

**Unidad Operativa de Emergencias Hídricas
Provincia de Santa Fe
PROTOCOLO
EQUIPO DE PREDICCIONES HIDROLÓGICAS**

ANEXO I

22 DE JUNIO DE 2012

**UNIDAD OPERATIVA DE EMERGENCIAS HÍDRICAS
PROTOCOLO – SEGUNDO BORRADOR – ANEXO I
EQUIPO DE PREDICCIONES HIDROLÓGICAS**

ÁREA METROPOLITANA DE SANTA FE

(En esta etapa: SECTOR OESTE DE LA CIUDAD DE SANTA FE Y SANTO TOME)

PROTOCOLO – SEGUNDO BORRADOR – ANEXO I EQUIPO DE PREDICCIONES HIDROLÓGICAS

INTRODUCCIÓN:

De acuerdo a lo expresado en el Protocolo, pueden establecerse los siguientes umbrales de referencia, que afectan a la zona Oeste de la Ciudad de Santa Fe:

ESTACIÓN DE REFERENCIA	Nivel de Alerta Técnica	Nivel de Alerta a la Población	Nivel de Evacuación (*)
PUERTO DE SANTA FE (río Paraná)	-----	H esc.= 5,30 m	H esc.= 5,70 m
SANTO TOMÉ - RN11 (río Salado)	H esc.= 4,70 m	H esc.= 5,30 m	H esc.= 5,70 m
RECREO – RP 70 (río Salado)	H esc.= 4,70 m	H esc.= 5,30 m	H esc.= 5,70 m

(*) Para áreas no protegidas por la defensa

Para el río Paraná los valores fueron definidos hace muchos años atrás por la Prefectura Naval Argentina.

El Nivel de Alerta Técnica –NAT- es aquél en el cual las condiciones de los niveles ameritan un seguimiento diario y es necesario que de tal situación estén enterados TODOS los equipos técnicos (provinciales y comunales) que tienen que ver con las emergencias hídricas.

Dada la situación actual de las obras de defensa en el área Oeste, se establece con mayor detalle la información a partir de escenarios combinados de eventos de crecidas para los ríos Paraná y Salado y lluvias locales:

DEFENSA OESTE DE LA CIUDAD DE SANTA FE - CONTROL DE LAS ALCANTARILLAS A GRAVEDAD EN LOS RESERVORIOS:

Identificación de tramos de la Defensa Oeste, para evaluación de cotas de pelos de agua

Tramo 1: Barrio Chalet hasta Autopista Santa Fe-Rosario.

Tramo 2: Autopista Santa Fe-Rosario hasta empalme San Carlos

Tramo 3: Empalme San Carlos hasta Ruta Provincial N° 70-Recreo

Tramo 4: Ruta Provincial N° 70- Recreo hasta perfil Candiotti

Cotas de descarga a gravedad Existente en los Reservorios:

Cota descarga a gravedad EB N° 1 =	sin descarga a gravedad	TRAMO 1
Cota descarga a gravedad EB N° 2 =	sin descarga a gravedad	TRAMO 1
Cota descarga a gravedad EB N° 3 =	sin descarga a gravedad	TRAMO 1
Cota descarga a gravedad EB N° 4 =	sin descarga a gravedad	TRAMO 2
Cota descarga a gravedad EB N° 5 =	11.00 m	TRAMO 2
Cota descarga a gravedad EB N° 6 =	13.20 m	TRAMO 2
Cota descarga a gravedad EB N° 7 =	15.30 m	TRAMO 3
Cota descarga a gravedad EB N° 8 =	16.15 m	TRAMO 4
Cota descarga a gravedad EB N° 9 =	16.15 m	TRAMO 4

Determinación de perfiles longitudinales de Cota de Pelo de Agua del Río Salado:
El "ESTUDIO DE DELIMITACION DE AREAS DE RIESGO HÍDRICO EN SANTA FE -- (Actualización del Estudio de 1992)" realizado por Instituto Nacional del Agua Centro Regional Litoral (INA-CRL) en el año 2006, muestra la implementación del modelo hidrodinámico ISIS FLOW a un tramo del río Salado de aproximadamente 56 Km., comprendido entre aguas abajo de la Ruta Provincial N° 6 y su desembocadura en el río Coronda, sujeta a las variaciones de niveles producidos por el río Paraná. Los resultados obtenidos del modelo para distintas situaciones del río Salado permiten determinar los perfiles longitudinales del nivel del agua del río Salado.

En dicho estudio se determinaron para distintos periodos de retorno los valores de caudales máximos del río Salado (Tabla 1) y valores de altura hidrométricas máximas en el puerto de Santa Fe (Tabla 2).

Tabla 1. Caudales Máximos del río Salado

T (años)	Caudal (m ³ /s)
1000	6250
500	5470
250	4825
100	4110
50	3470
10	2000
5	1375
2	580

Tabla 2. Alturas máximas en Puerto Santa Fe-en cotas IGN [m]

T(años)	Diaria	
	Alturas	Cotas
2	5.16	13.35
5	6.12	14.31
10	6.70	14.89
20	7.21	15.40
50	7.82	16.01
100	8.24	16.43
500	9.09	17.28

Cota IGN del cero de la escala hidrométrica en el Puerto de Santa Fe = 8.19 m.

Los gráficos siguientes muestran el comportamiento del río Salado para distintos escenarios hidrológicos:

A- Perfiles longitudinales de alturas hidrométricas cota IGN, para distintos caudales fijos del río Salado y alturas hidrométricas máximas en el puerto de Santa Fe para distintas recurrencias.

A.1. alturas del puerto de Santa Fe con recurrencia 100 años

A.2. alturas del puerto de Santa Fe con recurrencia 50 años

A.3. alturas del puerto de Santa Fe con recurrencia 5 años

B- Perfiles longitudinales de alturas hidrométricas cota IGN, para caudales con diferentes frecuencias en la condición de borde aguas arriba y niveles con diferentes frecuencias en las condiciones de borde de aguas abajo.

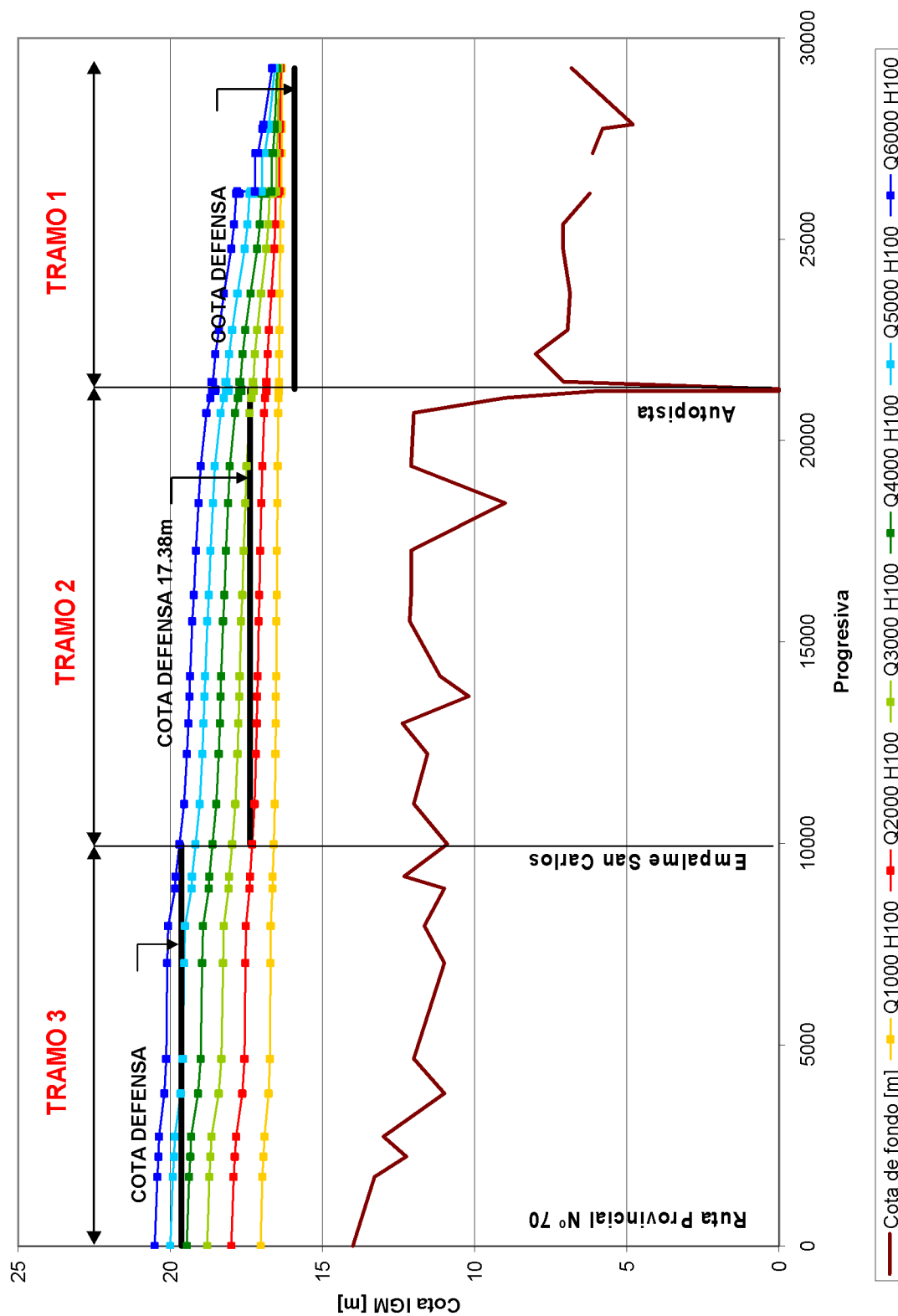


Figura A.1

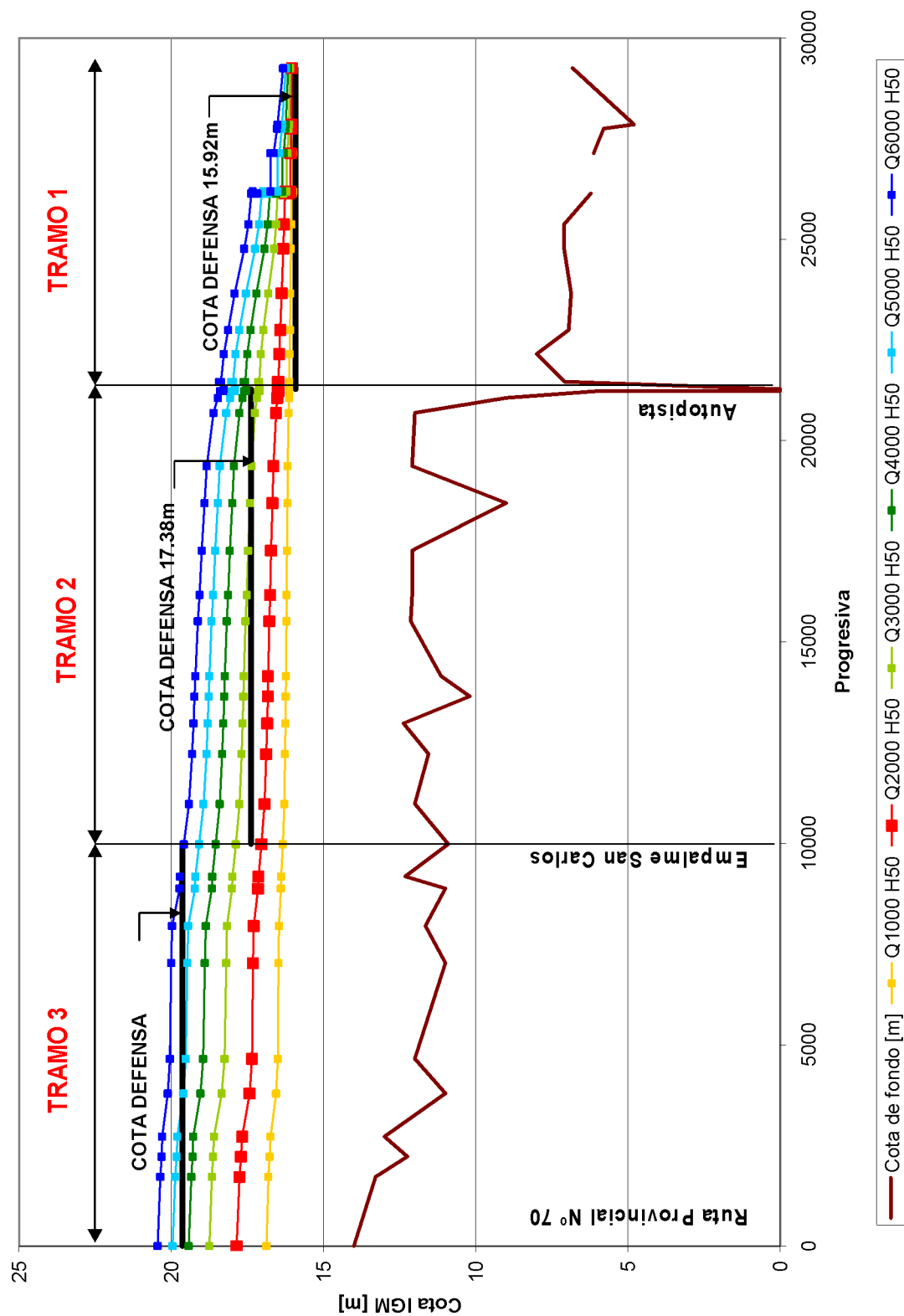


Figura A.2.

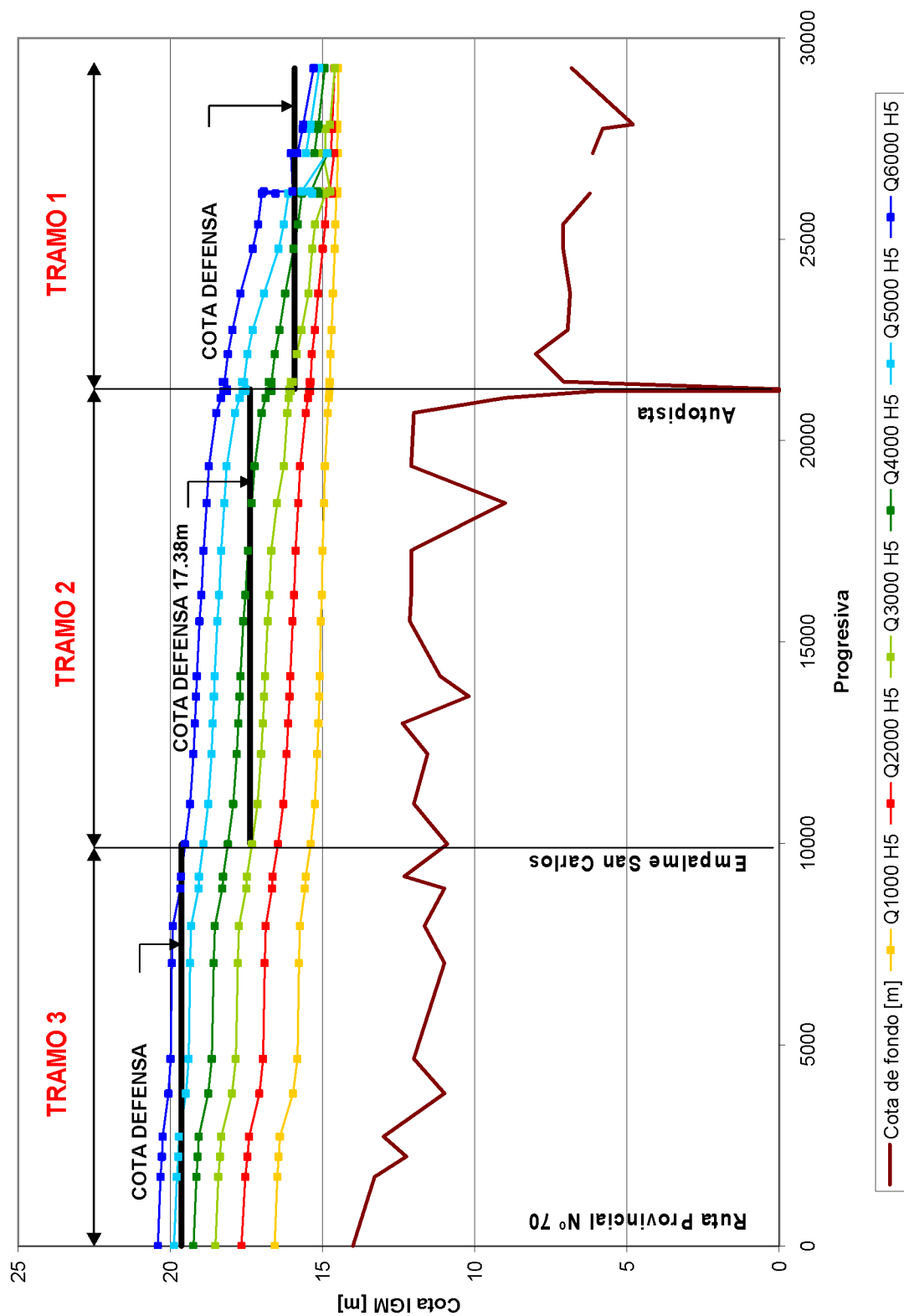


Figura A.3.

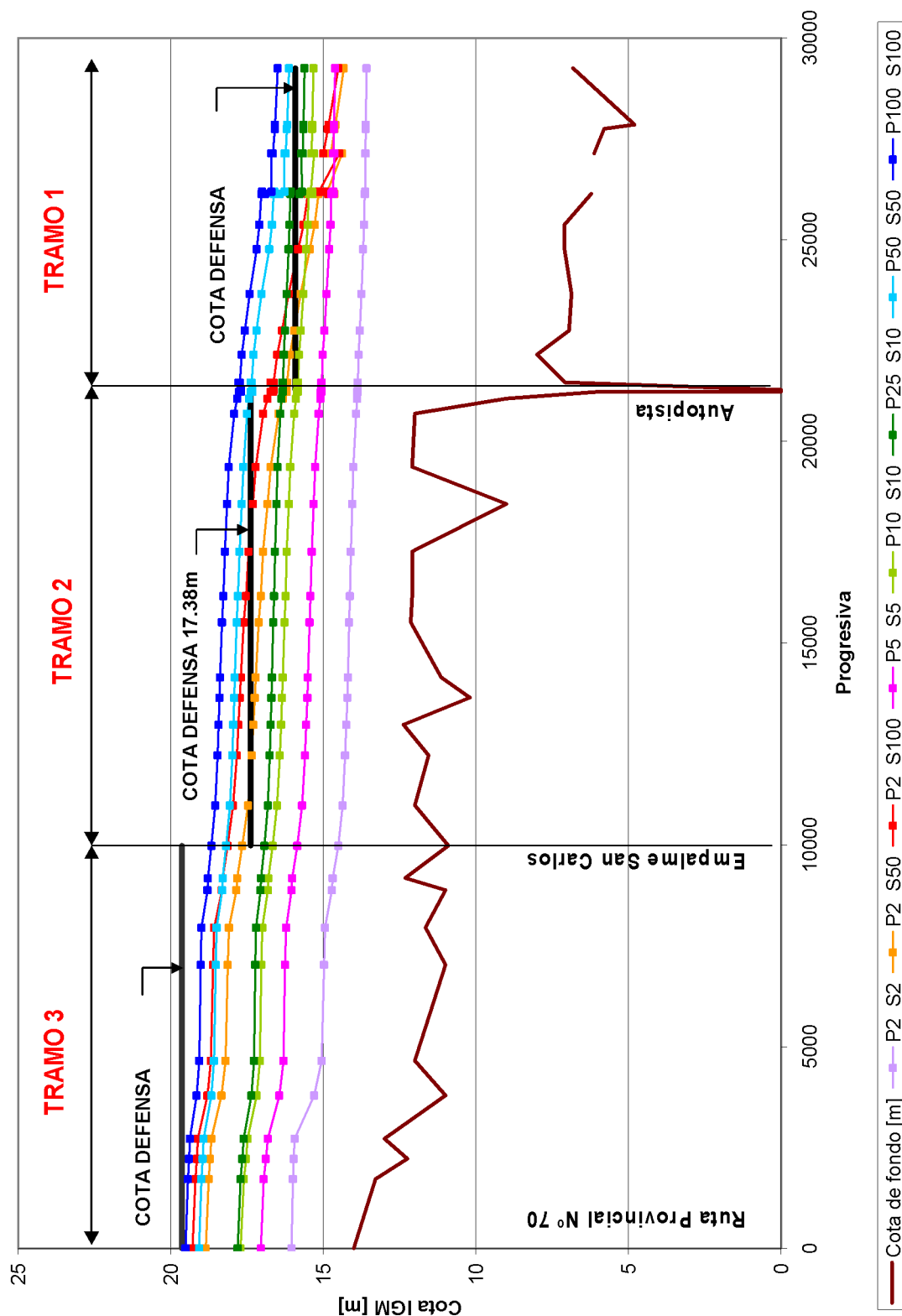


Figura B

Un resumen de los resultados de las Figura A.1 – A.2 –A.3 y B, se puede ver en las tablas siguientes:

TRAMO 1 : Barrio Chalet hasta Autopista. Cota Defensa 15.92 m. Cotas IGM de Pelo de Agua [m]						
Q río Salado [m3/s]						
cotas Puerto SF*	1000	2000	3000	4000	5000	6000
H 5 = 14.31 m	14.772	15.422	16.037	16.765	17.645	18.278
H 50 = 16.01 m	16.126	16.495	17.147	17.615	18.022	18.422
H 100 = 16.43 m	16.434	16.853	17.298	17.732	18.191	18.647

TRAMO 2 : Autopista hasta Empalme San Carlos. Cota Defensa 17.38 m. Cotas IGM de Pelo de Agua [m]						
Q río Salado [m3/s]						
cotas Puerto SF*	1000	2000	3000	4000	5000	6000
H 5 = 14.31 m	15.389	16.465	17.317	18.110	18.920	19.517
H 50 = 16.01 m	16.338	17.040	17.879	18.541	19.087	19.585
H 100 = 16.43 m	16.600	17.307	17.968	18.612	19.173	19.700

TRAMO 3 : Empalme San Carlos hasta Ruta Provincia Nº 70. Cota Defensa 19.64 m. Cotas IGM de Pelo de Agua [m]						
Q río Salado [m3/s]						
cotas Puerto SF*	1000	2000	3000	4000	5000	6000
H 5 = 14.31 m	16.577	17.669	18.521	19.243	19.879	20.412
H 50 = 16.01 m	16.877	17.859	18.749	19.431	19.958	20.448
H 100 = 16.43 m	17.030	17.997	18.792	19.463	20.002	20.512

TRAMO 4 : Ruta Provincia Nº 70 hasta Candiotti. Cota Defensa 20.54 m. Cotas IGM de Pelo de Agua [m]						
Q río Salado [m3/s]						
cotas Puerto SF*	1000	2000	3000	4000	5000	6000
H 5 = 14.31 m	18.609	19.641	20.389	21.037	21.638	22.118
H 50 = 16.01 m	18.629	19.659	20.428	21.083	21.656	22.13
H 100 = 16.43 m	18.645	19.677	20.437	21.092	21.666	22.149

TRAMOS	P2_S2	P2_S50	P2_S100	P2_S5	P10_S10	P25_S10	P50_S50	P100_S100
- 1 - Cota Defensa 15.92 m	13.875	16.240	16.723	15.066	15.852	16.339	17.384	17.780
- 2 - Cota Defensa 17.38 m	14.512	17.655	18.138	15.857	16.660	16.932	18.186	18.674
- 3 - Cota Defensa 19.64 m	16.042	18.851	19.288	17.051	17.710	17.806	19.072	19.519
- 4 - Cota Defensa 20.54 m	18.061	20.703	21.100	19.042	19.645	19.654	20.744	21.160

Nota:

P2_S2	→ H Puerto Santa Fe = 13.35 m – Q Salado RP 70 = 582 m ³ /s
P2_S50	→ H Puerto Santa Fe = 13.35 m – Q Salado RP 70 = 3470 m ³ /s
P2_S100	→ H Puerto Santa Fe = 13.35 m – Q Salado RP 70 = 4110 m ³ /s
P5_S5	→ H Puerto Santa Fe = 14.31 m – Q Salado RP 70 = 1375 m ³ /s
P10_S10	→ H Puerto Santa Fe = 14.31 m – Q Salado RP 70 = 2000 m ³ /s
P25_S10	→ H Puerto Santa Fe = m – Q Salado RP 70 = 2000 m ³ /s
P50_S50	→ H Puerto Santa Fe = 16.01 m – Q Salado RP 70 = 3470 m ³ /s
P100_S100	→ H Puerto Santa Fe = 16.43 m – Q Salado RP 70 = 4110 m ³ /s

Conclusión:

Los datos resultantes de los perfiles longitudinales no pueden utilizarse para el manejo de las compuertas de las descargas a gravedad existentes en los reservorios, ya que los escenarios que analiza presentan cotas de alturas hidrométricas superiores a las cotas de fondo de las descarga a gravedad. Por lo tanto, para todas las situaciones representadas las compuertas deben estar cerradas.

Análisis de alturas hidrométricas observadas, periodo 2007-2012.

Para evaluar situaciones del río Salado en condiciones medias y bajas, se analizaron alturas observadas en el Puente Carretero-RN 11 (actual Estación Santo Tome – antes perteneciente al INALI) y en el Puente de la RP 70, que comunica Esperanza con Recreo, donde existe una estación hidrométrica de la SSRHN, y la Estación Telemétrica controlada por el MASPOMA. Estos valores observados se seleccionaron del periodo 2006-2012, luego de la construcción de las nuevas obras de Defensa Oeste y Puente de la Autopista. En la Figura C.1. se muestran las alturas hidrométricas observadas, donde se detallan los valores representativos de situaciones normales del río Salado.

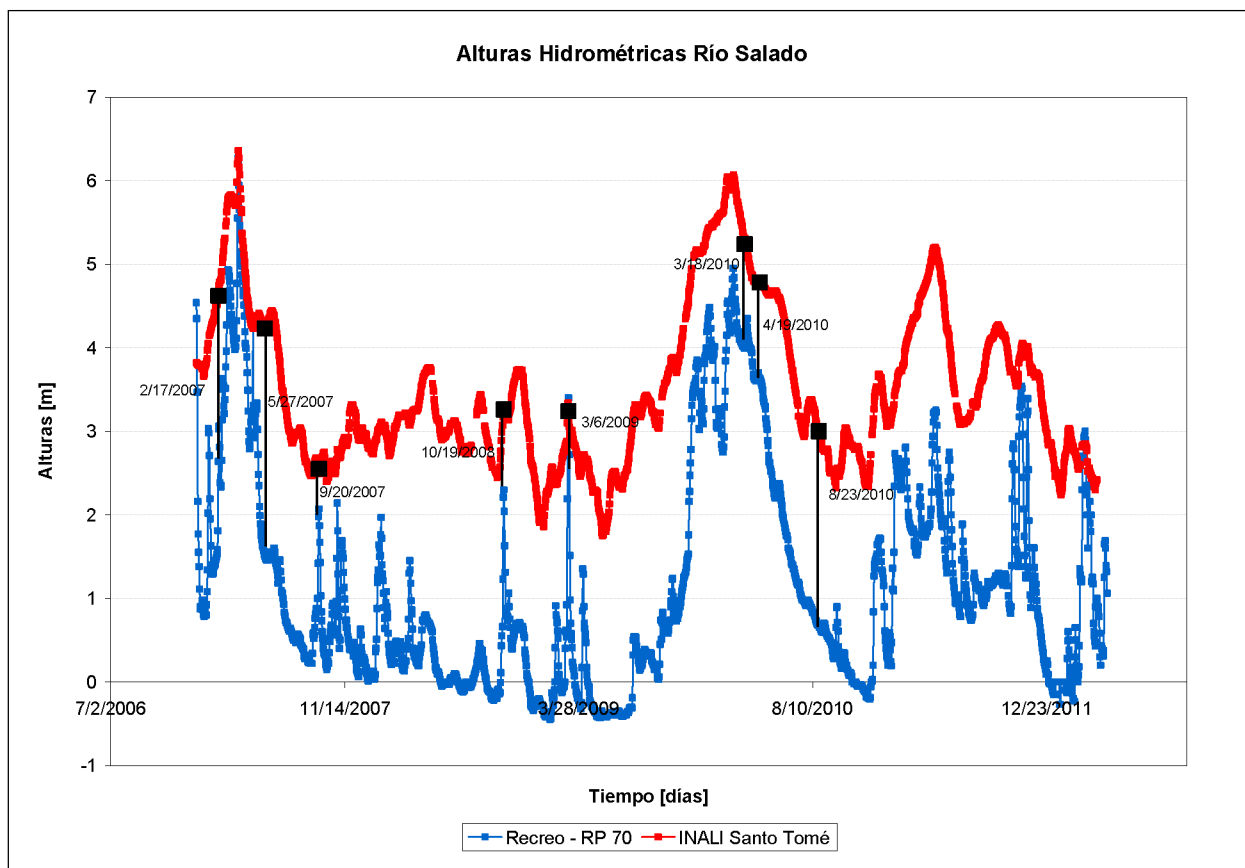


Figura C.1.

Fecha	INALI Santo Tomé	Recreo - RP 70	INALI Santo Tomé	Recreo - RP 70
	Fuente: MASPMA H media [m]	Fuente: SRH H media [m]	(8.07 m Cota IGM 0) Cota IGM [m]	(11.09 m Cota IGM 0) Cota IGM [m]
17 de Febrero de 2007	4.62	2.64	12.69	13.73
27 de Mayo de 2007	4.23	1.52	12.30	12.61
20 de Septiembre de 2007	2.55	2.07	10.62	13.16
19 de Octubre de 2008	3.26	2.30	11.33	13.39
6 de Marzo de 2009	3.24	3.40	11.31	14.49
18 de Marzo de 2010	5.24	4.06	13.31	15.15
19 de Abril de 2010	4.78	3.61	12.85	14.70
23 de Agosto de 2010	3.00	0.67	11.07	11.76

Con esta información, es posible representar otras situaciones del nivel del agua cerca de las condiciones normales para los tramos 3, 2 y 1 (Figura C.2).

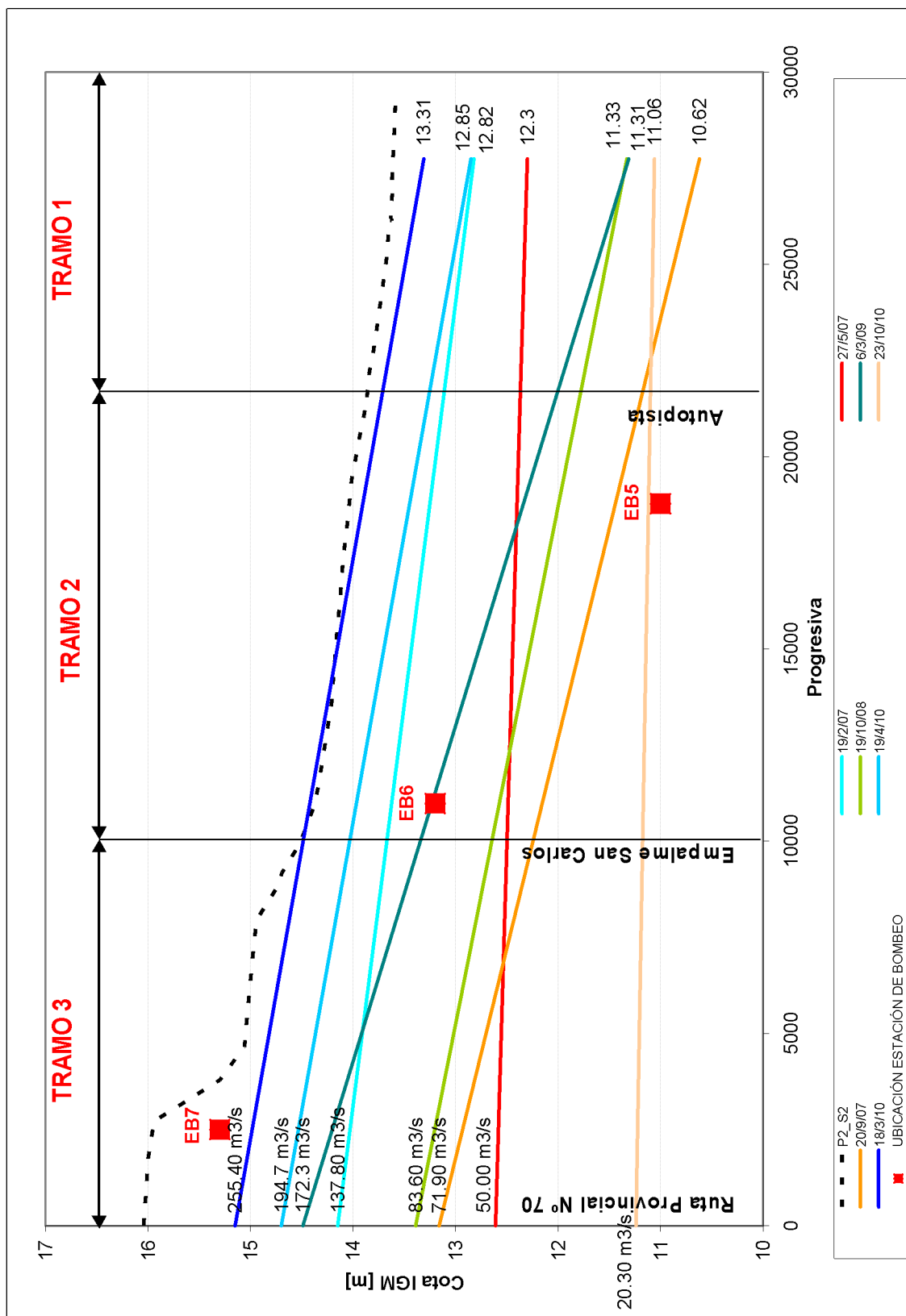


Figura C.2

Determinación de Niveles Hidrométricos para distintos Caudales en el Tramo 4. Estación Ruta Provincial 70.

Aguas arriba del puente de la RP 70 el efecto del remanso del río Paraná en las alturas hidrométricas del río Salado es despreciable, por esto los niveles para el manejo de las compuertas de la Estaciones de Bombeo 8 y 9, se obtienen con la curva de descarga presentada para esta sección por la SSRHN y que figura en el Informe Final del Sistema de Alerta Hidrometeorológico de la Cuenca Inferior del Río Salado del año 2006, desarrollado en un convenio entre este Ministerio y la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral.

Las expresiones de la curva de descarga ajustada por la SSRH, válida para el período 1990 - 2003, son:

$$h \leq 3.43 \text{ m: } Q = 18.4164 * 1.9303^h \quad (12)$$

$$3.43 \text{ m} < h \leq 6.85 \text{ m: } Q = 2.0042 * \exp(h) + 41.1702 * h - 27.9778 \quad (13)$$

$$6.85 \text{ m} < h \leq 7.89 \text{ m: } Q = 0.4394 * h^{4.414} \quad (14)$$

h: altura de escala [m], Q: caudal [m³/s].

Cota IGN [m]	H [m]	Q [m³/s]
11.54	0.45	24.76
12.61	1.52	50.04
13.66	2.57	99.83
14.28	3.19	150.09
14.75	3.66	200.00
15.12	4.03	249.93
15.41	4.32	299.61
15.65	4.56	350.17
15.84	4.75	400.33
16.01	4.92	450.43
16.16	5.07	499.77
16.29	5.20	550.00
17.06	5.97	1000.00
18.97	7.88	4000.00
19.74	8.65	6000.00

Manejo de Compuertas de Descarga.

De esta forma, se puede presentar una tabla de manejo de compuertas en las estaciones de bombeo.

TRAMO 4 : Ruta Provincial N° 70 hasta Candiotti.			
cota igm [m]	Q [m3/s]	H [m]	Compuerta
11.54	24.76	0.45	A
12.61	50.04	1.52	A
13.66	99.83	2.57	A
14.28	150.09	3.19	A
14.75	200	3.66	A
15.12	249.93	4.03	A
15.41	299.61	4.32	A
15.65	350.17	4.56	A
15.84	400.33	4.75	A
16.01	450.43	4.92	V
16.16	499.77	5.07	C
16.29	550	5.2	C
17.06	1000	5.97	C
18.97	4000	7.88	C
19.74	6000	8.65	C

TRAMO 3 : Empalme San Carlos hasta Ruta Provincia N° 70.								
Puerto SF	Q río Salado [m3/s]	50	100	200	250	582	1000	4000
	Cota IGM [m]							
3.0	11.19	A	A	A	A	V	C	C
3.5	11.69	A	A	A	A	V	C	C
4.0	12.19	A	A	A	A	V	C	C
4.5	12.69	A	A	A	A	C	C	C
5.0	13.19	A	A	A	A	C	C	C
6.0	14.19	V	V	V	C	C	C	C
7.0	15.19	C	C	C	C	C	C	C

TRAMO 2 : Autopista hasta Empalme San Carlos.								
Puerto SF	Q río Salado [m3/s]	50	100	200	250	582	1000	4000
	Cota IGM [m]							
3.0	11.19	A	A	C	C	C	C	C
3.5	11.69	A	A	C	C	C	C	C
4.0	12.19	A	A	C	C	C	C	C
4.5	12.69	A	V	C	C	C	C	C
5.0	13.19	V	C	C	C	C	C	C
6.0	14.19	C	C	C	C	C	C	C
7.0	15.19	C	C	C	C	C	C	C

En las tablas anteriores se muestra una combinación de situaciones en función de la posición de las Estaciones de Bombeo de acuerdo al Tramo considerado de la Defensa Oeste (Tramos 2; 3 y 4) definidos previamente; del nivel del río Paraná en Puerto Santa Fe y de los Caudales provenientes del río Salado, observados en Estación Recreo (RP70).

Las referencias corresponden a **tres situaciones a considerar** con respecto a las compuertas:

A: la compuerta puede permanecer **ABIERTA**.

V: la situación requiere de permanente **VERIFICACIÓN** en el sitio para decidir si permanece abierta o cerrada, basado en lectura de escalas puestas a tal fin o por algún otro medio de observación.

C: la compuerta debe permanecer **CERRADA**, en función de la combinación de efectos entre los niveles del río Paraná y los caudales del río Salado.

Para TODOS los casos considerados, corresponde el estado de CERRADA a la compuerta de la **EB N° 5**, del Tramo 2, dado que su cota de descarga es de 11 m. **Esta situación deberá verificarse con mayor detalle**, partiendo de un relevamiento de la situación actual en el sitio. Solamente en los periodos de nivel del río Paraná menor a 2,80 m en Puerto Santa Fe y caudales extremadamente bajos en el río Salado, se considera una situación de VERIFICACIÓN.

Se adjunta un Plano con la ubicación de la Defensa Oeste, las obras mencionadas y otras estructuras de interés para el seguimiento de fenómenos que presenten condiciones de riesgo hídrico.

DGSTE – DPPUCI – SSPG, 22 de Junio de 2012.