

60045

**CANAL INTERPROVINCIAL RUTA 35**

**Tramo**

**CUATRO BOCAS - MOJÓN DE FIERRO**

**INFORME PARCIAL**



**AUTOR: Ing. Eduardo A. Roude**

**JULIO 1996**

# CANAL INTERPROVINCIAL RUTA 35

## 1. - INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS:

El Canal Interprovincial Ruta 35, ubicado en el límite oeste de la Provincia de Santa Fe es colector de escurrimientos laminares que provienen de la provincia de Santiago del Estero y afectan a los distritos Tostado y Pozo Borrado en territorio santafecino. ( En el Plano N° 1 se presenta la ubicación general del tramo en estudio).

El caudal que transporta el canal está acotado por la capacidad de los tramos receptores de aguas abajo cuya modificación no es posible por el momento. Estudios realizados con anterioridad por la Unidad Técnica del Convenio Bilateral C.F.I. - Santa Fe determinaron que el canal construido entre la Ruta Prov. N° 2 y el río Salado puede conducir sin desbordes un caudal máximo del orden de los 4 m<sup>3</sup>/seg.

Es así entonces que el tramo de canal en estudio, comprendido entre el paraje Cuatro Bocas y Mojón de Fierro, que debe ser utilizado en forma compartida por los distritos que atraviesa, requiere la determinación de cupos para distribuir la capacidad de conducción disponible. A tal fin, es necesario un adecuado conocimiento de su funcionamiento hidráulico.

Una vez determinado el funcionamiento del canal en las condiciones actuales, será posible establecer el diseño de un sistema de alcantarillas que, actuando como estructuras de control, regulen el caudal de los distintos tramos del canal para asegurar el saneamiento equitativo de los distritos involucrados en el problema.

## 2. - RECONOCIMIENTO DE CAMPO DEL ESTADO ACTUAL DEL CANAL Y OBRAS DE ARTE EXISTENTES.

Se realizó un reconocimiento general del area de trabajo, en el cual se obtuvieron datos necesarios para el análisis hidráulico del tramo en estudio. En el plano N° 2, confeccionado por la Unidad Técnica, se presentan las areas de aporte al canal.

Se contó con información topográfica consistente en una nivelación longitudinal y perfiles transversales del canal cada 400 m, que caracterizan físicamente el problema con un grado de detalle suficiente para la metodología de análisis a aplicar.

El tramo de canal comprendido entre la Ruta Prov. N° 2 y la prog. 10+000, que fue ejecutado por la Provincia de Santiago del Estero, cuenta con un proyecto de readecuamiento hidráulico elaborado con anterioridad por la Unidad Técnica del Convenio Bilateral C.F.I. - Santa Fe.

El citado proyecto corresponde al tramo considerado como más conflictivo, ya que según estudios preliminares cuenta con una capacidad notoriamente menor al tramo de aguas arriba. Por este motivo, la información topográfica referida a perfiles transversales del canal en este tramo, fue modificada para adaptarla a las nuevas dimensiones establecidas en el proyecto.

Además del readecuamiento hidráulico de la sección excavada del canal, el proyecto incluye las tareas de submuración de las alcantarillas existentes a fin de adaptarlas a la nueva cota de solera del canal. En el análisis hidráulico de las alcantarillas se consideraron las dimensiones indicadas en el proyecto. En la tabla N° 1 se presenta un resumen de las características geométricas de las alcantarillas proyectadas para el tramo.

La observación de campo, incluyó un Inventario de las características constructivas de las alcantarillas y las condiciones de mantenimiento de la excavación del restante tramo de canal en estudio, es decir el comprendido entre el Km. 10 y el Paraje Cuatro Bocas. El objetivo de esta tarea fue relevar las características físicas que intervienen en la definición de los parámetros hidráulicos a utilizar en los cálculos.

### **3. - EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE TRAMOS PARTICULARES.**

Con los datos suministrados por la Unidad Técnica del Convenio y los obtenidos mediante las tareas de verificación y actualización de la información realizadas, se encaró el análisis hidráulico del problema.

A pedido de la Unidad Técnica, se dio prioridad al tramo comprendido entre Mojón de Fierro y el Km. 10.

Para caracterizar las secciones hidráulicas se adoptó la geometría resultante de superponer a las secciones actuales los trabajos de excavación previstos en el proyecto.

También a requerimiento de la Unidad Técnica, se evaluaron dos situaciones de funcionamiento hidráulico, correspondientes a:

- Determinación de la máxima capacidad de escurrimiento en el canal, es decir a sección llena sin desborde generalizado.
- Determinación del perfil hidráulico del escurrimiento para un caudal dado y nivel de aguas abajo similar a la cota de terreno natural.

### **4. - METODOLOGÍA UTILIZADA**

Para la evaluación del funcionamiento hidráulico se determinó el perfil de escurrimiento utilizando para el cálculo el método standard por etapas. Este método es aplicable a canales no prismáticos, tal es el caso del canal analizado según lo indican las secciones transversales tenidas en cuenta para su caracterización física.

En los canales no prismáticos, los elementos hidráulicos varían a lo largo de la sección considerada. Las tareas de campo realizadas, conjuntamente con los datos topográficos suministrados y los datos del proyecto en ejecución permitieron describir numéricamente el perfil de la sección hidráulica cada 400 m.

Para estimar el factor de resistencia al escurrimiento por fricción se adoptó el procedimiento de Manning. La considerable uniformidad de las características del suelo y de vegetación como así también la regularidad geométrica, permitieron la adopción de un valor único para todo el tramo analizado.

Para cada sección, se estableció el área, perímetro mojado y conductancia hidráulica en función del tirante. De esta forma, se contó con una adecuada caracterización de las condiciones físicas del tramo evaluado.

La metodología de cálculo utilizada fue por etapas. Por medio de aproximaciones sucesivas se determinó la profundidad hidráulica que se producirá en una sección dada al escurrir un determinado caudal, en función de la profundidad de la sección de aguas abajo y de la pérdida de energía por fricción del tramo comprendido entre ambas, definida mediante sus características hidráulicas y geométricas.

Para considerar el efecto de las alcantarillas se efectuó un cálculo interactivo con el cálculo del perfil de escurrimiento. El valor de tirante obtenido en el cálculo del perfil para la progresiva donde se ubica la alcantarilla se utilizó como condición de salida en el cálculo del desnivel hidráulico provocado por la obra; con este desnivel se calculó el nuevo valor de tirante inmediatamente aguas arriba de la alcantarilla. El valor así determinado se utilizó como nueva condición de borde de la sección de aguas abajo para el análisis del tramo siguiente.

## **5.- RESULTADOS PRELIMINARES**

En esta etapa del desarrollo del trabajo, el método se aplicó a dos situaciones de caudal diferentes.

En el primer caso se hizo la determinación de la máxima capacidad de escurrimiento en el canal a sección llena, sin desborde generalizado. Para ello, se contó con datos del funcionamiento del canal aguas abajo de la sección analizada, es decir al sur del Paraje Mojón de Fierro, coincidente con la progresiva 0+000 del estudio. También se contó con las características de las alcantarillas de cruce de la ruta Prov. Nº 2 y de la vía ferroviaria ubicada al norte de la misma. Con estos datos fue posible establecer la condición de borde de aguas abajo para distintas alternativas de caudal.

Mediante pruebas sucesivas en las que se utilizaron los datos geométricos e hidráulicos y la metodología ya descritos, se estableció el valor de caudal que es posible conducir en cada tramo del canal sin sobrepasar su sección geométrica. En este punto es necesario aclarar que el perfil del borde del canal que se presenta es el correspondiente a valores del terreno natural, que son los medidos al oeste del mismo. Al este del canal, se ubica la ruta Prov. Nº 35 que en los tramos deprimidos presenta sobreelevaciones continuas a modo de bordo lateral que evitan el desborde del canal hacia la Provincia de Santa Fe.

Para el ajuste del perfil hidráulico en condición de escurrimiento a sección llena se ha tenido en cuenta esta situación, considerando como límite de la sección a los sectores no deprimidos por ser más representativos de la situación real existente.

En el gráfico número 1 se presenta el resultado del perfil de escurrimiento obtenido con la ubicación de las alcantarillas existentes. La tabla N° 2 contiene los datos de caudal, tirante y velocidad de escurrimiento correspondientes a cada sección analizada y el desnivel hidráulico provocado por efecto de las alcantarillas, elementos descriptivos del comportamiento hidráulico de la situación representada.

El segundo caso analizado fue la determinación del perfil hidráulico del escurrimiento para un caudal de  $3 \text{ m}^3/\text{seg.}$  y nivel de aguas abajo similar a la cota de terreno natural, es decir a sección llena del canal. Estas condiciones fueron definidas por la Unidad Técnica, que ha realizado estudios hidrológicos previos en la zona utilizando el *Modelo Hidrológico Continuo para Llanuras Inundables (MOBDS)*, y resultan representativos de un fenómeno de inundación de magnitud intermedia según el análisis de datos de la serie 1960 - 1992.

El perfil resultante, representa una situación de inundación generalizada del área, posible de observarse frente a aportes de caudal de la magnitud considerada. Solo se ha computado el caudal que escurre en la dirección sur entre las proyecciones verticales de las márgenes del canal. Se considera que el escurrimiento paralelo a esa sección por el lado oeste es de un orden de magnitud inferior al escurrimiento canalizado, ya que se trata de escurrimientos laminares mantiformes, de bajo tirante, con una dirección de escurrimiento transversal a la pendiente regional y obstaculizado por la vegetación. Por otra parte, la sobreelevación de la ruta Prov. 35 que conforma la margen este del canal, impide la continuidad del escurrimientos hacia el este, ya que para los niveles obtenidos mediante el perfil hidráulico no se superaría la cota de la ruta y su borde sobreelevado lateral al canal. En consecuencia, el perfil resultante puede considerarse representativo de la respuesta física del sistema que puede esperarse cuando se producen aportes de la magnitud indicada.

En el gráfico número 2 se presenta el perfil de escurrimiento obtenido. La tabla N° 3 contiene los datos de caudal, tirante y velocidad de escurrimiento y el desnivel hidráulico provocado por efecto de las alcantarillas.

## **6. - CONCLUSIONES PRELIMINARES**

En esta etapa del trabajo, se ha puesto énfasis en la recopilación y análisis de los antecedentes disponibles, su complementación con trabajos de campo y la definición y ajuste de la metodología más adecuada para el análisis del caso en estudio.

Se han analizado dos casos que se consideran representativos de situaciones de interés particular, cuya definición se hizo en forma coordinada con la Unidad Técnica.

Como conclusión preliminar, a esta altura del desarrollo del trabajo puede anticiparse:

- La condición de borde de aguas abajo tiene notable influencia en el desarrollo de todo el perfil hidráulico. La importante longitud de la curva de remanso generada, es el resultado de la baja pendiente del tramo y la baja velocidad de escurrimiento.
- El alcantarillado proyectado para el tramo analizado, no será limitativo para el escurrimiento encauzado ni generará sobreelevaciones importantes. En consecuencia, estas estructuras no actuarán como elementos reguladores del caudal, condición que resulta satisfactoria por tratarse del tramo de aguas abajo que deberá funcionar al máximo de su capacidad.

En la próxima etapa del trabajo se analizará el resto del tramo determinando la capacidad máxima a sección llena en condiciones actuales y las dimensiones del alcantarillado necesario para regular el caudal a los cupos que se decida asignar a cada distrito.

## CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS ALCANTARILLAS

PROGRESIVA	LUZ TOTAL	ALTURA LIBRE	ANCHO CALZADA
0+862	2.00 m	1.70 m	6 m
4+000	2.30 m	1.90 m	7 m
6+200	2.60 m	1.80 m	6 m
8+000	2.60 m	1.70 m	6.5 m
8+800	1.90 m	1.70 m	7.3 m
9+700	2.10 m	1.60 m	6.7 m

TABLA N° 1

## CANAL RUTA 35

Q.MAX=4.00

PROG	C.T.N	C.SOLERA	Q	Y	AREA	R	V	V^2/2g	Sf	DX	hf	D.Alcant.	C.P.A.	C.ENERGIA
0	77.36	75.40	4.0	1.46	6.4	0.92	0.62	0.022					76.86	76.882
400	77.21	75.44	4.0	1.54	8.4	0.88	0.48	0.013	2.7688E-04	400.0	0.111		76.98	76.993
800	77.29	75.48	4.0	1.58	9.8	0.84	0.41	0.009	1.8901E-04	400.0	0.076		77.06	77.068
810	77.29	75.48	4.0	1.61	10.1	0.86	0.40	0.009	1.5875E-04	10.0	0.002	0.03	77.09	77.100
1200	77.49	75.52	4.0	1.63	10.5	0.87	0.38	0.008	1.4427E-04	390.0	0.056		77.15	77.156
1600	77.50	75.56	4.0	1.64	10.2	0.99	0.39	0.009	1.2924E-04	400.0	0.052		77.20	77.208
2000	77.43	75.60	4.0	1.67	8.3	0.79	0.48	0.013	1.8464E-04	400.0	0.074		77.27	77.282
2400	77.41	75.64	4.0	1.72	9.4	0.80	0.42	0.010	2.1829E-04	400.0	0.087		77.36	77.369
2800	77.43	75.68	4.0	1.75	9.7	0.80	0.41	0.010	1.8314E-04	400.0	0.073		77.43	77.442
3200	77.70	75.72	4.0	1.79	8.7	0.81	0.46	0.012	1.9893E-04	400.0	0.080		77.51	77.522
3600	77.63	75.76	2.5	1.82	8.2	0.98	0.30	0.005	1.4716E-04	400.0	0.059		77.58	77.581
4000	77.78	75.80	2.5	1.81	9.2	0.86	0.27	0.004	7.2507E-05	400.0	0.029		77.61	77.610
4007	77.78	75.80	2.5	1.84	9.5	0.87	0.26	0.004	6.7844E-05	7.0	0.000	0.03	77.64	77.640
4400	77.69	75.84	2.5	1.82	9.0	0.95	0.28	0.004	6.4668E-05	393.0	0.025		77.66	77.666
4800	77.69	75.88	2.5	1.82	8.1	0.64	0.31	0.005	9.9521E-05	400.0	0.040		77.70	77.706
5200	77.70	75.92	1.0	1.82	8.7	0.61	0.12	0.001	7.7353E-05	400.0	0.031		77.74	77.737
5600	77.72	75.96	1.0	1.79	9.2	0.45	0.11	0.001	2.3292E-05	400.0	0.009		77.75	77.746
6000	77.73	76.00	1.0	1.75	9.7	0.79	0.10	0.001	1.8894E-05	400.0	0.008		77.75	77.753
6200	77.82	76.02	1.0	1.74	9.5	0.78	0.11	0.001	1.1650E-05	200.0	0.002		77.76	77.756
6206	77.82	76.02	1.0	1.74	9.6	0.79	0.10	0.001	1.1803E-05	6.0	0.000	0.01	77.77	77.766
6400	77.91	76.04	1.0	1.73	8.5	0.89	0.12	0.001	1.2085E-05	194.0	0.002		77.77	77.768
6800	77.95	76.08	1.0	1.69	8.8	0.75	0.11	0.001	1.3583E-05	400.0	0.005		77.77	77.774
7200	77.88	76.12	1.0	1.66	8.4	0.96	0.12	0.001	1.3107E-05	400.0	0.005		77.78	77.779
7600	78.09	76.16	1.0	1.62	9.8	0.76	0.10	0.001	1.1700E-05	400.0	0.005		77.78	77.784
8000	77.81	76.20	1.0	1.59	10.9	0.81	0.09	0.000	1.0275E-05	400.0	0.004		77.79	77.788
8006	77.81	76.20	1.0	1.60	11.0	0.82	0.09	0.000	8.6168E-06	6.0	0.000	0.01	77.80	77.798
8400	77.83	76.24	1.0	1.56	9.6	0.71	0.03	0.000	4.6576E-06	394.0	0.002		77.80	77.800
8800	77.97	76.28	1.0	1.52	7.2	0.73	0.14	0.001	1.2143E-05	400.0	0.005		77.80	77.804
8807	77.97	76.28	1.0	1.53	7.3	0.73	0.14	0.001	2.3075E-05	7.0	0.000	0.01	77.81	77.815
9200	77.84	76.32	1.0	1.50	7.6	0.86	0.13	0.001	1.9582E-05	393.0	0.008		77.82	77.822
9600	77.98	76.36	1.0	1.47	5.4	0.82	0.19	0.002	2.5815E-05	400.0	0.010		77.83	77.833
9700	77.93	76.37	1.0	1.46	5.4	0.82	0.19	0.002	3.5481E-05	100.0	0.004	0.01	77.83	77.836
9706	77.93	76.37	1.0	1.47	5.4	0.82	0.18	0.002	3.5326E-05	6.0	0.000		77.84	77.846
10000	77.76	76.40	1.0											

Tabla N° 2

## CANAL RUTA 35

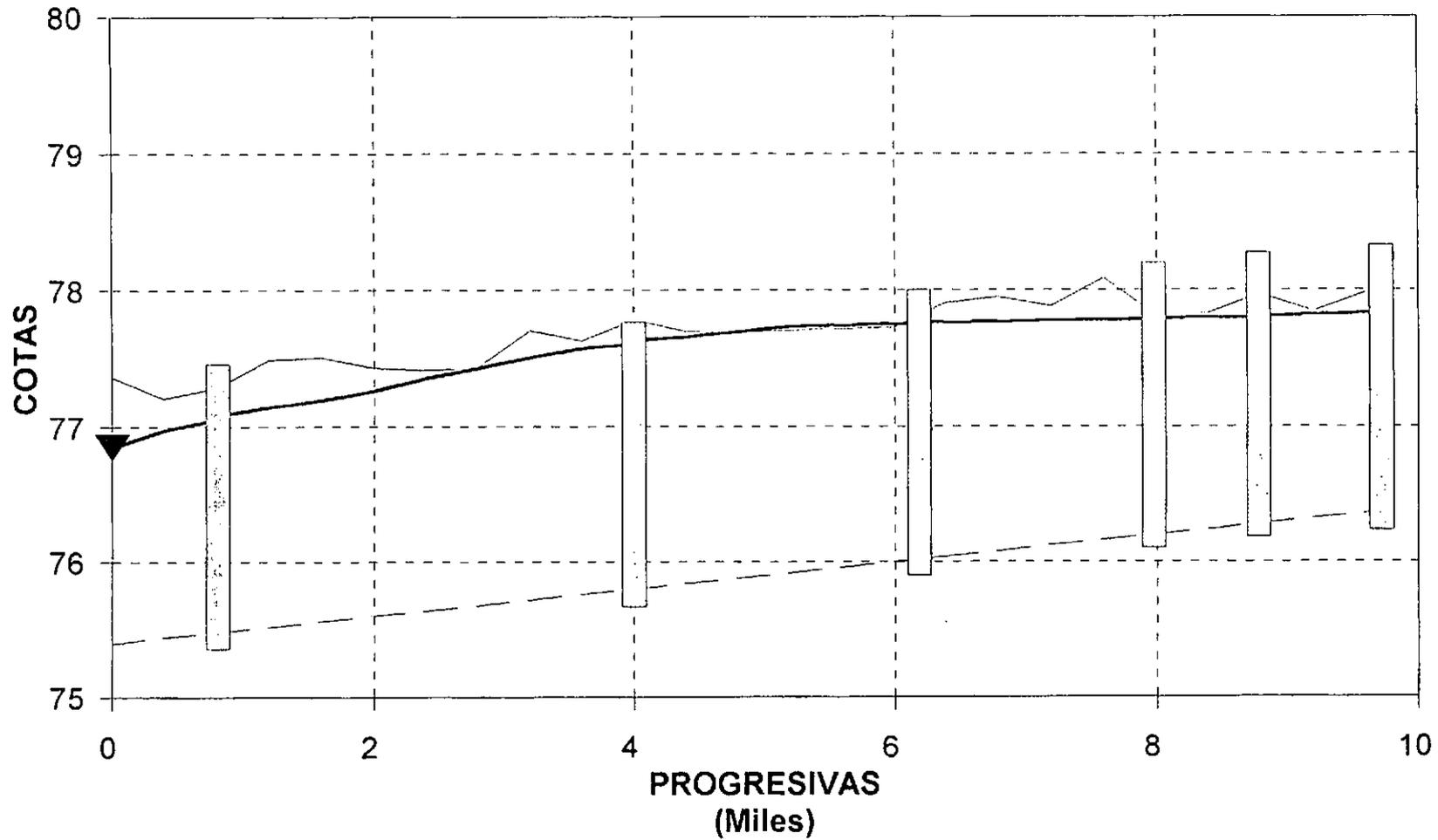
Q.MAX=3.00

PROG	C.T.N	C.SOLERA	Q	Y	AREA	R	V	V^2/2g	Sf	DX	hf	D.Alcant.	C.P.A.	C.ENERGIA
0	77.36	75.40	3	2.00	8.7	1.01	0.34	0.007					77.40	77.407
400	77.21	75.44	3	1.99	19.9	0.92	0.15	0.001	5.5679E-05	400.0	0.022		77.43	77.429
800	77.29	75.48	3	1.97	8.2	0.78	0.37	0.008	8.3928E-05	400.0	0.034		77.45	77.463
810	77.29	75.48	3	2.03	8.7	0.80	0.34	0.007	1.3578E-04	10.0	0.001	0.03	77.51	77.519
1200	77.49	75.52	3	2.03	14.2	0.74	0.21	0.002	8.7803E-05	390.0	0.034		77.55	77.553
1600	77.50	75.56	3	2.01	12.3	0.79	0.24	0.003	5.7644E-05	400.0	0.023		77.57	77.576
2000	77.43	75.60	3	1.99	15.0	0.92	0.20	0.002	4.9195E-05	400.0	0.020		77.59	77.596
2400	77.41	75.64	3	1.97	15.5	1.04	0.19	0.002	3.1430E-05	400.0	0.013		77.61	77.608
2800	77.43	75.68	3	1.94	13.7	0.96	0.22	0.003	3.3858E-05	400.0	0.014		77.62	77.622
3200	77.70	75.72	3	1.92	11.5	0.74	0.26	0.004	5.9816E-05	400.0	0.024		77.64	77.646
3600	77.63	75.76	3	1.92	12.3	0.63	0.24	0.003	8.2903E-05	400.0	0.033		77.68	77.679
4000	77.78	75.80	3	1.91	10.3	0.86	0.29	0.005	8.3719E-05	400.0	0.033		77.71	77.713
4007	77.78	75.80	3	1.95	10.7	0.88	0.28	0.004	7.7109E-05	7.0	0.001	0.03	77.75	77.750
4400	77.69	75.84	3	1.93	11.9	0.89	0.25	0.004	6.5742E-05	393.0	0.026		77.77	77.776
4800	77.69	75.88	3	1.93	12.2	0.54	0.25	0.003	8.3075E-05	400.0	0.033		77.81	77.809
5200	77.70	75.92	3	1.92	11.9	0.67	0.25	0.004	9.5812E-05	400.0	0.038		77.84	77.848
5600	77.72	75.96	3	1.92	9.5	0.70	0.32	0.006	1.0568E-04	400.0	0.042		77.88	77.890
6000	77.73	76.00	3	1.92	9.8	0.99	0.31	0.005	1.0062E-04	400.0	0.040		77.92	77.930
6200	77.82	76.02	3	1.92	9.8	0.99	0.31	0.005	7.4385E-05	200.0	0.015		77.94	77.945
6206	77.82	76.02	3	1.95	10.1	1.00	0.30	0.005	7.2207E-05	6.0	0.000	0.01	77.97	77.975
6400	77.91	76.04	3	1.94	10.7	0.93	0.28	0.004	6.8699E-05	194.0	0.013		77.98	77.989
6800	77.95	76.08	3	1.93	9.8	1.05	0.31	0.005	6.8217E-05	400.0	0.027		78.01	78.016
7200	77.88	76.12	3	1.92	10.0	0.88	0.30	0.005	7.5880E-05	400.0	0.030		78.04	78.046
7600	78.09	76.16	3	1.91	11.6	0.88	0.26	0.004	7.2423E-05	400.0	0.029		78.07	78.075
8000	77.81	76.20	3	1.90	11.5	0.88	0.26	0.004	6.2514E-05	400.0	0.025		78.10	78.100
8006	77.81	76.20	3	1.93	11.9	0.89	0.25	0.004	6.0715E-05	6.0	0.000	0.01	78.13	78.131
8400	77.83	76.24	3	1.92	11.4	0.72	0.26	0.004	7.1386E-05	394.0	0.028		78.16	78.159
8800	77.97	76.28	3	1.90	12.9	1.09	0.23	0.003	6.1211E-05	400.0	0.024		78.18	78.183
8807	77.97	76.28	3	1.93	13.2	1.11	0.23	0.003	3.6500E-05	7.0	0.000	0.01	78.21	78.214
9200	77.84	76.32	3	1.91	13.9	1.00	0.22	0.003	3.5867E-05	393.0	0.014		78.23	78.228
9600	77.98	76.36	3	1.88	13.3	1.00	0.23	0.003	3.8383E-05	400.0	0.015		78.24	78.243
9700	77.93	76.37	3	1.87	13.2	0.99	0.23	0.003	4.0608E-05	100.0	0.004		78.24	78.247
9706	77.93	76.37	3	1.90	13.6	1.01	0.22	0.003	3.9425E-05	6.0	0.000	0.01	78.27	78.277
10000	77.76	76.40	3											

Tabla N° 3

# CANAL RUTA 35

Q.MAX=4.00

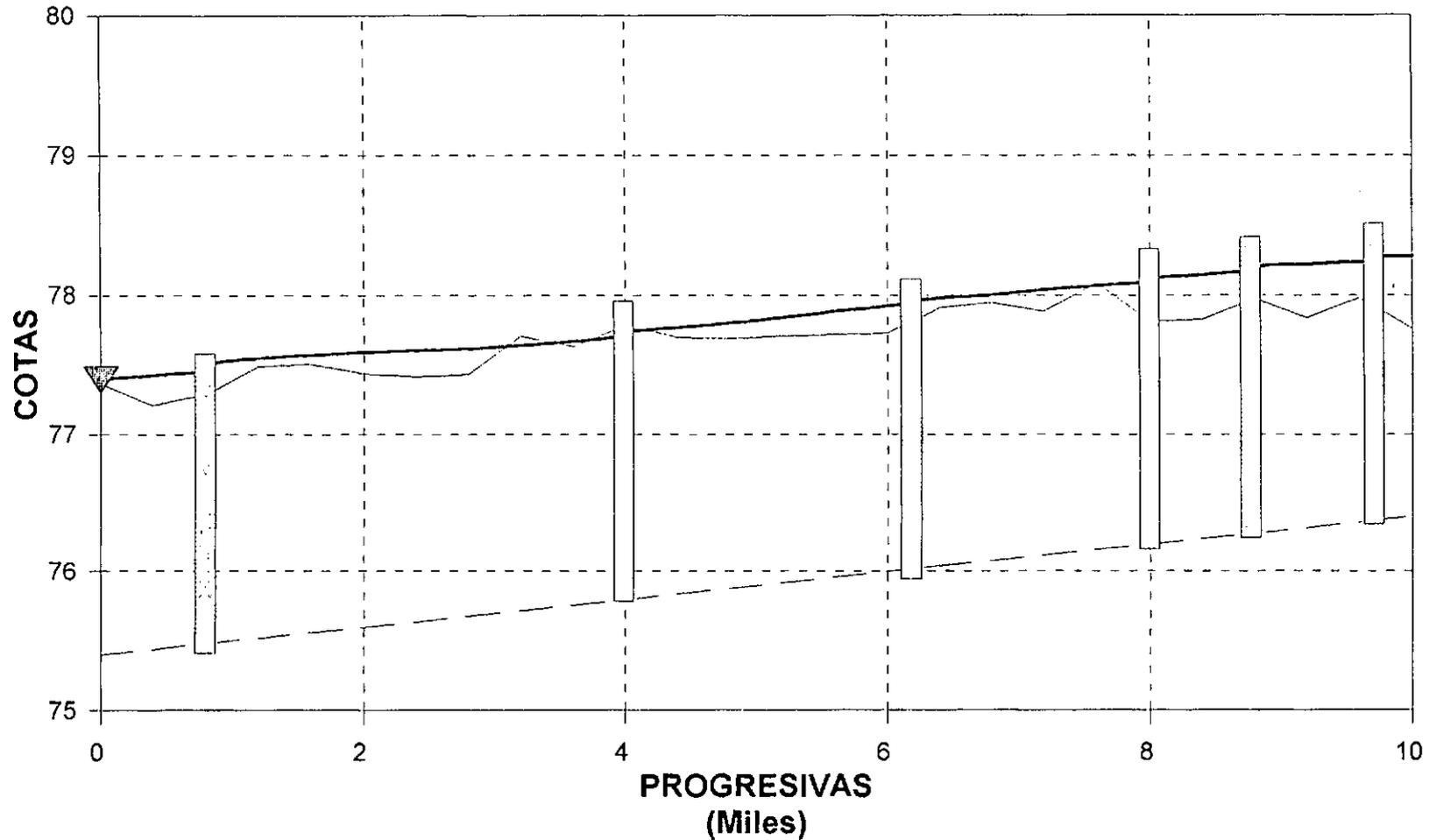


— TERRENO NATURAL — - COTA SOLERA — PELO DE AGUA ▼ 76.860

GRAFICO N° 1

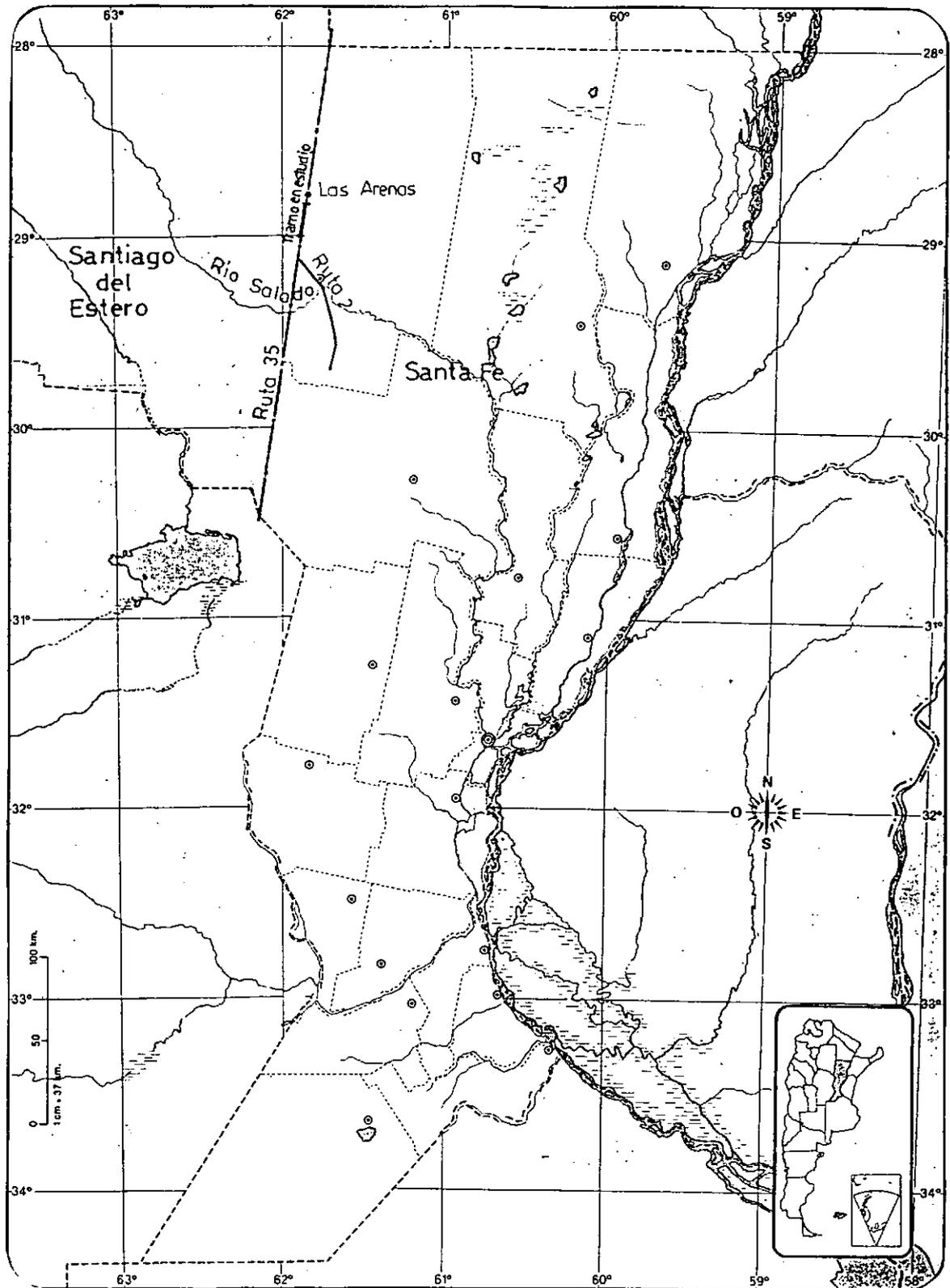
# CANAL RUTA 35

Q.MAX=3.00

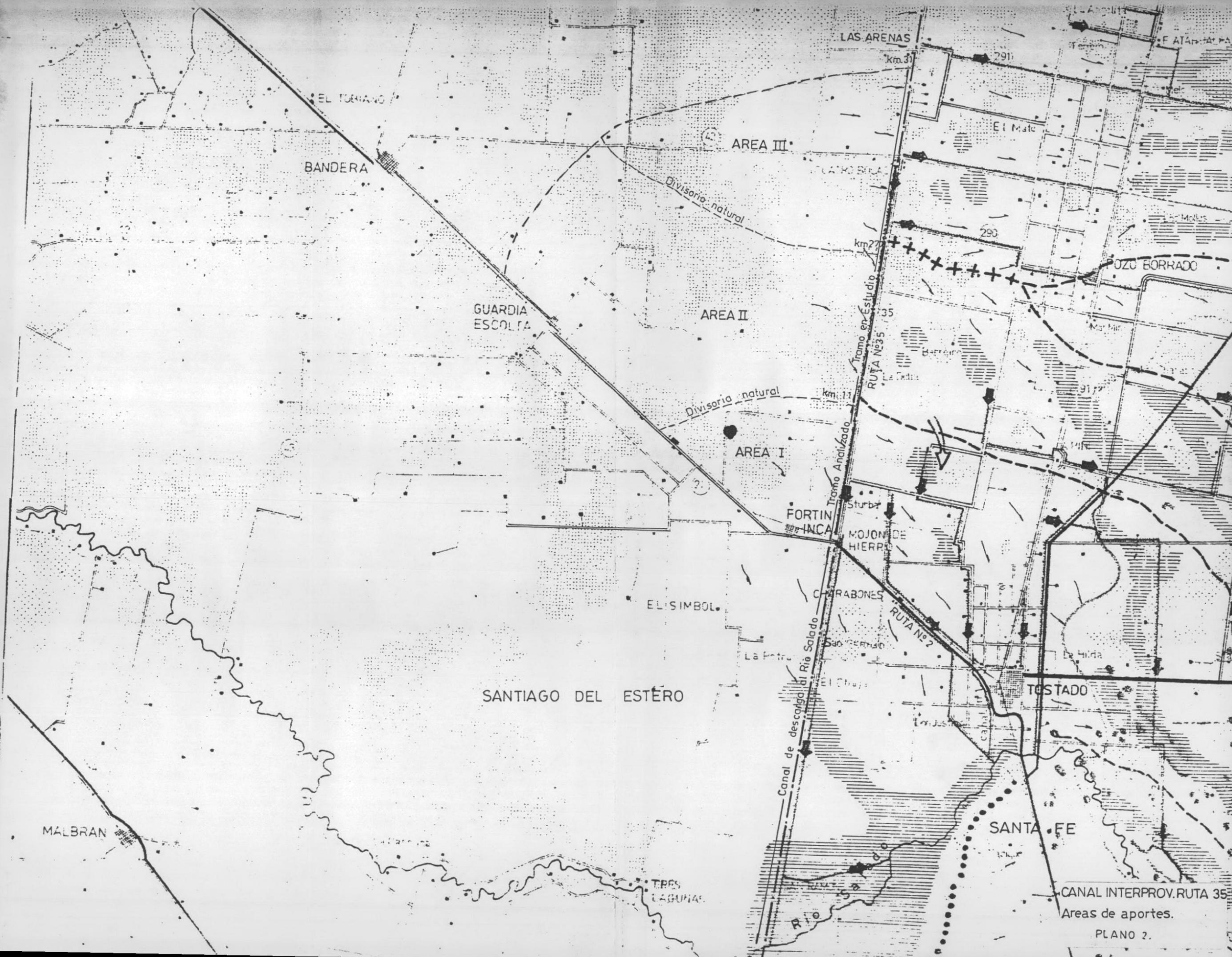


— TERRENO NATURAL — - COTA SOLERA — PELO DE AGUA ▼ 77.400

GRAFICO N° 2



CANAL INTERPROVINCIAL RUTA 35  
Ubicación general Tramo en estudio



LAS ARENAS

EL TORIANO

BANDERA

AREA III

El Mate

Divisorio natural

km 27

290

POZO BORRADO

GUARDIA ESCOLTA

AREA II

Divisorio natural

km 11

Tramo en Estudio  
RUTA N° 35

AREA I

FORTIN INCA

Sturba

MOJON DE HIERRO

EL SIMBOL

CHARABONES

RUTA N° 2

SANTIAGO DEL ESTERO

Canal de descarga al Rio Salado

La Patria

El Chaco

TESTADO

MALBRAN

SANTA FE

TRES LAGUNAS

CANAL INTERPROV. RUTA 35

Areas de aportes.

PLANO 2.