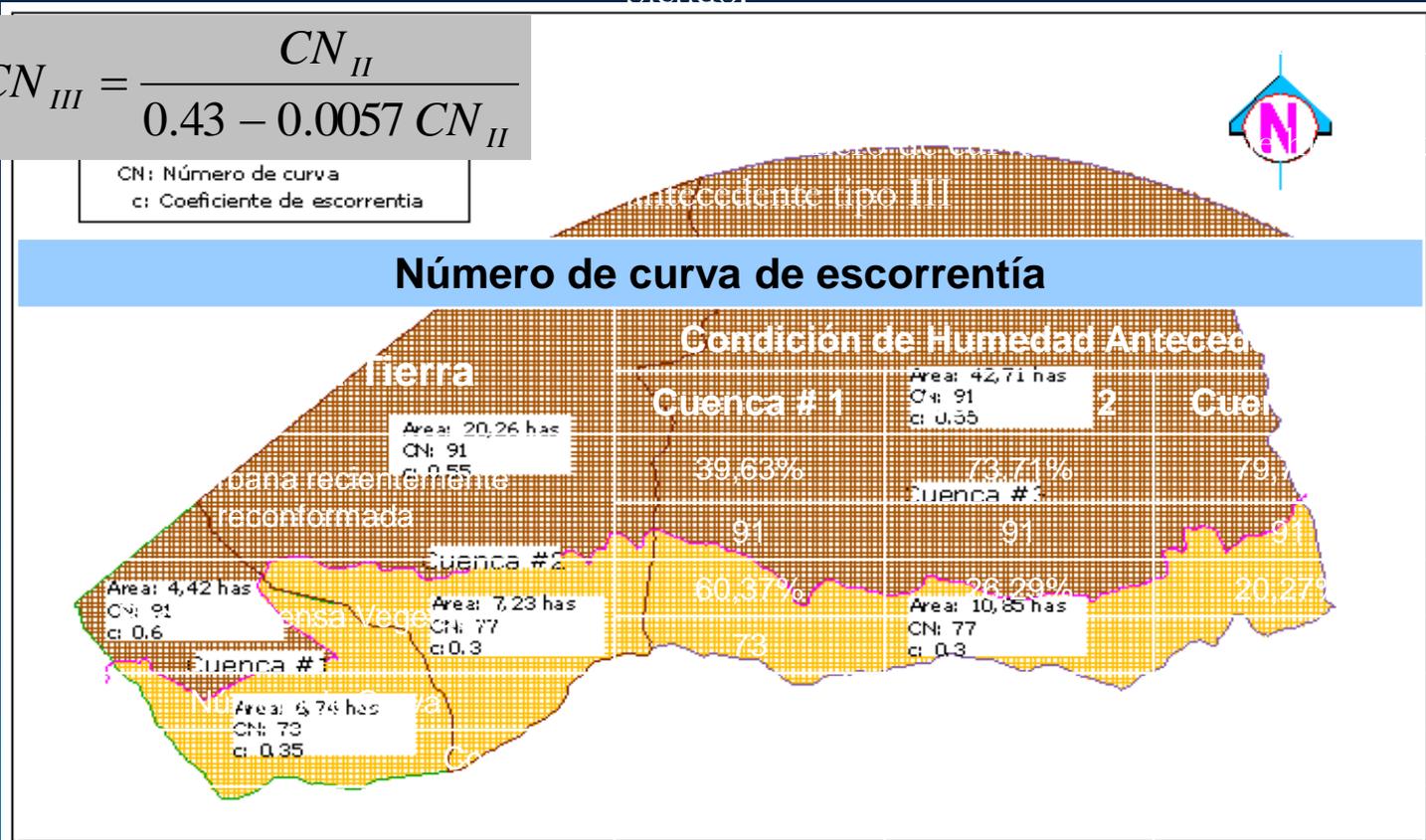
## Capitulo 3.- Escorrentía superficial

- Determinación del número de curva de escorrentía para la cuenca del cerro colorado

Siendo:

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 - 0.0057 CN_{II}}$$

CN: Número de curva  
c: Coeficiente de escorrentía





# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 3.- Escorrentía superficial

- Determinación de la precipitación efectiva

Cálculo de la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa de una tormenta utilizando el método SCS

$$P_e = \frac{R[(CN(\frac{P}{R}) + 2) - 200]^2}{CN[CN((\frac{P}{R}) - 8) + 800]}$$

$$A = P - P_e$$

Siendo:

P: Precipitación [cm.]

Pe: Precipitación efectiva [cm.]

A: Abstracción [cm.]

CN: Número de curva

R: 2.54

### Escurrimiento y Abstracciones totales [ mm.]

Cuenca	1	2	3
Escurrimiento	155,46	167,37	170,37
Abstracciones totales	30,04	18,13	15,13
Precipitación de diseño	185,5		



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 3.- Escorrentía superficial

### Hidrograma unitario sintético del Soil Conservation Service, SCS

- ✓ Generado a partir del caudal y el tiempo pico sin la necesidad de aforar el cauce principal
- ✓ Relaciona el caudal y el tiempo pico con el tiempo de retardo de la cuenca.

Tiempo de desfase o retardo

$$t_l = \frac{L^{0.8} (2540 - 22.86 CN)^{0.7}}{14104 CN^{0.7} Y^{0.5}}$$

Siendo:

$t_l$ : Tiempo de desfase, hora

$t_p$ : Tiempo de pico, hora

L: Longitud de máximo recorrido [m]

Y: Pendiente media de la cuenca

CN: Número de curva

A: Área de la cuenca [km<sup>2</sup>]

$Q_p$ : Caudal pico [m<sup>3</sup>/seg.]



$$\frac{t_p}{t_l} = \frac{10}{9}$$



$$Q_p = \frac{0.208 A}{t_p}$$





# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 3.- Escorrentía superficial

Hidrograma unitario sintético del Soil Conservation Service, SCS

Caudal pico [ $q_p$ ]			
	Cuenca #1	Cuenca #2	Cuenca #3
Longitud máx. recorrido, m [L]	410,7	1003,69	1021,36
Pendiente media de la cuenca [Y]	0,25	0,22	0,22
Número de curva [CN]	90	94	95
Tiempo de desfase, horas [T]	0,08	0,14	0,13
Tiempo pico, horas [ $T_p$ ]	0,09	0,15	0,15
Área, km <sup>2</sup> [A]	0,11	0,27	0,54
Caudal pico, m <sup>3</sup> /seg.	0,26	0,15	0,16

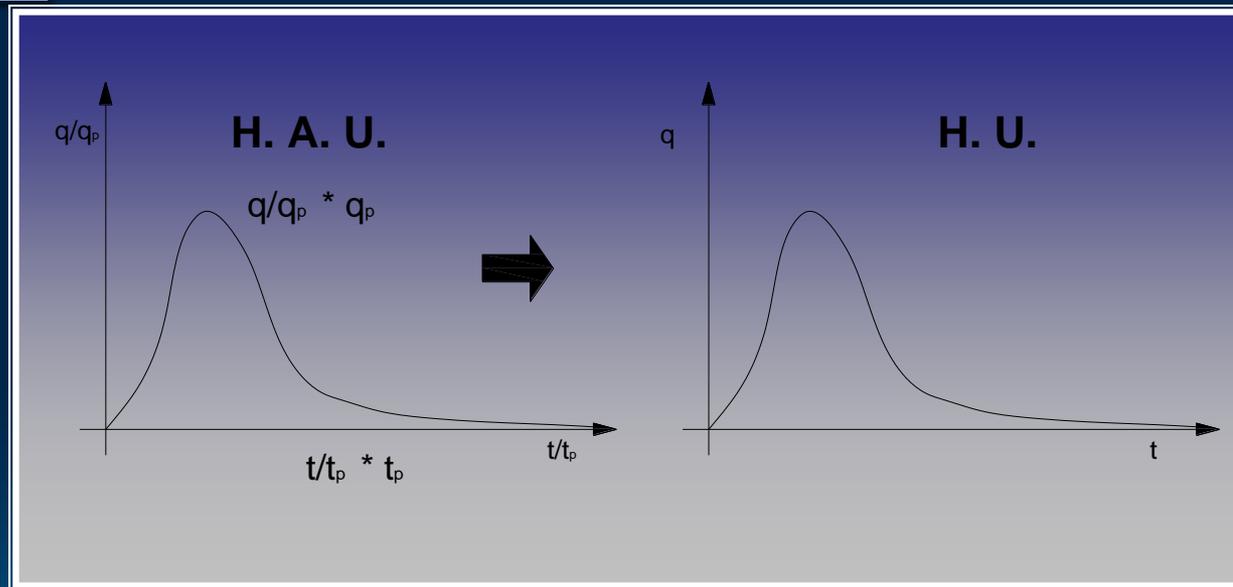


# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 3.- Escorrentía superficial

- Hidrograma unitario sintético del Soil Conservation Service, SCS



El producto de las ordenadas y las abscisas de un hidrograma unitario adimensional con el caudal y el tiempo pico respectivamente, genera el hidrograma unitario

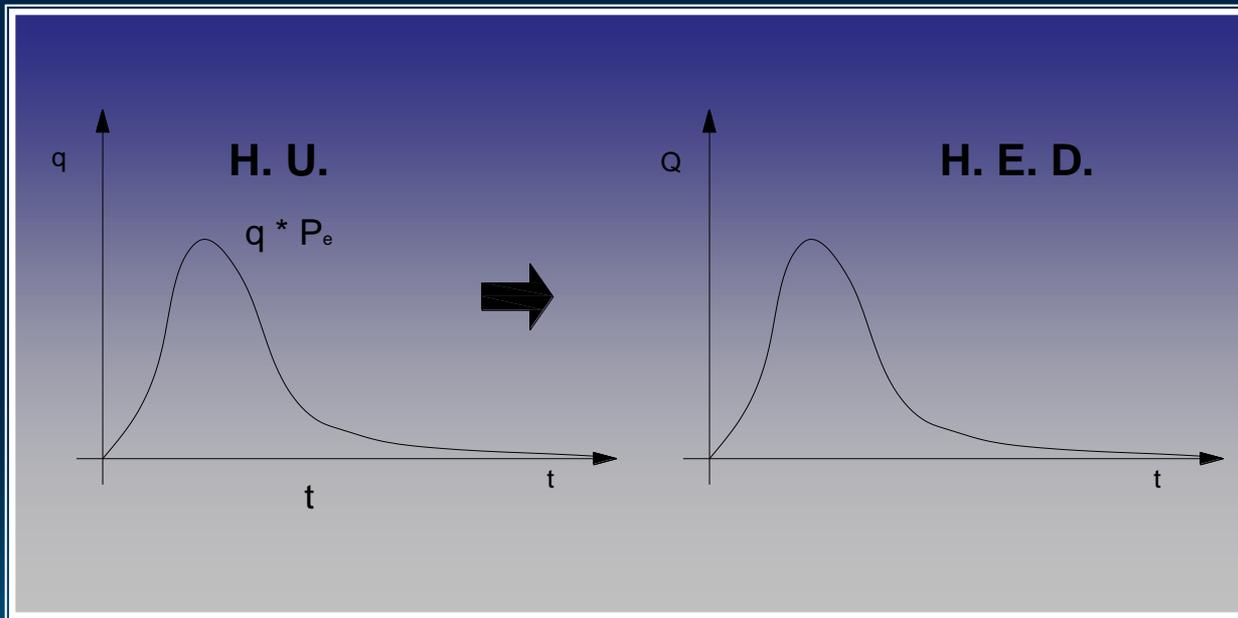


# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 3.- Escorrentía superficial

Hidrograma unitario sintético del Soil Conservation Service, SCS



El hidrograma de escorrentía directa puede ser generado usando las ordenadas del hidrograma unitario y multiplicando las abscisas del HU por la precipitación efectiva.



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 3.- Escorrentía superficial

### Método racional

Aunque se ajusta de mejor manera a terrenos urbanizados (<500 has), su sencillez y facilidad motivan su uso para zonas rurales.

Ecuación deducida de la definición de coeficiente de escorrentía

$$Q_E = Q_P = 0.278 \cdot c \cdot I \cdot A$$

Siendo:

I: Intensidad de lluvia [Mm./hora]

c: Coeficiente de escorrentía

A: Área de la cuenca [Km<sup>2</sup>]

Q<sub>p</sub>: Caudal pico [m<sup>3</sup>/seg.]

### Tiempo de concentración-Fórmula de Kirpich.

Depende de la máxima longitud y de la pendiente del cauce principal

$$t_c = 0.0078 L^{0.77} S^{-0.385}$$

Siendo:

t<sub>c</sub>: Tiempo de concentración, minutos

L: Longitud de máximo recorrido, pies

S: Pendiente promedio del cauce principal



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 3.- Escorrentía superficial

### Intensidad de lluvia

Ecuación de lluvia desarrollada por el Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica-IIFIUC

Considera el registro pluviográfico desde 1951 a 1998

Difiere con la ecuación de EMAG en un 6%

$$I = a * Ln(t_c) + b$$

Siendo:

I: Intensidad de lluvia en mm./hora]

$t_c$ : Tiempo de concentración en minutos

a, b: Coeficientes que varían según la frecuencia

### Coeficiente de escorrentía

Proporción de lluvia que se escurre

Selección depende de:

- Cobertura vegetal
- Tipo de suelo
- Pendiente del terreno

$C_{medio}$ .- combinación de los diferentes factores de escorrentía en proporción al área

$$C_{medio} = C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2 + C_3 \times A_3 + \dots + C_i \times A_i; i = 1, 2, 3, \dots$$



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 3.- Escorrentía superficial

### Método Racional

Caudal de aportaciones de las cuencas en estudio

Ecuación	Cuenca	Área	Coeficiente de escorrentía	Intensidad de la Lluvia	$Q [m^3/s]$
					Pendiente Media
<b><math>0.278 * C * I * A</math></b>	#1	0,112	0,61	150,06	2,84
	#2	0,275	0,61	117,2	5,47
	#3	0,536	0,62	111,08	10,25



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 3.- Escorrentía superficial

### Método de chow

Aplicable a cuencas no urbanas menores a los 25 km<sup>2</sup>

$$i = -31.707 \times \ln(t_c) + 199.41$$



$$d_e = P/i; P = 185.5 \text{ mm}$$

$$Pe = \frac{\left( P - \frac{508}{CN} + 5.08 \right)^2}{P + \frac{2032}{CN} - 20.32}$$



$$Q_P = \frac{0.278PeAc}{d_e} Z$$

$$t_r = 0.005 \left[ \frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0.64}$$



$$Z = \text{Gráfica } _f(d_e / t_r)$$





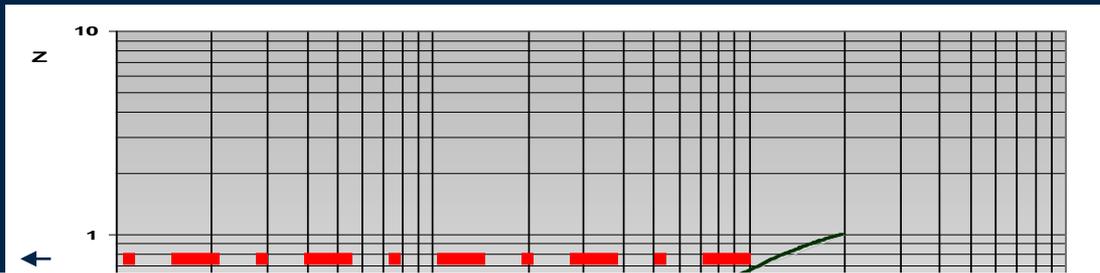
# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



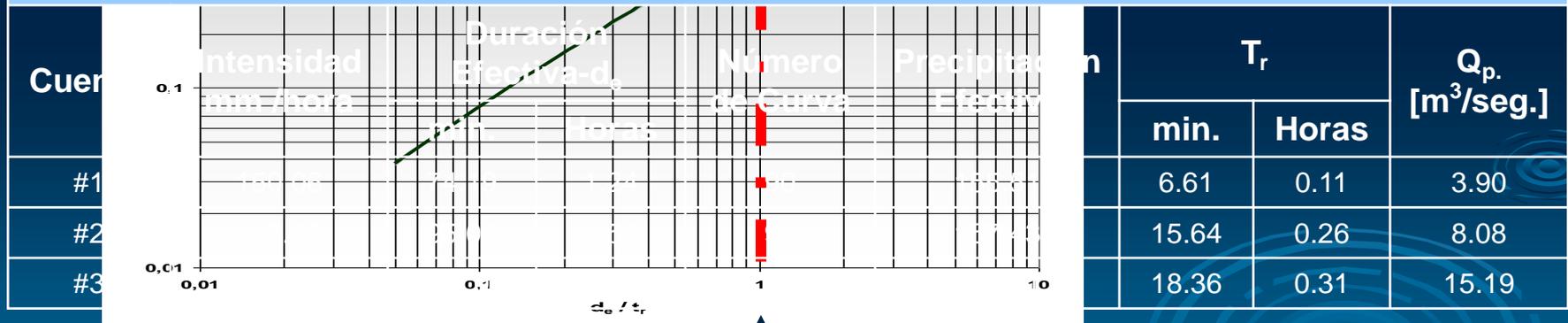
## Capítulo 3.- Escorrentía superficial

### Método Ven Te Chow

Z



### Caudal pico



$d_e / t_r$



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 3.- Escorrentía superficial

### • Caudales de aguas residuales

AGUAS RESIDUALES								
Urbanización	Área	Densidad	Población	Dotación	Consumo diario	Consumo horario	Caudal max. Horario	Caudal de aguas residuales
	m <sup>2</sup>	hab/has	hab.	l/hab/día	l/día	l/seg	l/seg	lt/seg
Metrópolis	7.35	150.00	1102.50	200.00	220500.00	2.55	5.10	4.08
Magisterio	12.91	170.00	2194.70		438940.00	5.08	10.16	8.13
#1	4.49	160.00	718.40		143680.00	1.66	3.33	2.66
#3	42.73	160.00	6836.80		1367360.00	15.83	31.65	25.32

Coeficiente de retorno: 80%

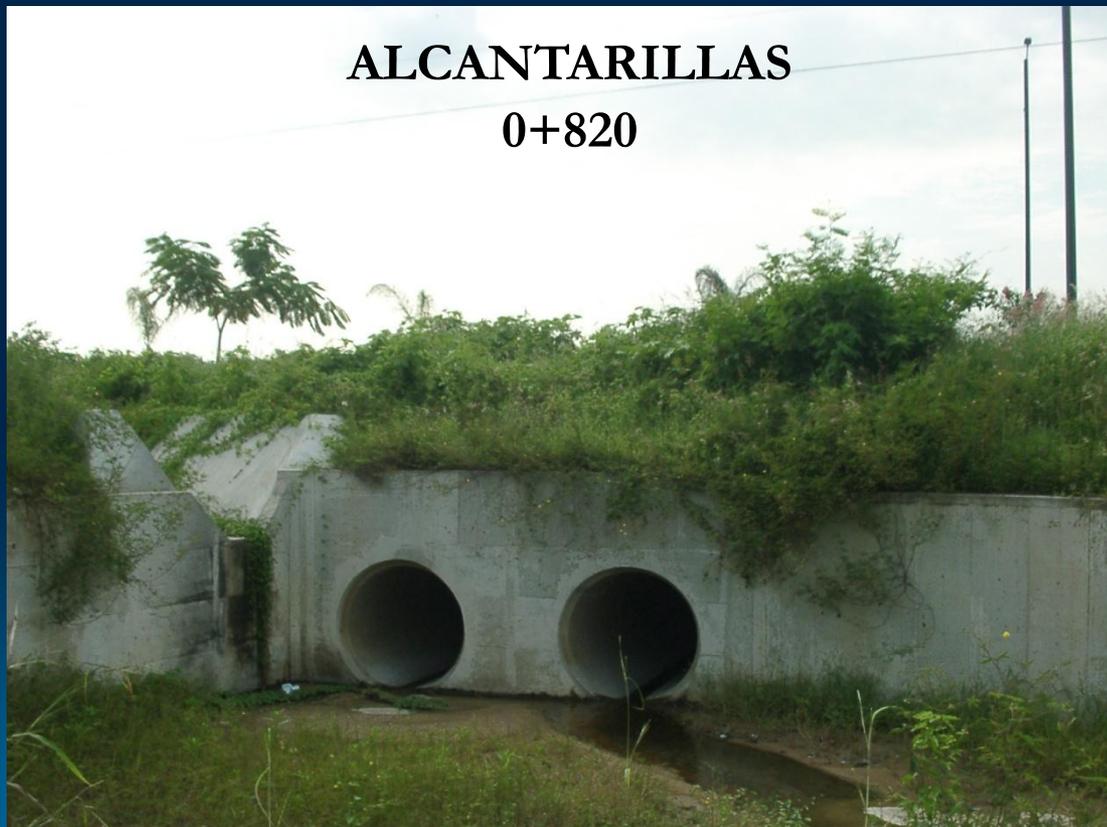
Comparando con el caudal que escurre de la cuenca representa tan solo el 0.1 %



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 4.- Hidráulica de alcantarillas



Estructuras hidráulicas diseñadas para desalojar el agua retenida en planicies donde el cauce natural ha sido obstruido por algún terraplén.

Factores hidráulicos:

- Caudal de diseño
- Energía total aguas arriba
- Pérdida de energía máxima (aceptable)  $DH$



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 4.- Hidráulica de alcantarillas

### Definiciones Básicas

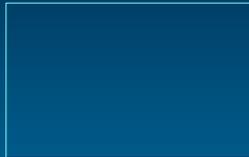


Se diseñan:

- ✓ Operar a superficie libre
- ✓ Condiciones de flujo crítico
- ✓ Descargar a un costo bajo



Tubo



Cajón



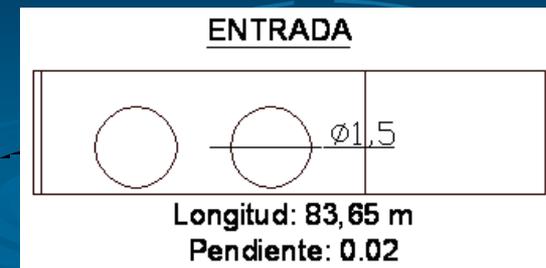
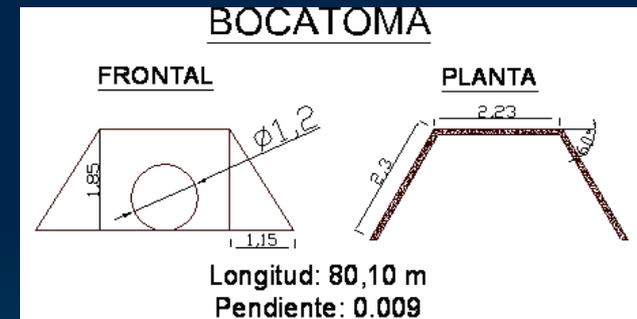
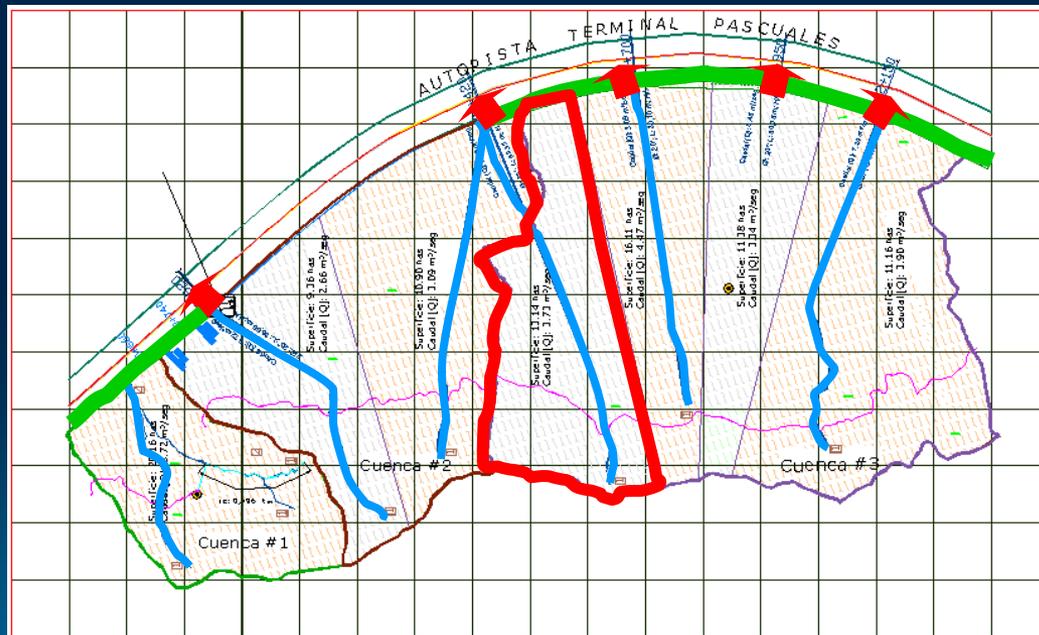
Cajón multicelda

Sección transversal del barril



## Capítulo 4.- Hidráulica de alcantarillas

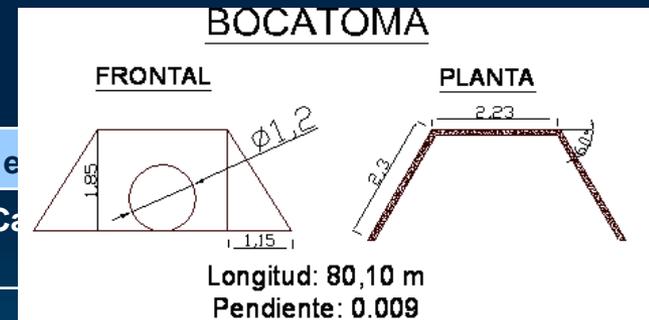
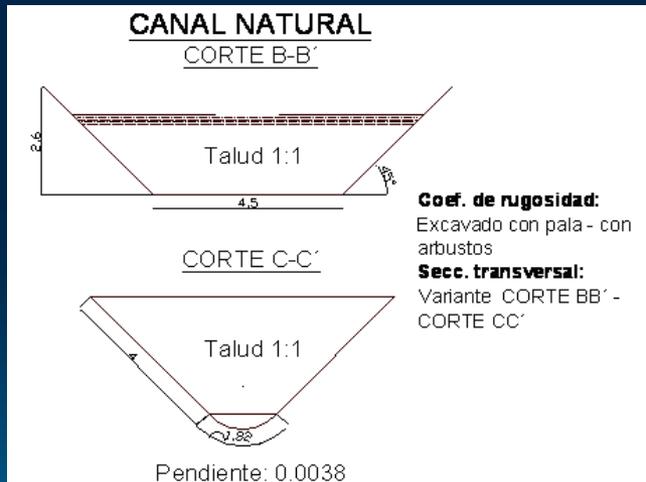
- Estudio de las alcantarillas existentes en la autopista.
  - Determinación del caudal para cada alcantarilla





## Capítulo 4.- Hidráulica de alcantarillas

- Estudio de las alcantarillas existente en la autopista.
  - Altura de agua a la entrada (Hw)



Estación	Altura de agua a la entrada (m)	Altura de agua a la salida (m)
01+700	1,11	2,04
01+960	1,15	1,85
02+150	1,69	1,85



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del "Cerro Colorado" y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capitulo 4.- Hidráulica de alcantarillas

- Estudio de las alcantarillas existente en la autopista.
  - Flujo en alcantarillas

Pendiente de Batea y Critica del Barril			
Alcantarilla	Condiciones críticas	$S_0$	Tipo de flujo
0+820	Tirante Normal y Tirante crítico	0,009	Flujo supercrítico
1+420	-	0,006	Flujo a presión
1+700	0,009	0,009	Flujo supercrítico
1+960	0,025	0,001	Flujo Subcrítico
2+150	-	0,009	Flujo a presión

Tirante Normal y Crítico				
Alcantarilla	Diámetro (m)	Caudal (l/s)	Tirante Normal	Tirante Crítico
			Pendiente de batea y Pendiente crítica (m)	(m)
0+820	1,5	3,62	0,45	0,99
1+420	1,2	8,463	No definido	No definido
1+700	1,2	3,091	0,8	0,97
1+960	1,2	2,655	No definido	0,90
2+150	1,2	5,716	No definido	No definido

$$Pendiente crítica = \frac{nQ}{\phi AK h^{3/2}}$$



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 4.- Hidráulica de alcantarillas

- Estudio de las alcantarillas existente en la autopista.
  - Determinación de la capacidad de la alcantarilla

Nomenclatura de la U.S. Bureau of Public Road

Resumen de análisis de alcantarilla

Abscisa	Energía total aguas arriba		Coeficiente de entrada $K_e$	Coeficiente de rugosidad $n$	Caudal de descarga $Q$		Descripción
	control a la entrada	control a la salida			m	m <sup>3</sup> /seg.	
0+820	1.16		0.50	0.015	3.62 c/barril	1.82	
	1.65 *					3.82	Sección de control a la entrada
1+420	1.73		0.50	0.015	8.46	2.02	
	1.85 *	1.17				3.08	Sección de control a la entrada
1+700	1.10		0.50	0.015	3.09	1.82	
	1.80 *	1.64				3.09	Sección de control a la entrada
1+950	1.15		0.50	0.015	2.66	1.82	
	1.56	1.85 *				2.66	Sección de control a la salida
2+150	1.69		0.50	0.015	5.72	2.94	
	1.85	1.76 *				3.24	Sección de control a la salida

Cuando el flujo es a superficie libre entonces rigen las condiciones de entrada

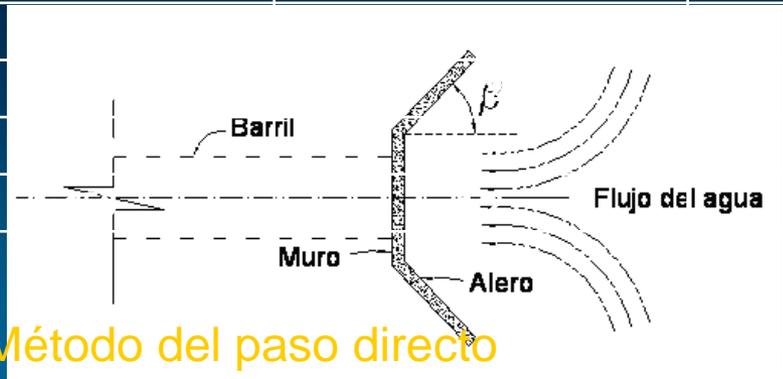
Para el dimensionamiento de alcantarillas sumergidas se considera entre otros aspectos las pérdidas por fricción.



## Capítulo 4.- Hidráulica de alcantarillas

- Estudio de las alcantarillas existente en la autopista.
  - Muros de ala
    - Protección del terraplén de la erosión

Angulo de alabeo [B]			
Alcantarilla	Características hidráulicas	Velocidad media (m/seg.)	Número de Froude [N <sub>F</sub> ]
	• Diseñadas adecuadamente mejoran las características hidráulicas		
	• Velocidades de descarga muy alta permiten disipar la energía de escurrimiento		
		4.59	1.77
		2.72	-
		3.22	1.06
		2.86	-



$$\tan \beta = \frac{1}{2N_F} = \frac{2.85\sqrt{d}}{V}$$

- \* Método del paso directo
- \* Sección llena



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 5.- Análisis y discusión de resultados

### Variación del tiempo de concentración con respecto a ciertos parámetros fisiográficos

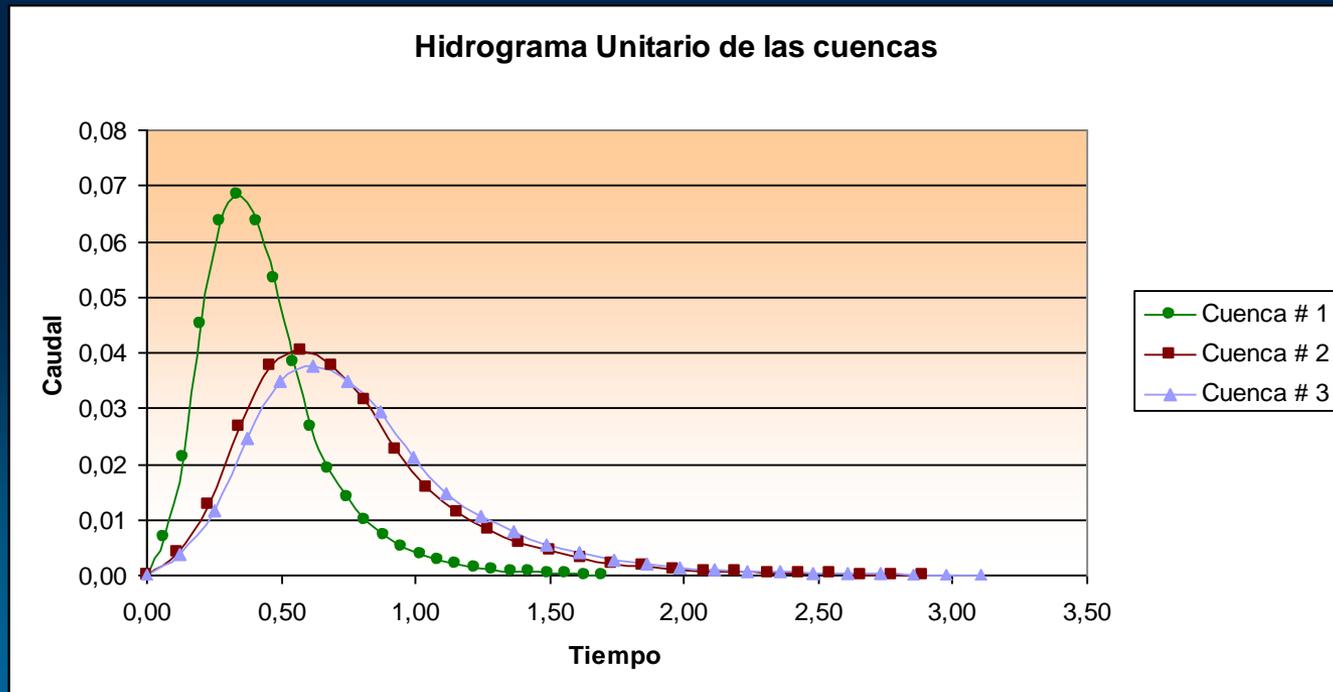
- El relieve de la zona en estudio es plano (pendiente media  $< 3\%$ )
- A partir de la pendiente media de cada micro cuenca se preestableció que la cuenca #2 con pendiente menor a las otras, tiene un tiempo de concentración mayor.
- Gastos pico más atenuados en la cuenca #2 y #3 por presentar una morfología más alargada que la cuenca #1.



## Capítulo 5.- Análisis y discusión de resultados

### Variación del tiempo de concentración con respecto a ciertos parámetros fisiográficos

- Considerando una superficie de igual magnitud en todas las cuencas en la gráfica se resalta el caudal pico de la cuenca más redondeada.





# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 5.- Análisis y discusión de resultados

- Estadística de datos hidrológicos

Los períodos de retorno obtenidos mediante las diferentes funciones de probabilidad no varían entre si en más de un 10 %

Variación del Periodo de Retorno		
Distribución	Periodo de Retorno	Variación
Gumbel Tipo I	8,18	5%
Normal	7,84	9%
Log-Normal	7,99	7%
<i>Pearson Tipo III</i>	8,59	Base
Log-Pearson Tipo III	8,52	1%



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capitulo 5.- Escorrentía superficial

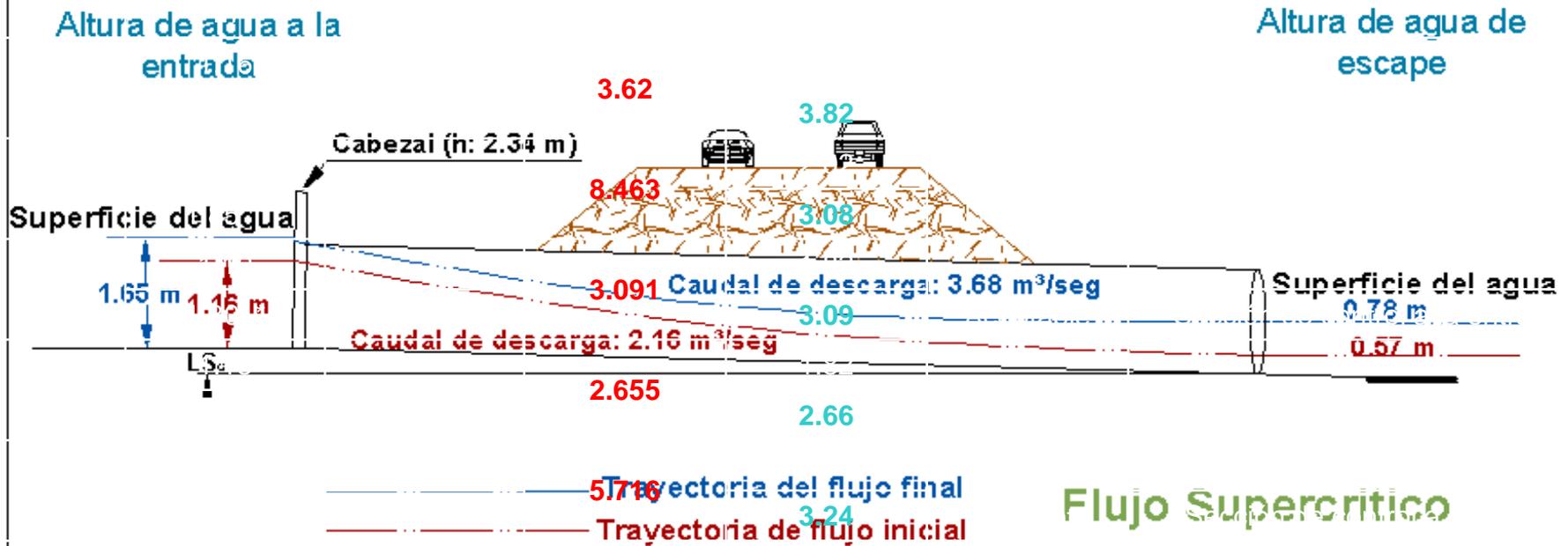
- Análisis y discusión de resultados
- Evento con mayor intensidad fue el 13-dic-97 (117 mm/h en 10 min de duración\_ el evento duro ??????),
- Evento con mayor precipitación fue el 23 de nov (237.10 mm en 19.67 horas).
- La intensidad de lluvia obtenidas de las ecuaciones de EMAG y IIFIUC para un periodo de retorno de 10 años resulta similar a la obtenida de la faja pluviográfica.

Intensidad de Lluvia (F = 10 AÑOS)					
Cuenca	$T_c$	EMAG 1	EMAG 2	IIFIUC	Registro Dic-13- 97
	Min.				
#1	4.74	138.79	142.56	150.07	117
#2	13.37	114.22	114.68	117.19	117
#3	16.21	108.47	108.30	111.09	117

## Capitulo 5.- Análisis y discusión de resultados

Capacidad de Descarga

### Perfil de Flujo de la Alcantarilla Abscisa 0+820





# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales

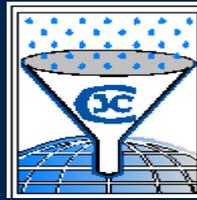


## Capítulo 6.- Conclusiones y recomendaciones

- Conclusiones
  - Periodo de retorno de la lluvia del 13 de diciembre 1997 no varía si se incrementa la muestra con registros pluviográficos de estaciones cercanas.
  - Dos alcantarillas de las cinco no tienen capacidad de descargar lluvias de período de 10 años.
  - Se seleccionó el caudal obtenido de Ven Te Chow por cuanto esta metodología incluye de mejor manera las características de las cuencas estudiadas.
  - Para lograr que las alcantarillas sean hidráulicamente suficientes se necesitaría la construcción de una estructura de almacenamiento.
  - La descarga de agua residual es intrascendente y no afecta el diseño hidráulico.



# Análisis Hidrológico de la Cuenca del “Cerro Colorado” y su interacción con la Autopista Terminal Terrestre-Pascuales



## Capítulo 6.- Conclusiones y recomendaciones

- Recomendaciones
  - Mejorar los bordes de entrada de cada alcantarilla y construir cisternas de almacenamiento.
  - Crear un centro dentro de la universidad con el propósito de recopilar, procesar y facilitar información meteorológica de la ciudad para el desarrollo de proyectos.
  - Fomentar la investigación de cuencas hidrográficas aforadas con el fin de estimar un coeficiente de mayoración o reducción que al combinarlo con el número de curva CN permita obtener una tasa de escorrentía que se adapte a nuestro medio.
  - Analizar la descarga de aguas residuales que produzcan las urbanizaciones.