

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES
RENOVABLES
THE REPUBLIC OF VENEZUELA

THE STUDY ON
THE ENVIRONMENTAL IMPROVEMENT PROGRAM
OF THE UPPER AND MIDDLE STREAM OF THE
TUY RIVER BASIN

FINAL REPORT

VOLUME 6

DATA BOOK

JICA LIBRARY



J 1137841 {1}

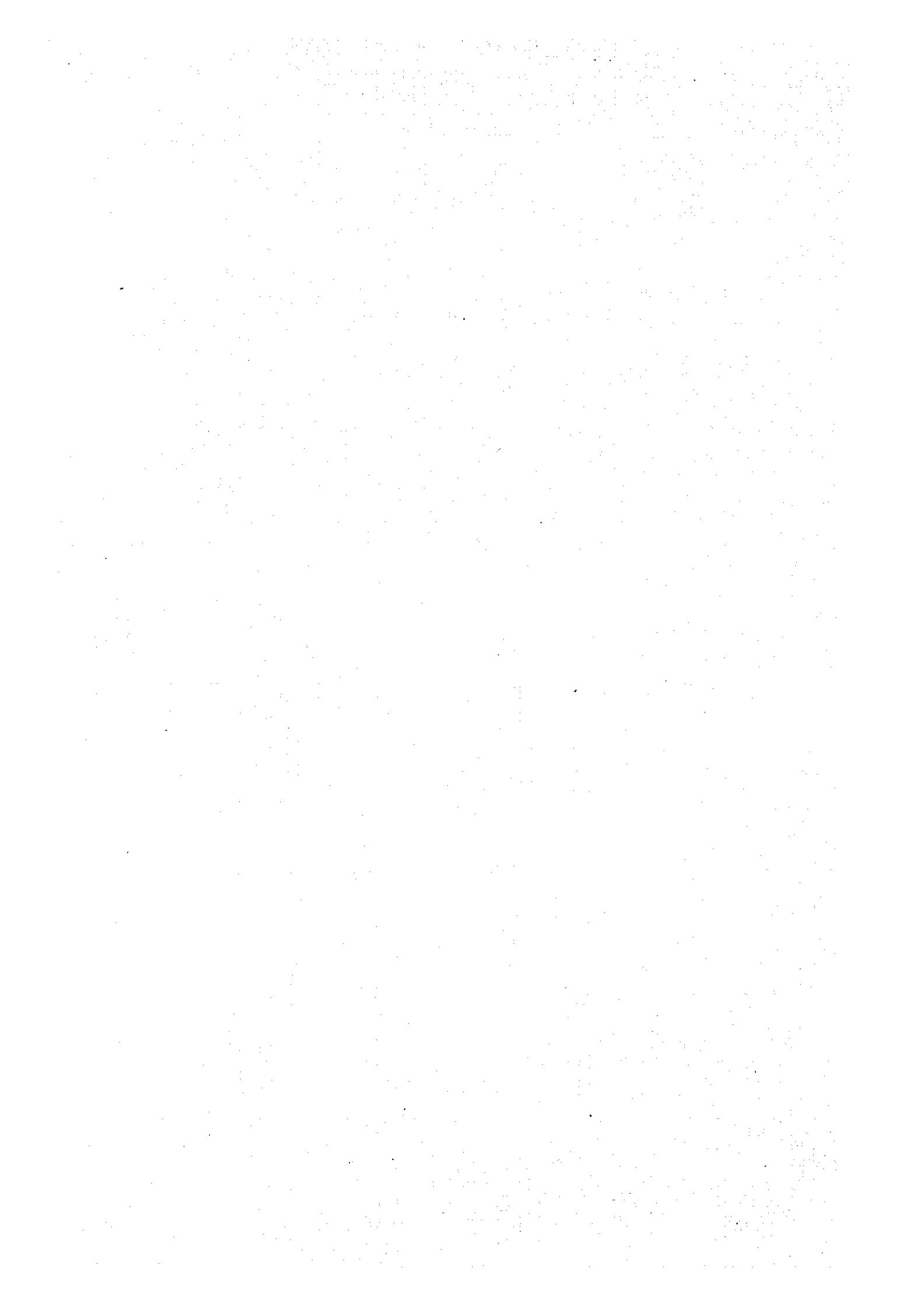
AUGUST 1997

CTI ENGINEERING CO., LTD.
KOKUSAI KOGYO CO., LTD.

SSS

JR

97-098



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

**MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES
RENOVABLES
THE REPUBLIC OF VENEZUELA**

**THE STUDY ON
THE ENVIRONMENTAL IMPROVEMENT PROGRAM
OF THE UPPER AND MIDDLE STREAM OF THE
TUY RIVER BASIN**

FINAL REPORT

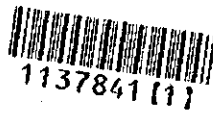
VOLUME 6

DATA BOOK

AUGUST 1997

**CTI ENGINEERING CO., LTD.
KOKUSAI KOGYO CO., LTD.**

SSS
JR
97-098



1137841 [1]

**THE COST ESTIMATE IS BASED
ON THE PRICE LEVEL OF JULY 1996
AND EXPRESSED IN US DOLLARS (US\$)
ACCORDING TO THE FOLLOWING EXCHANGE RATES:**

**US\$1.00 = Bs. 470 = ¥100.20
(AS OF JULY 16, 1996)**

COMPOSITION OF FINAL REPORT

- Volume 1:** Executive Summary
- Volume 2:** Main Report (Master Plan Study)
- Volume 3:** Main Report (Feasibility and Pre-Feasibility Study)
- Volume 4:** Supporting Report (I) (Sector A to E)
- Sector A:** Water Quality Condition and Monitoring
 - Sector B:** Existing Water Supply System
 - Sector C:** Industrial and Piggery Wastewater Treatment
 - Sector D:** Sewage Treatment
 - Sector E:** Turbid Water Treatment
- Volume 5:** Supporting Report (II) (Sector F to J)
- Sector F:** Securement of Water Quantity
 - Sector G:** Institutional Aspect
 - Sector H:** Construction Plan and Cost Estimate
 - Sector I:** Socioeconomic Condition and Project Evaluation
 - Sector J:** Environmental Aspect
- Volume 6:** Data Book
- Volume 7:** Resumen (Summary in Spanish)
- Volume 8:** Informe Principal: Estudio del Plan Maestro
(Main Report for Master Plan Study in Spanish)
- Volume 9:** Informe Principal: Estudio de Factibilidad y de Pre-Factibilidad
(Main Report for Feasibility and Pre-Feasibility Study in Spanish)

**THE STUDY ON
THE ENVIRONMENTAL IMPROVEMENT PROGRAM OF
THE UPPER AND MIDDLE STREAM OF THE TUY RIVER BASIN**

DATA BOOK

TABLE OF CONTENTS

1. TOPOGRAPHIC SURVEY RESULTS	1
1.1 Site for Sewage Treatment Plant in Ocumare del Tuy	2
1.2 Site for Sewage Treatment Plant in Las Tejerías	4
1.3 Site for Sand Settling Pond for Intake at Toma de Agua	6
2. GEOTECHNICAL SURVEY RESULTS	8

1. TOPOGRAPHIC SURVERY RESULTS

1.1 Site for Sewage Treatment Plant in Ocumare del Tuy

E 744300 N 1120400

N 1120500 E 744400

N 1120600 E 744500

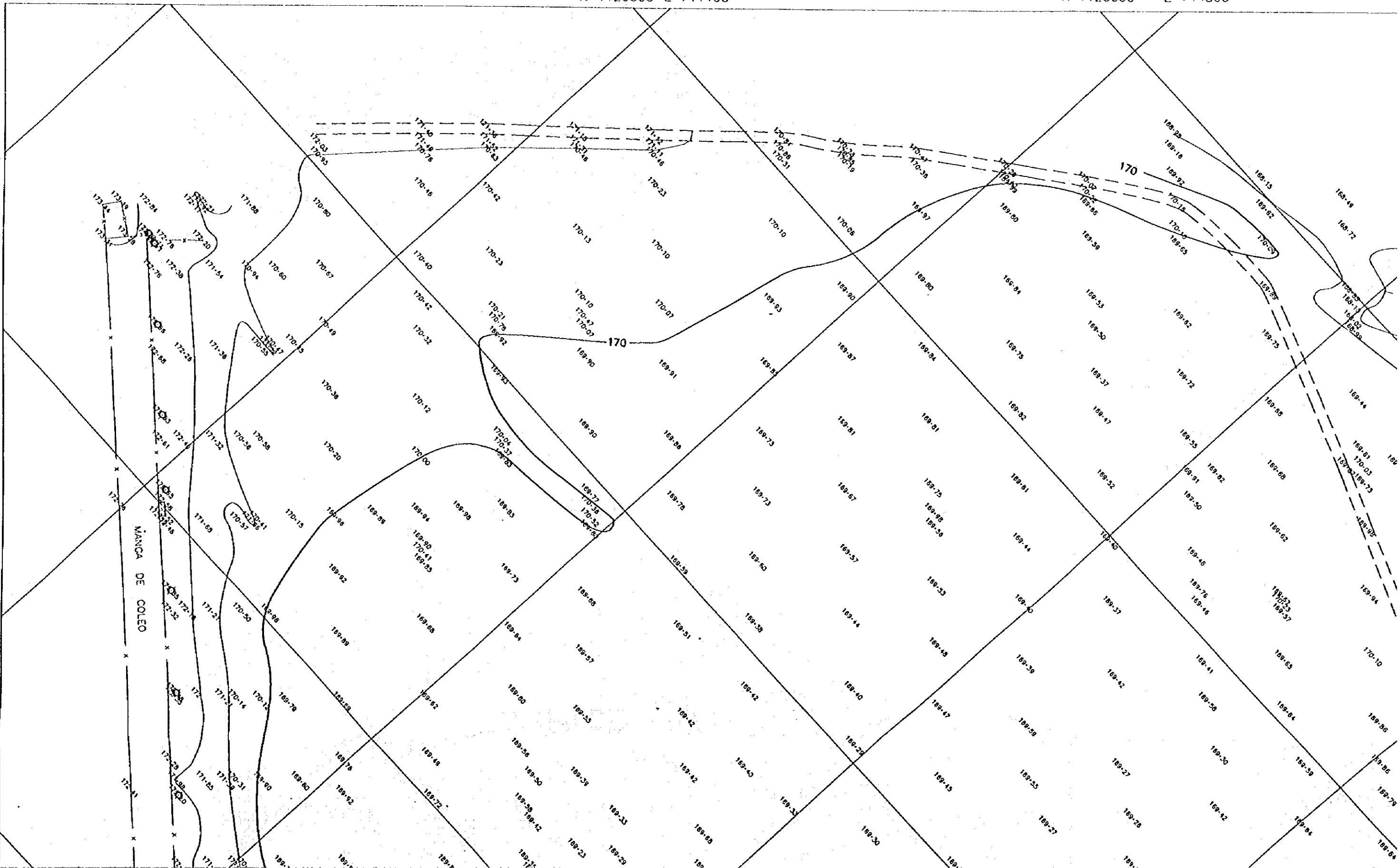
E 744300

N 1120300

E 744400

N 1120200

MANCA DE COLEO



E 744500

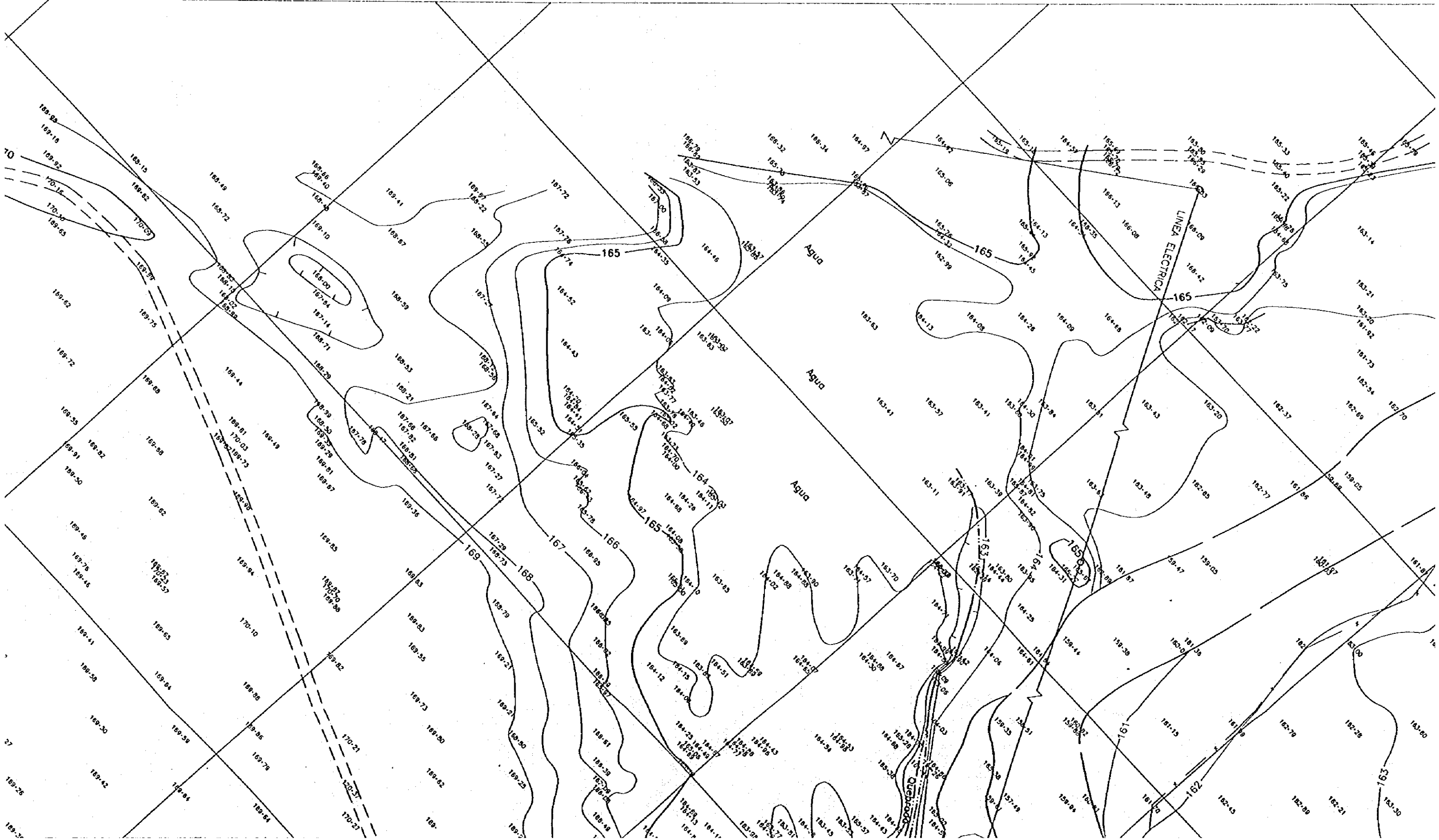
N 1120700

E 744600

N 1120800

E 744700

N 1120900



N 1120900

E 744800

N 1121000

E 744900

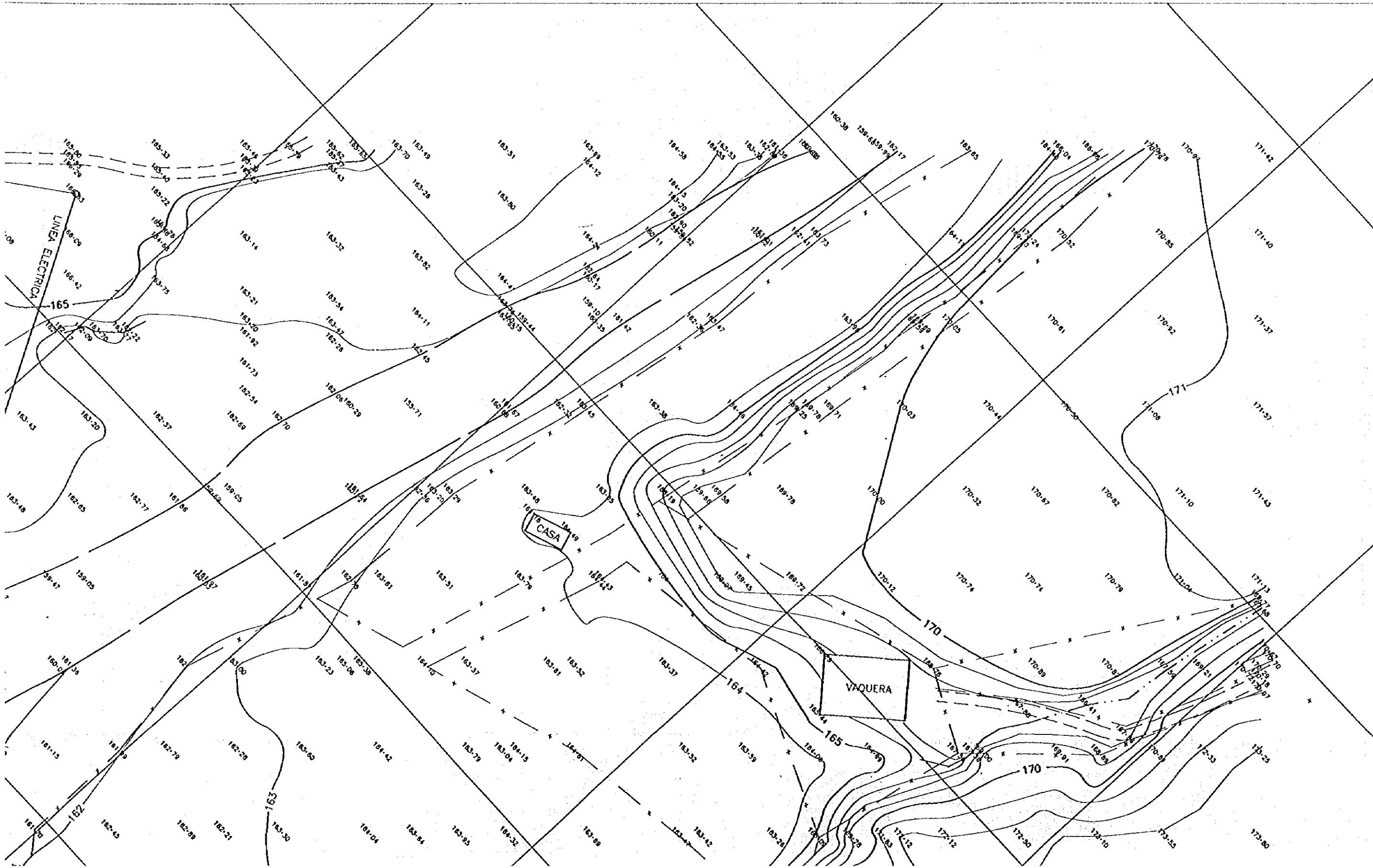
N 1121100

E 745000

N 1121100

E 745100

N 1121000

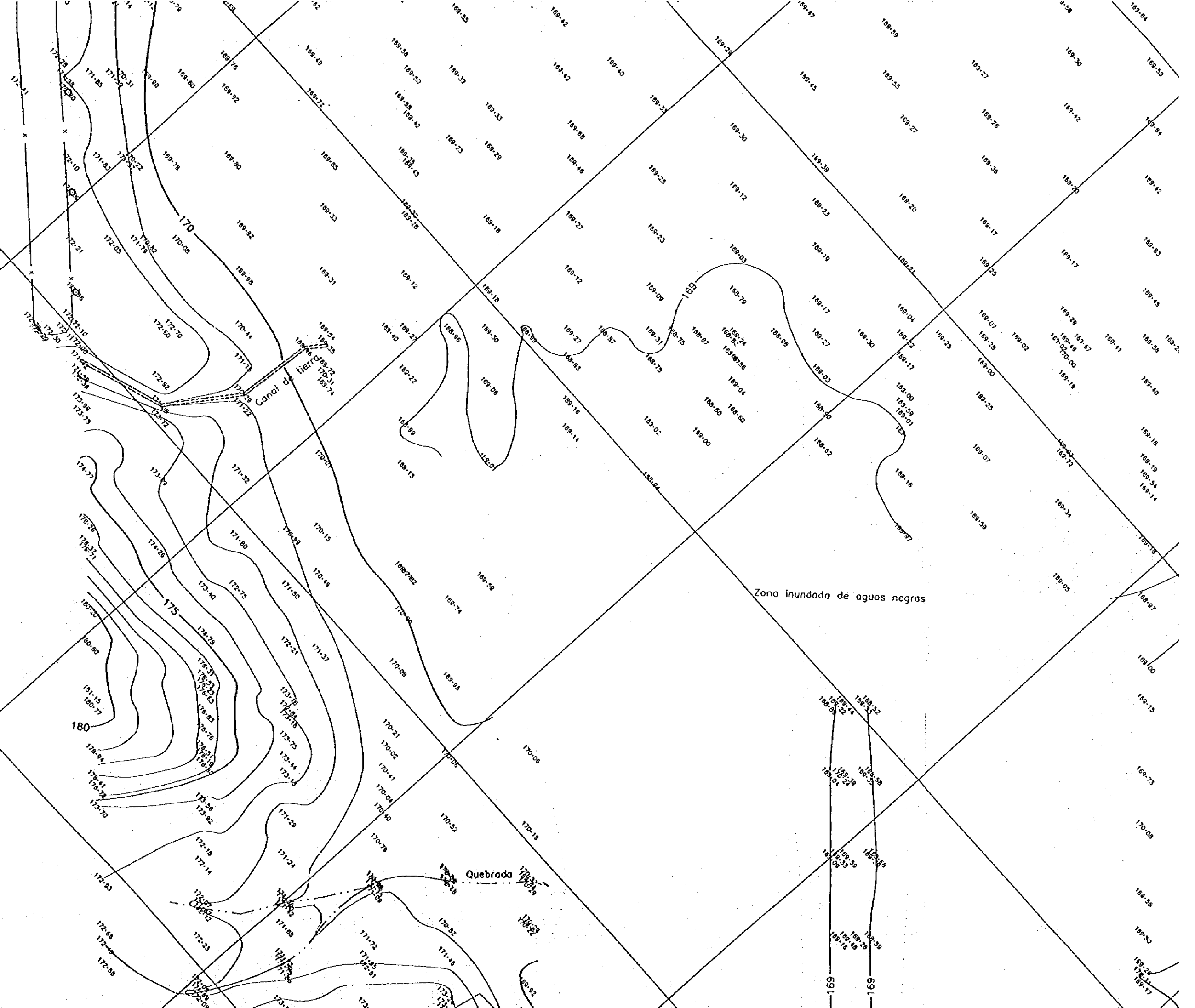


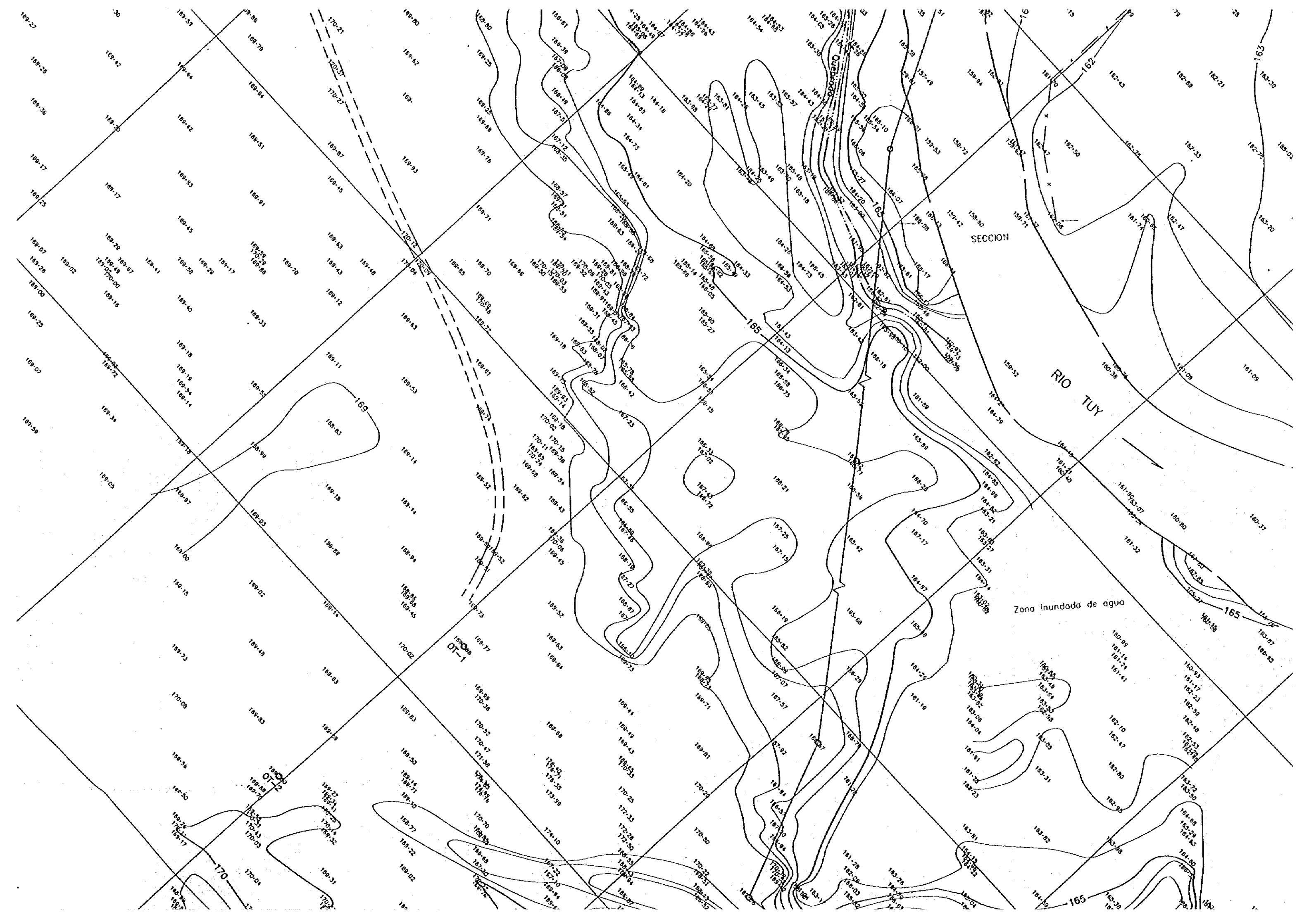
N 1120200

E 744500

N 1120100

E 744600





SECCION

RIO TUY

Zona inundada de agua

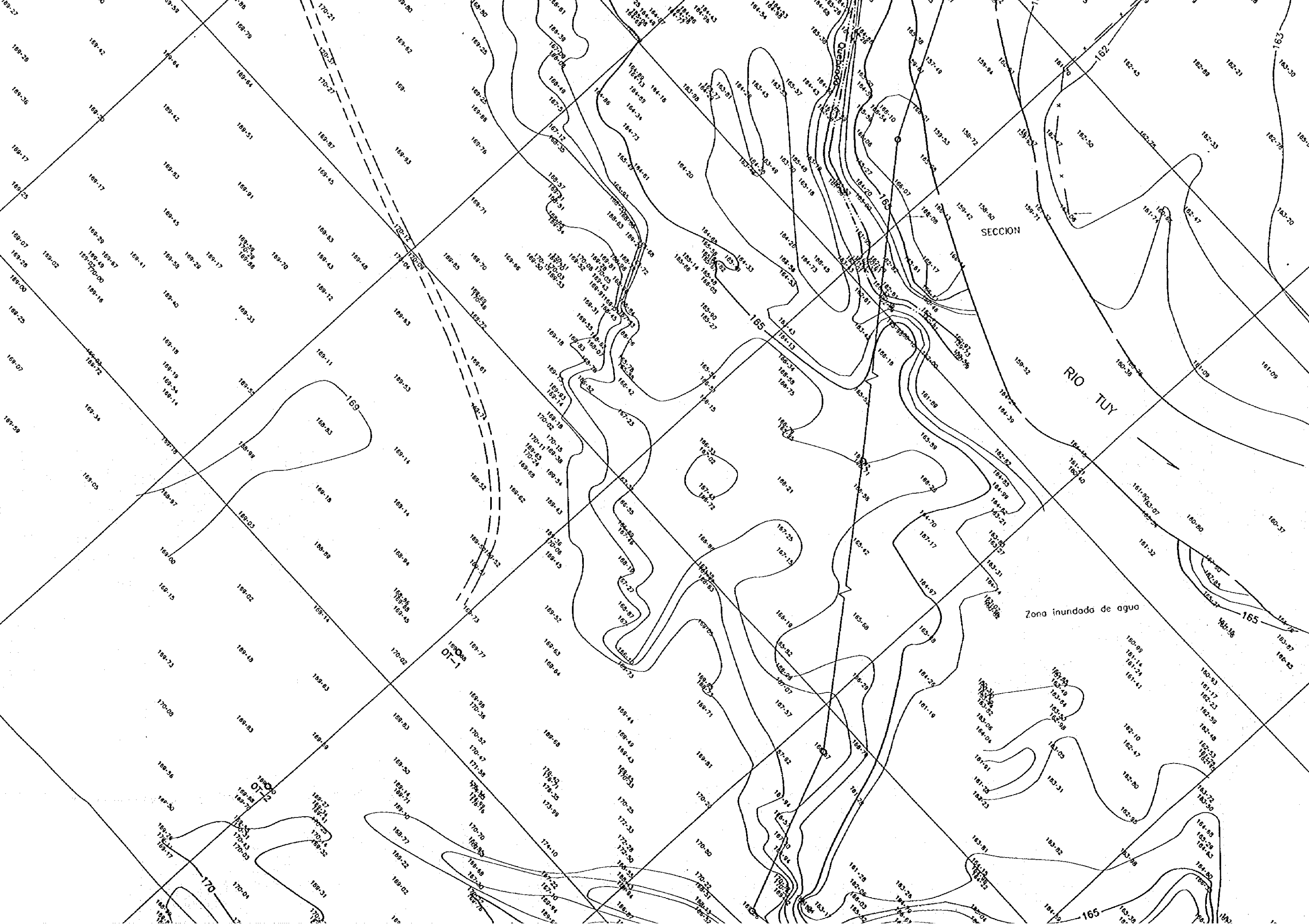
OT-1

OT-2

170

165

165





21000

E 745200

N 1120900

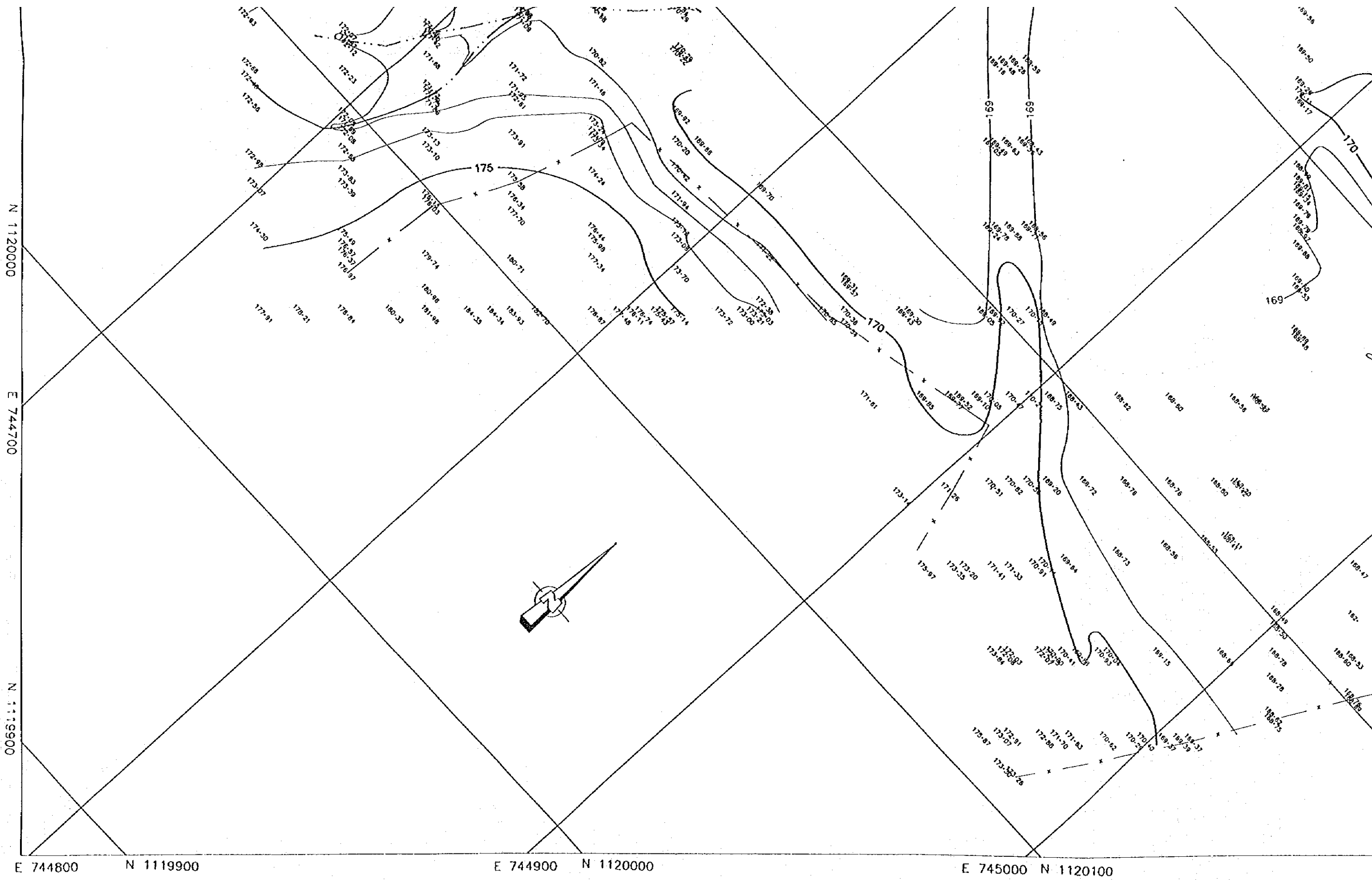
E 745300

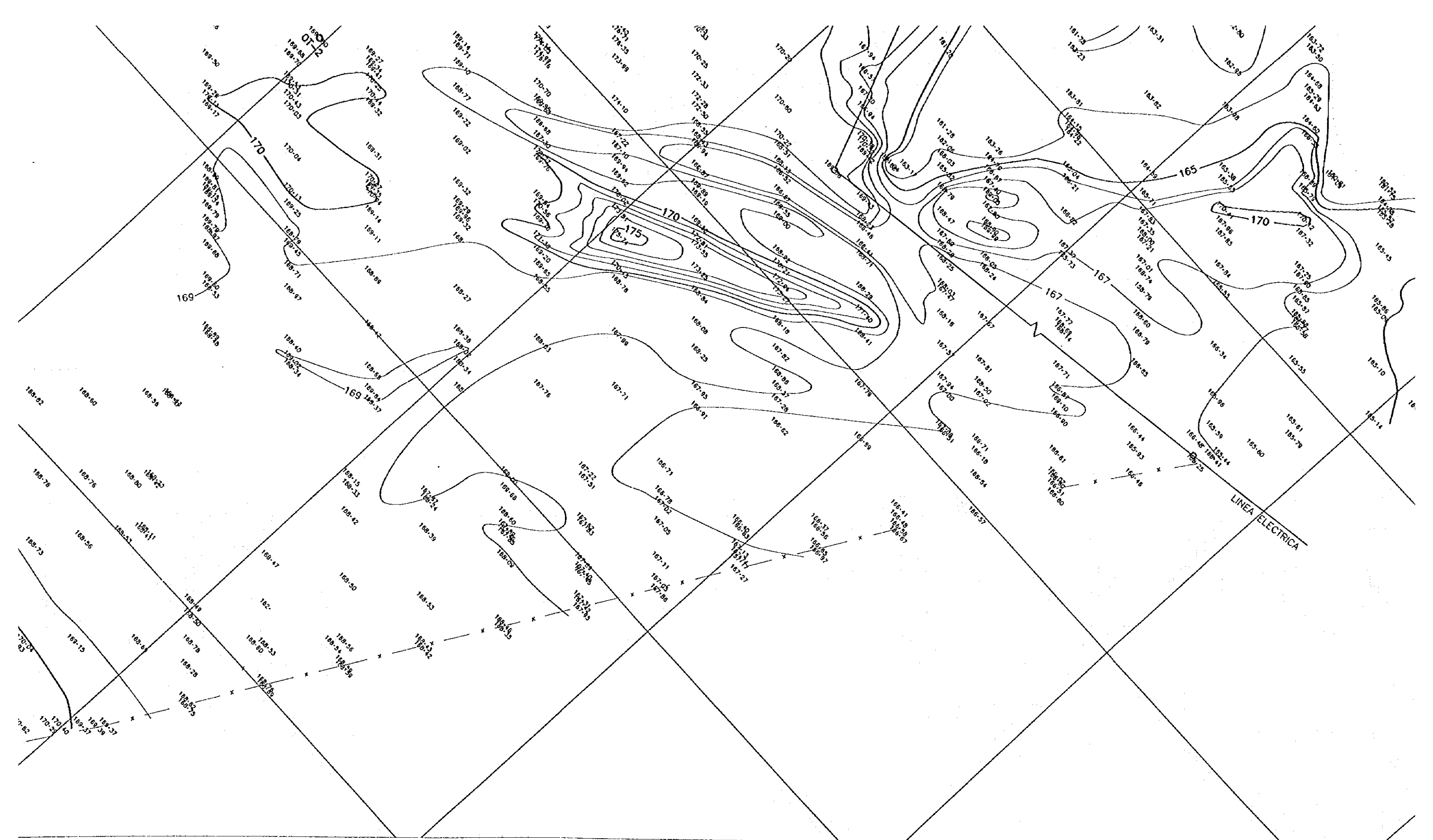
N 11201

RIO TUY

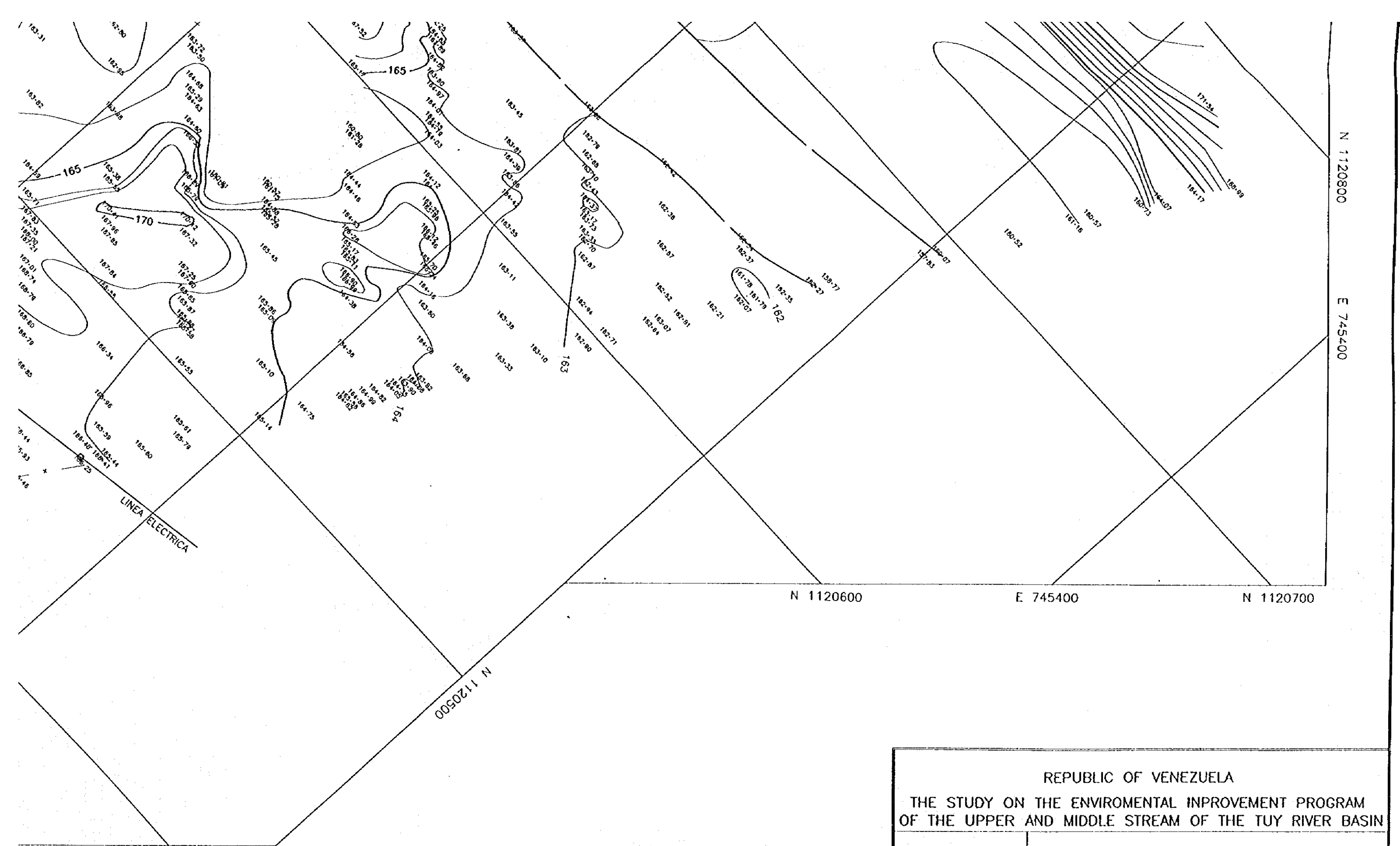
inundada de agua

21





0 N 1120200 E 745100 N 1120300 E 745200 N 1120400 E 745300



N 1120400 E 745300

PROYECCION MERCATOR TRANSVERSAL
 DATO HORIZONTAL: LA CANOA
 HUSO 19
 DATO VERTICAL: NIVEL MEDIO DEL MAR

REPUBLIC OF VENEZUELA	
THE STUDY ON THE ENVIROMENTAL IMPROVEMENT PROGRAM OF THE UPPER AND MIDDLE STREAM OF THE TUY RIVER BASIN	
ESCALA: 1 : 1000	TOPOGRAPHIC MAP
FECHA: ENERO 1997	PLANTA DE TRATAMIENTO OCUMARE DEL TUY
HOJA: 1/1	

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

1.2 Site for Sewage Treatment Plant in Las Tejerías

E 700800

E 700900

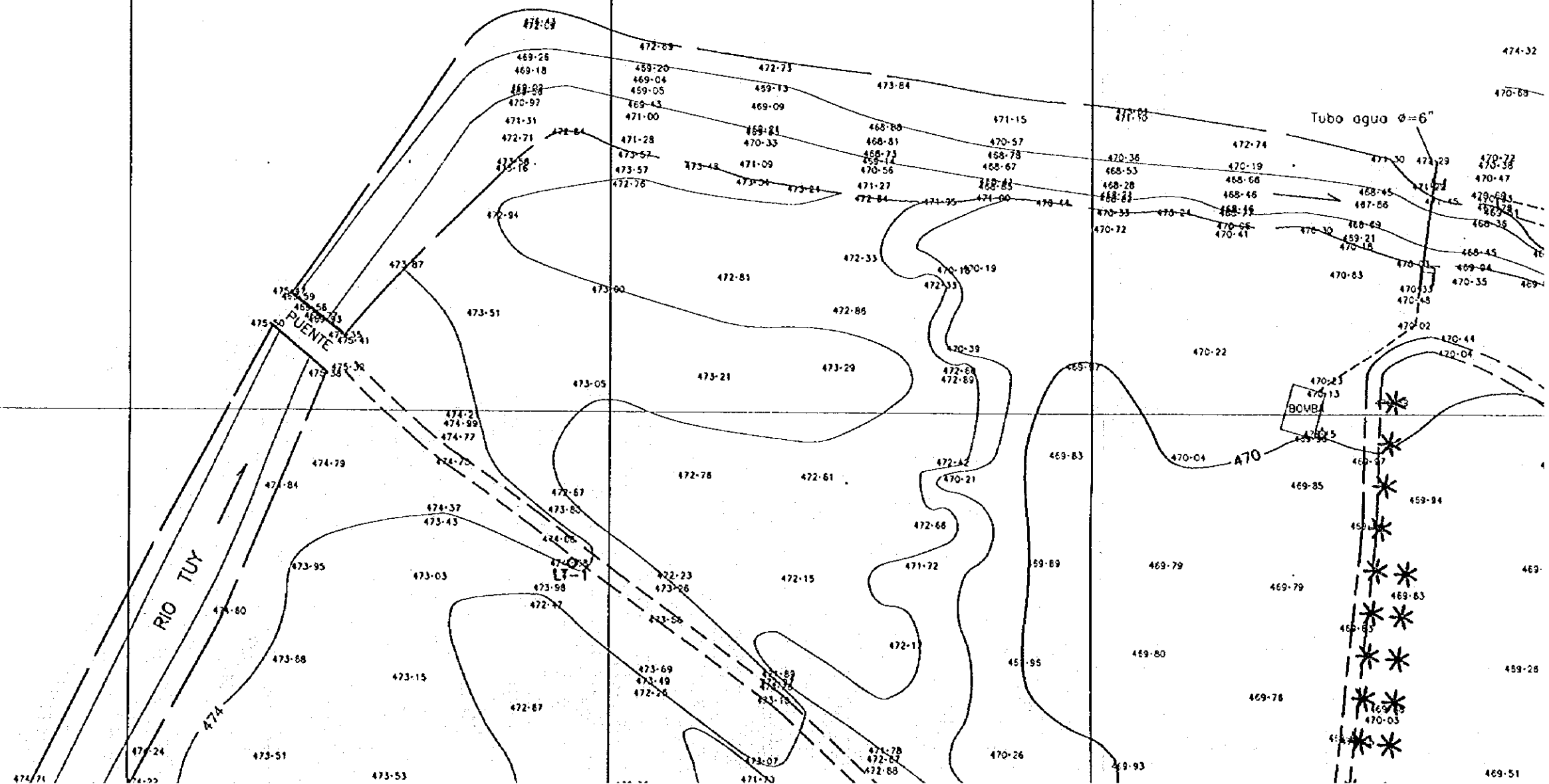
E 701000

E 701100

N 1134600

N 1134500

N 1134400

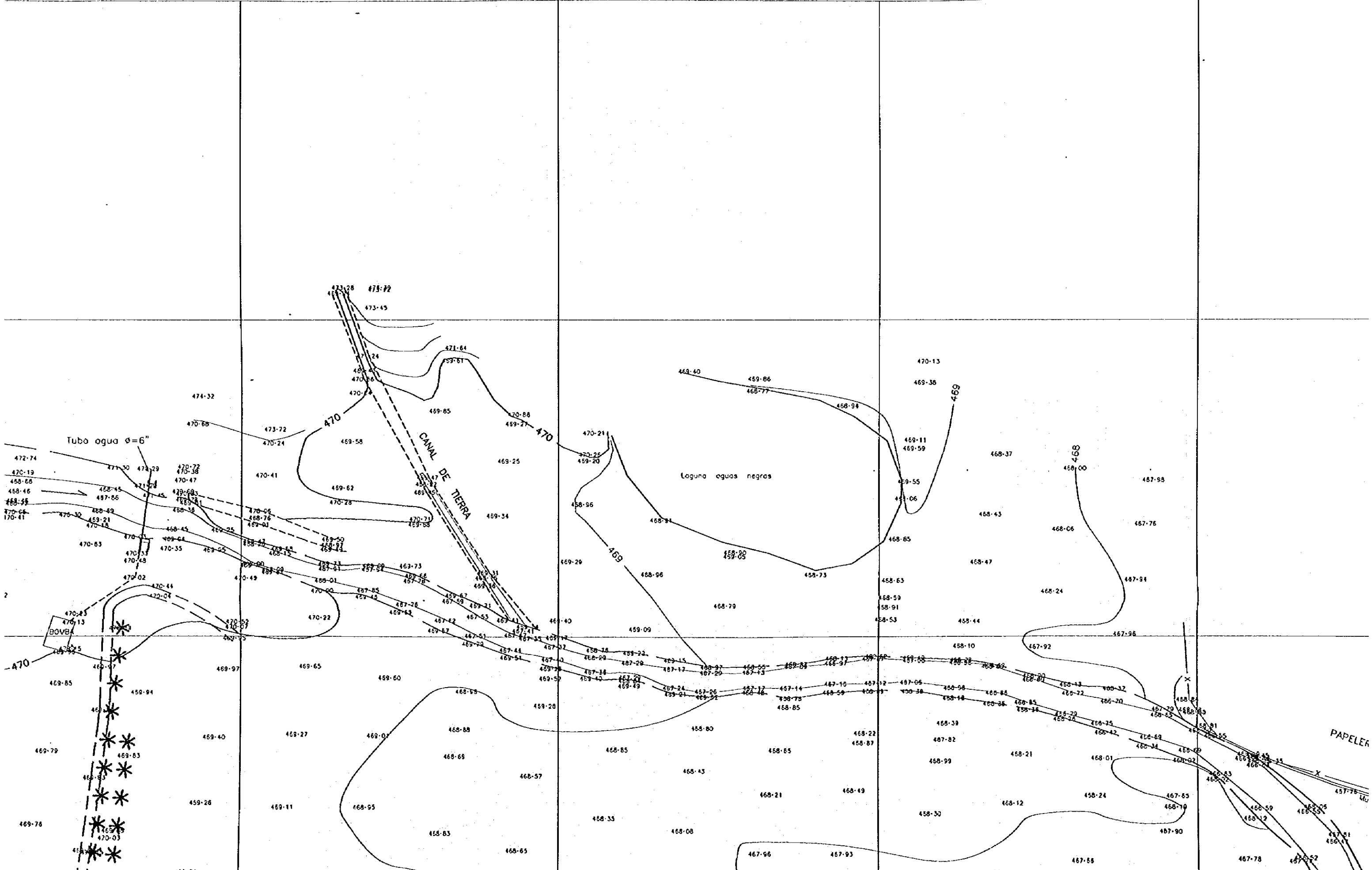


E 701200

E 701300

E 701400

E 701500



E 701500

E 701600

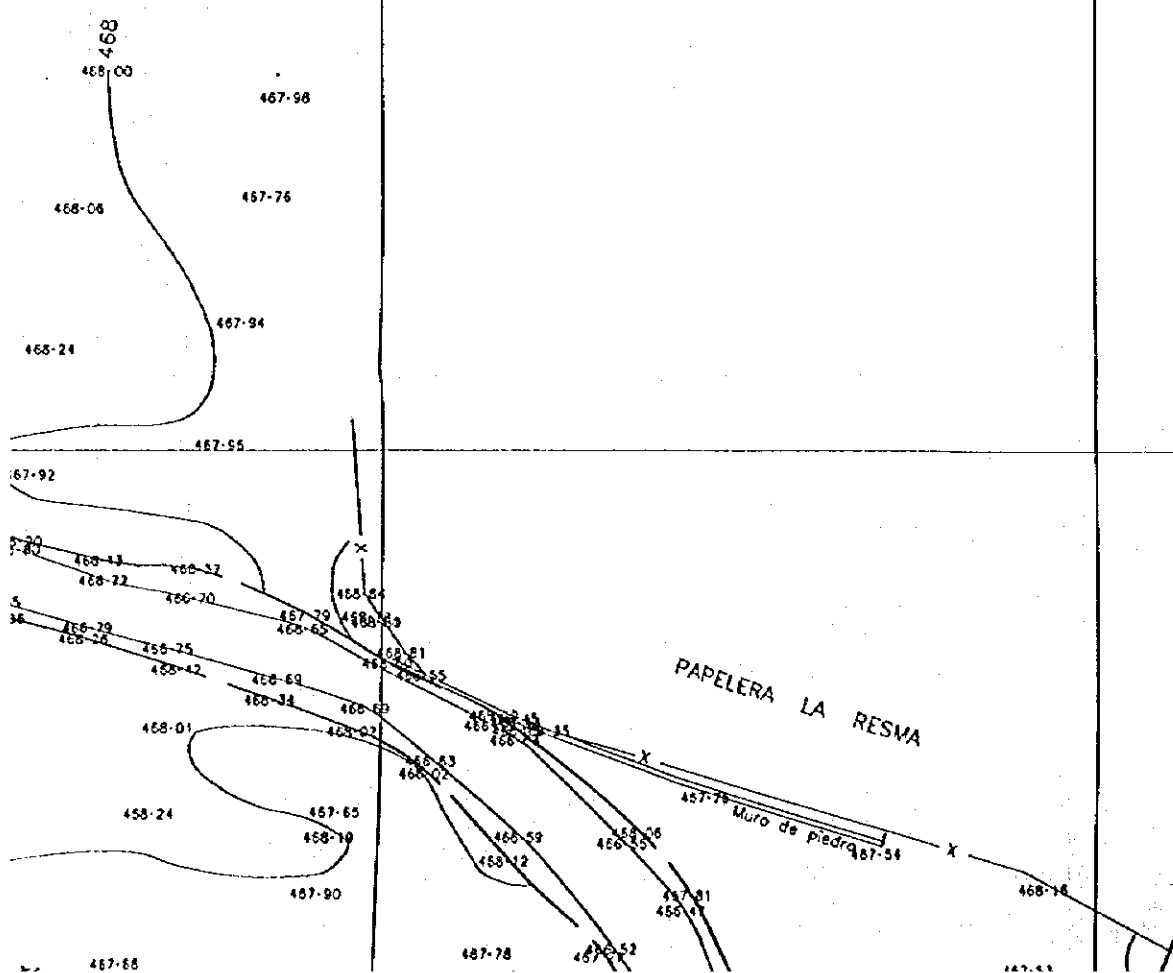
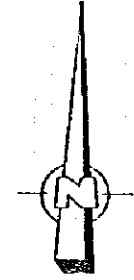
E 701700

E 701800

N 1134400

N 1134500

N 1134400



468-00
468-06
468-24
467-98
467-76
467-94
467-55
67-92
468-03
468-22
468-70
467-70
468-65
468-79
468-28
468-25
468-42
468-60
468-34
468-01
468-24
468-19
467-90
467-88

PAPELERA LA RESMA

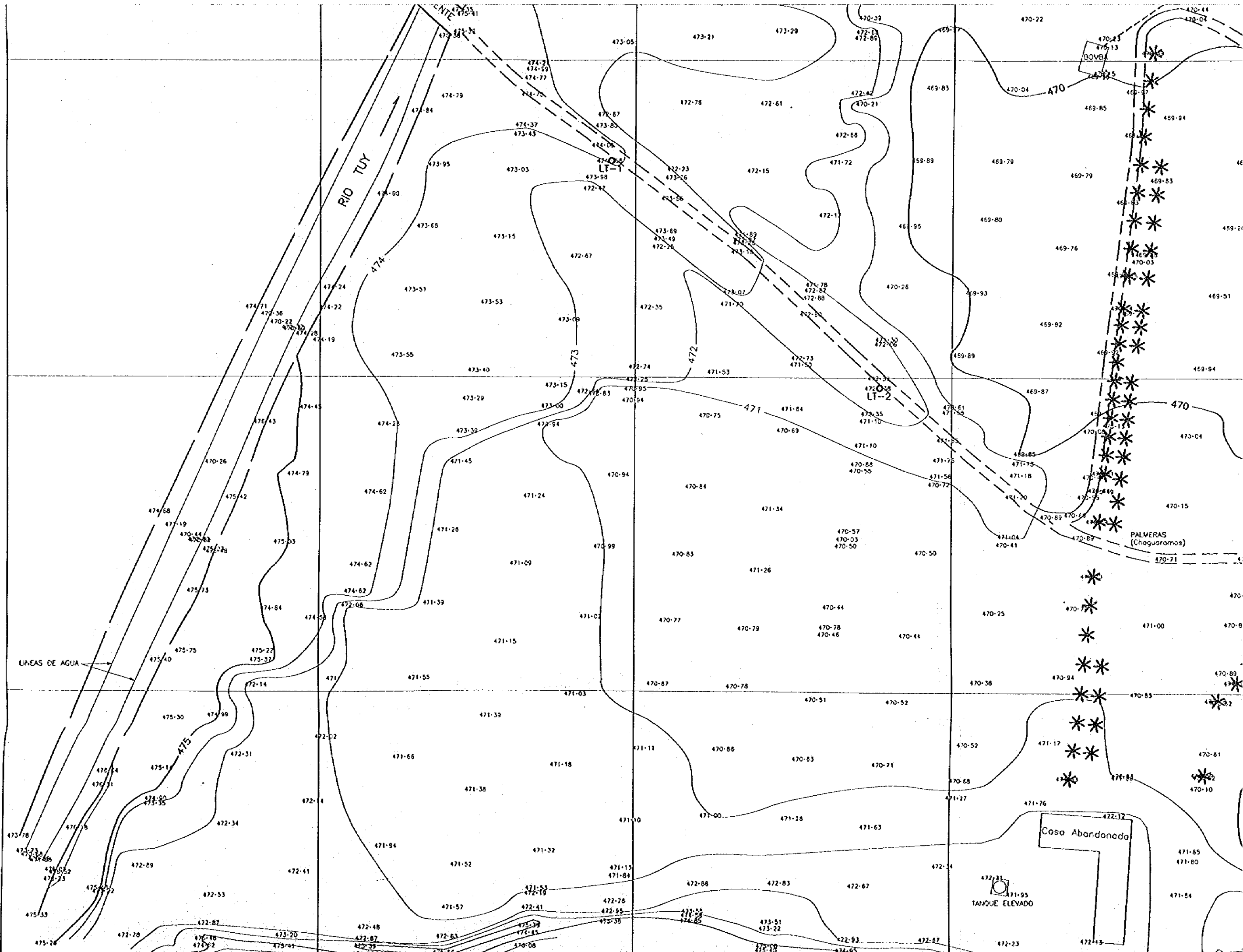
Muro de piedra

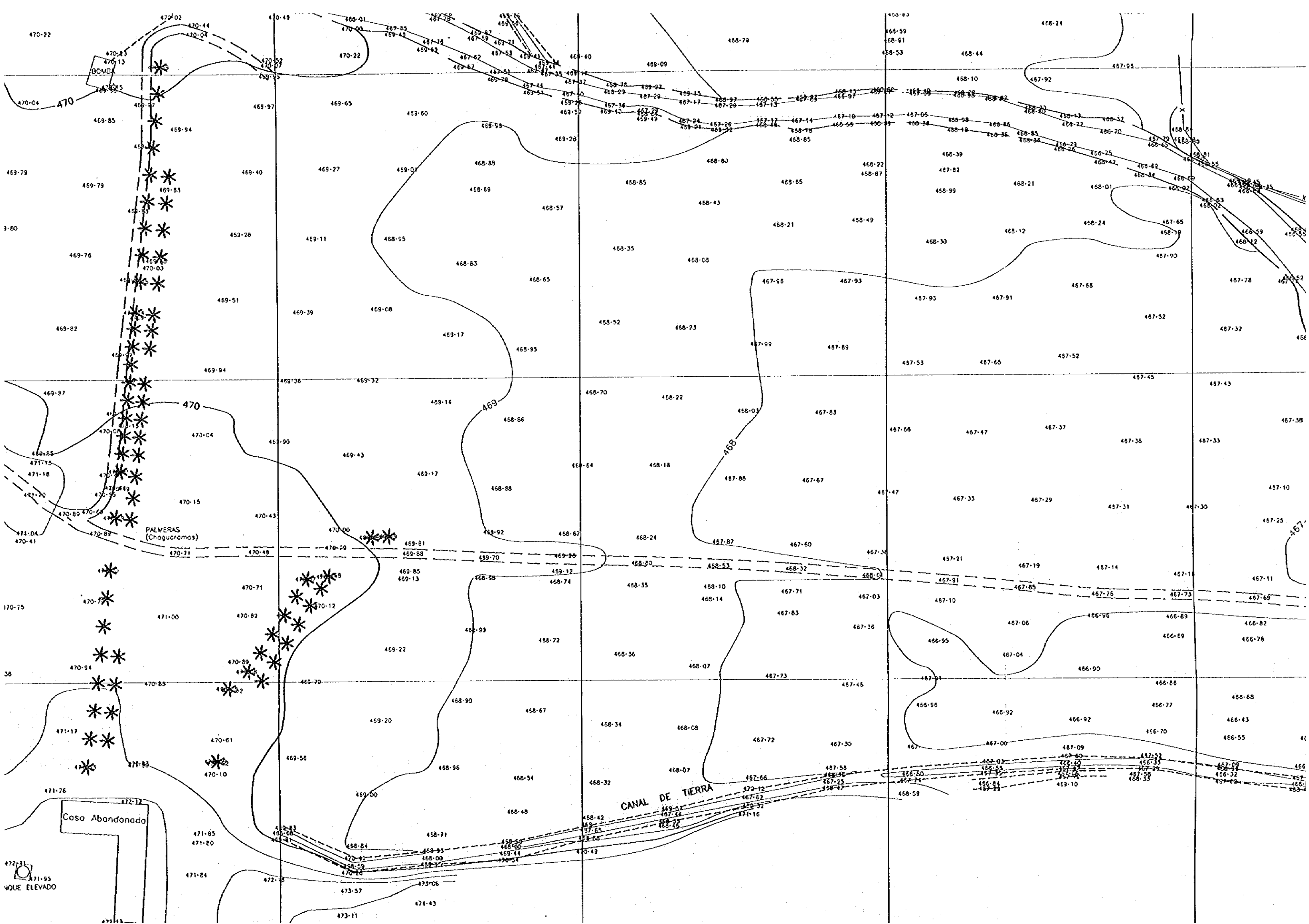
TRANS

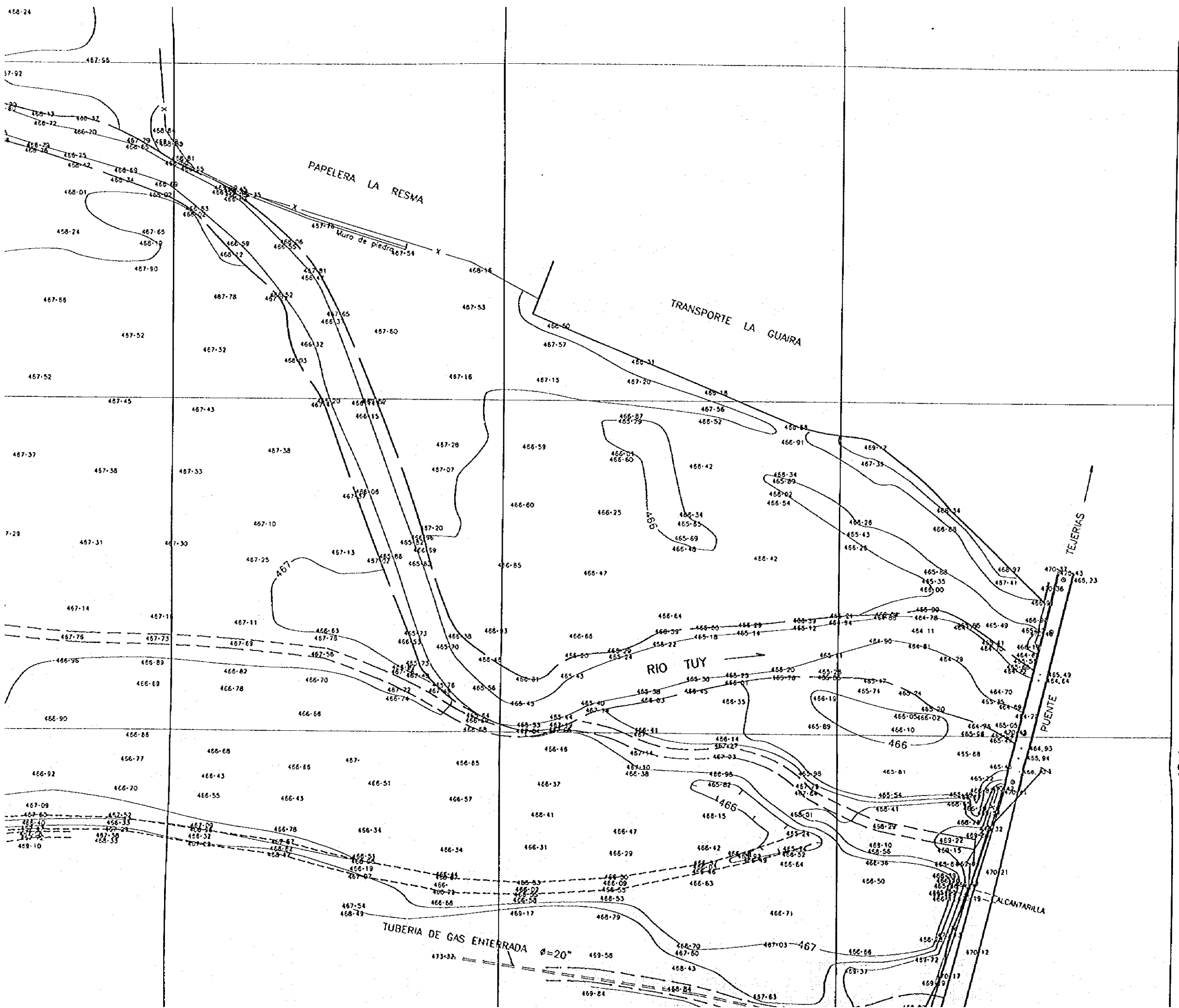
N 1134400

N 1134300

N 1134200



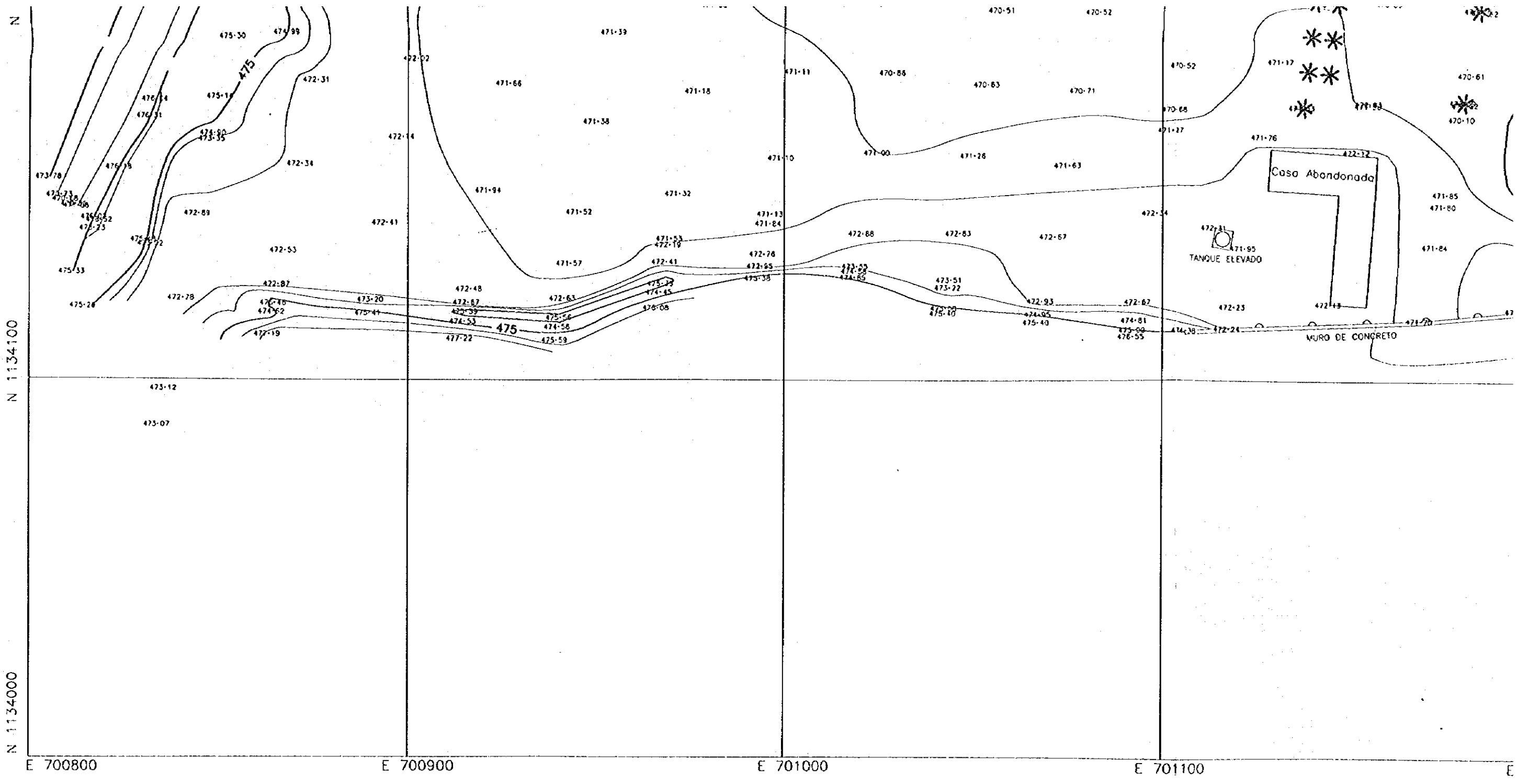


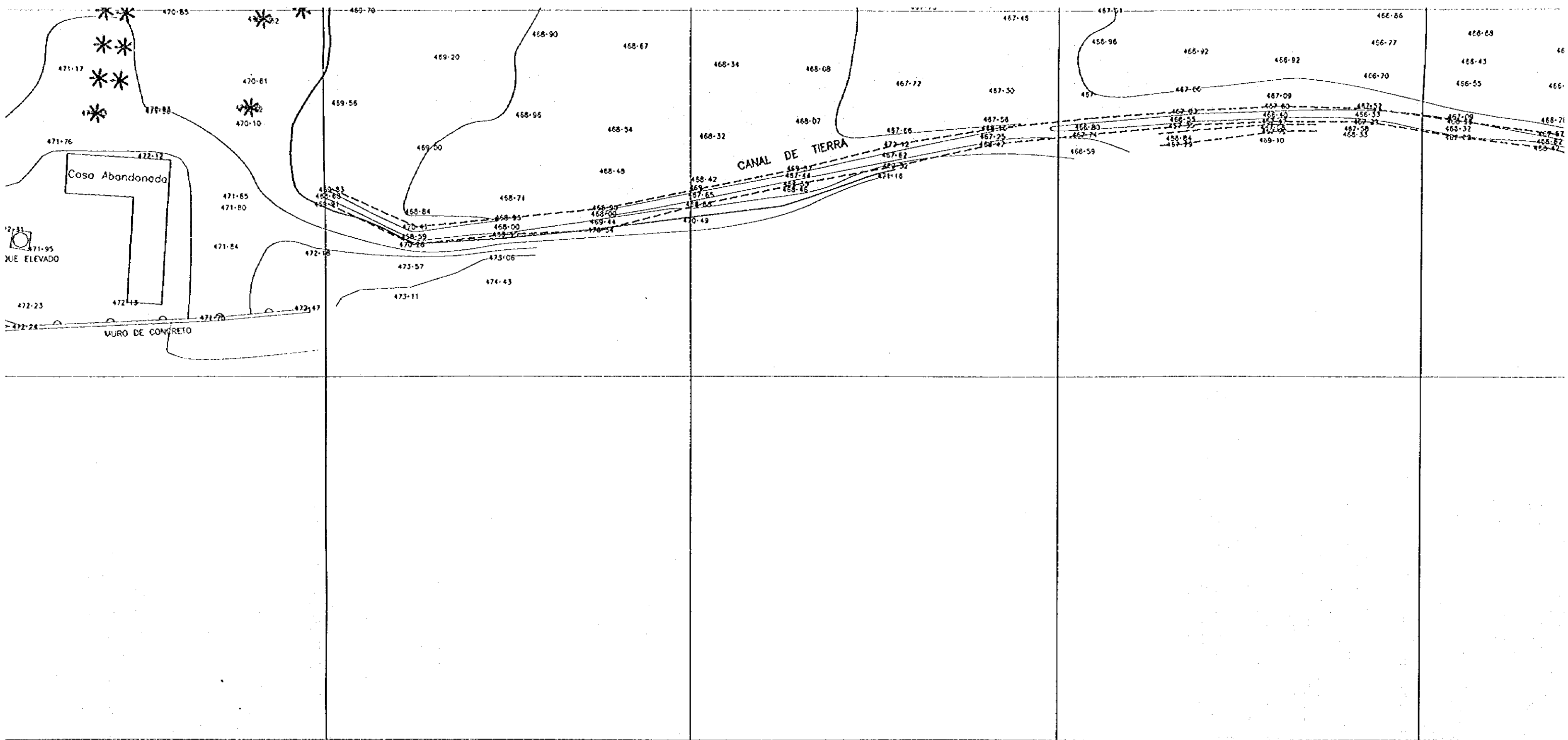


N 1134400

N 1134300

N 1134200



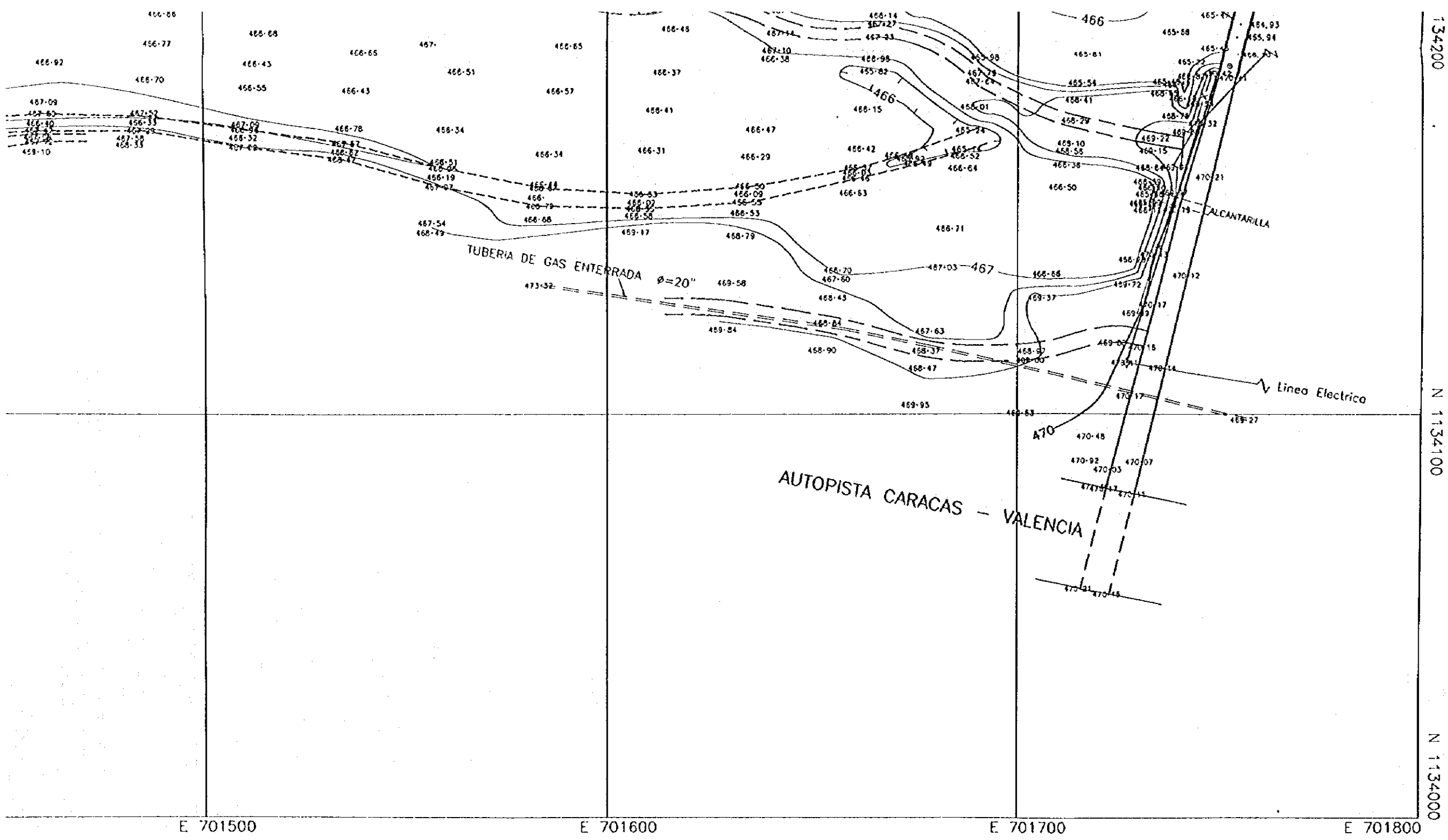


E 701200

E 701300

E 701400

E 701500



PROYECCION MERCATOR TRANSVERSAL
 DATO HORIZONTAL: LA CANOA
 HUSO 19
 DATO VERTICAL: NIVEL MEDIO DEL MAR

REPUBLIC OF VENEZUELA THE STUDY ON THE ENVIROMENTAL IMPROVEMENT PROGRAM OF THE UPPER AND MIDDLE STREAM OF THE TUY RIVER BASIN	
ESCALA: 1 : 1000 FECHA: ENERO 1997 HOJA: 1/1	TOPOGRAPHIC MAP PLANTA DE TRATAMIENTO LAS TEJERIAS
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)	

1.3 Site for Sand Settling Pond for Intake at Toma de Agua

E 749800

E 749900

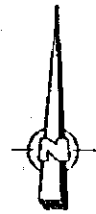
E 750000

E 750100

N 1130400

N 1130300

N 1130200



SECCION N°4

RIO TUY

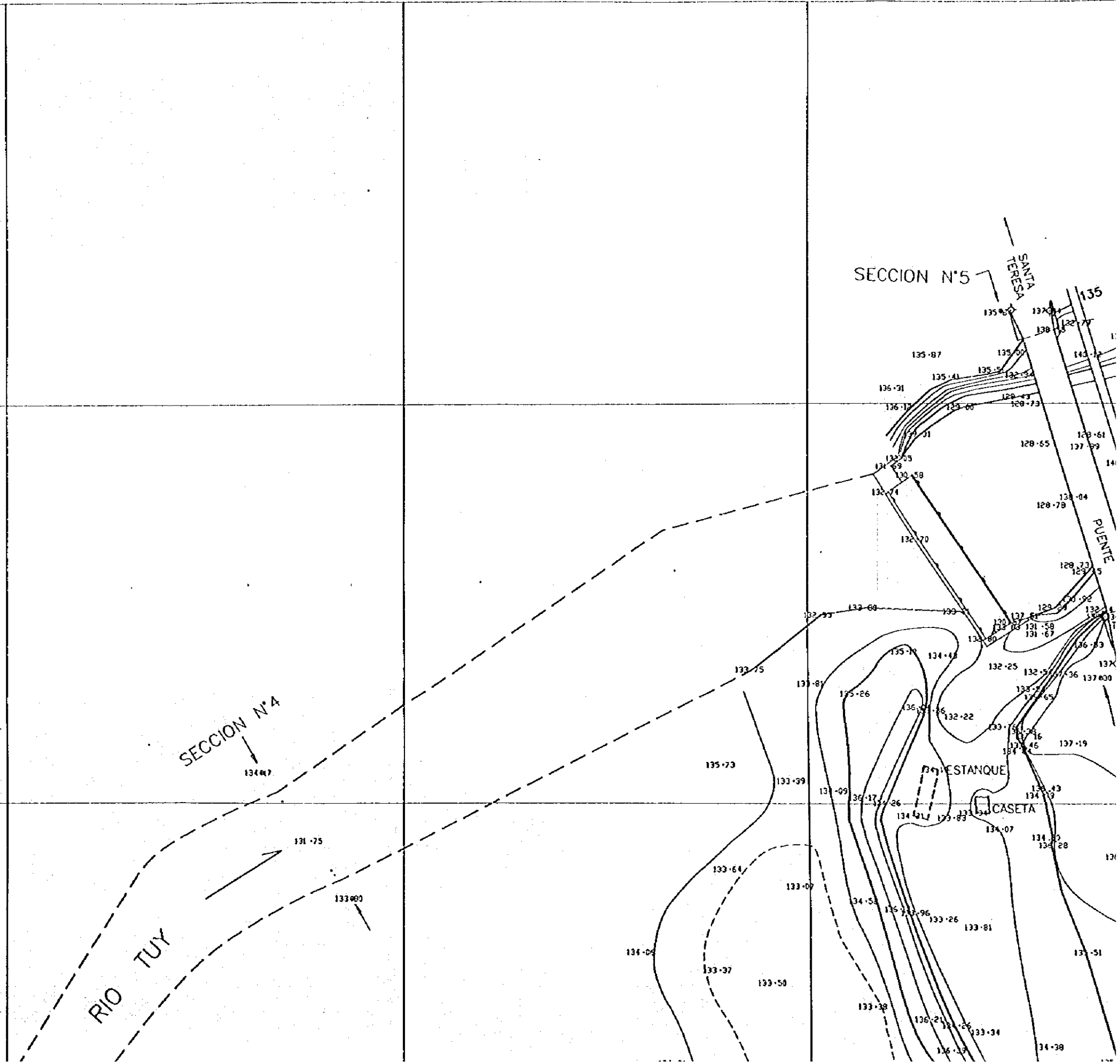
SECCION N°5

SANTA TERESA

ESTANQUE

CASETA

PUENTE



750000

E 750100

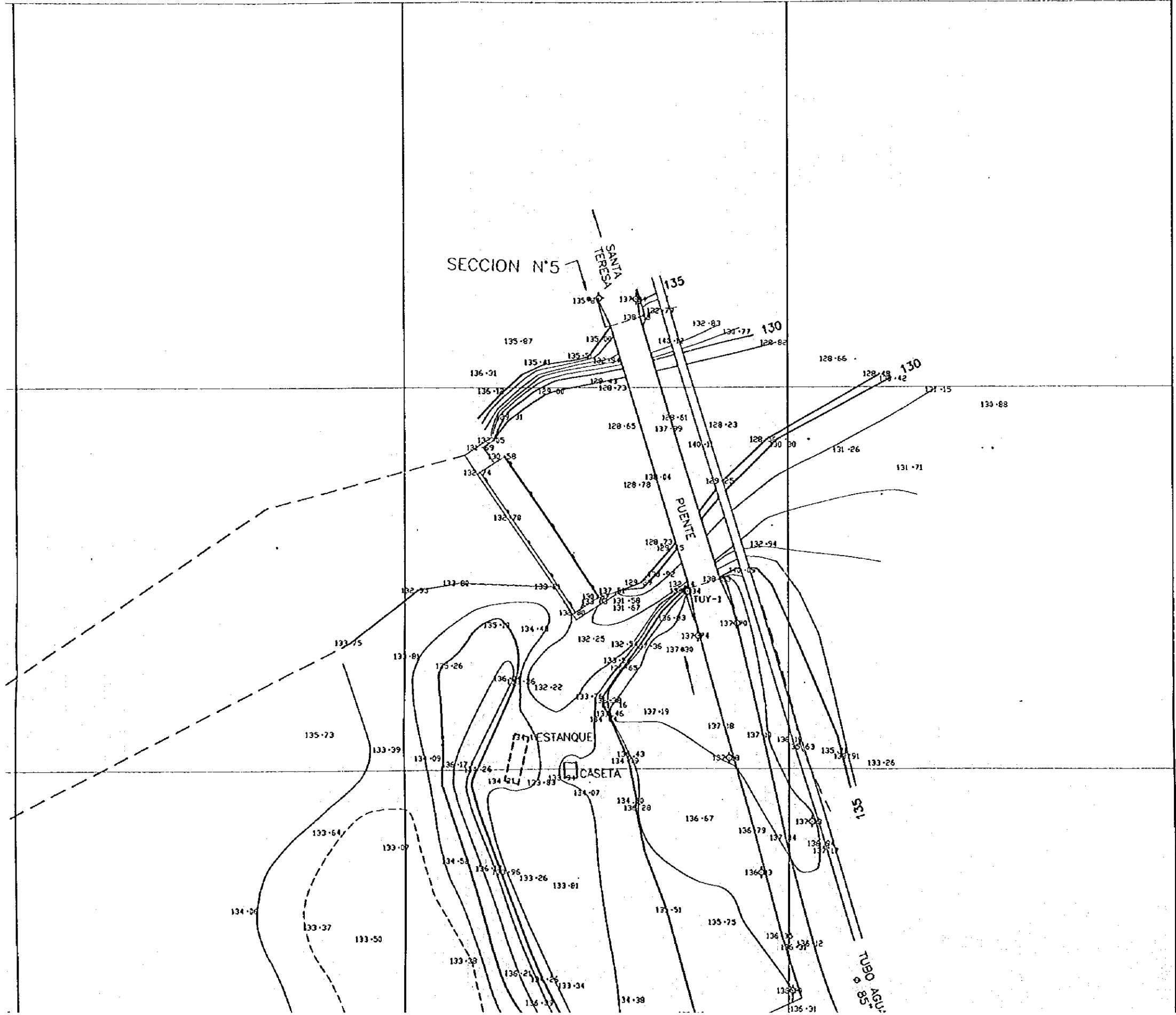
E 750200

E 750300

N 1130400

N 1130300

N 1130200



E 750300

N 1130400

N 1130300

N 1130200

N 1130200
N 1130100
N 1130000

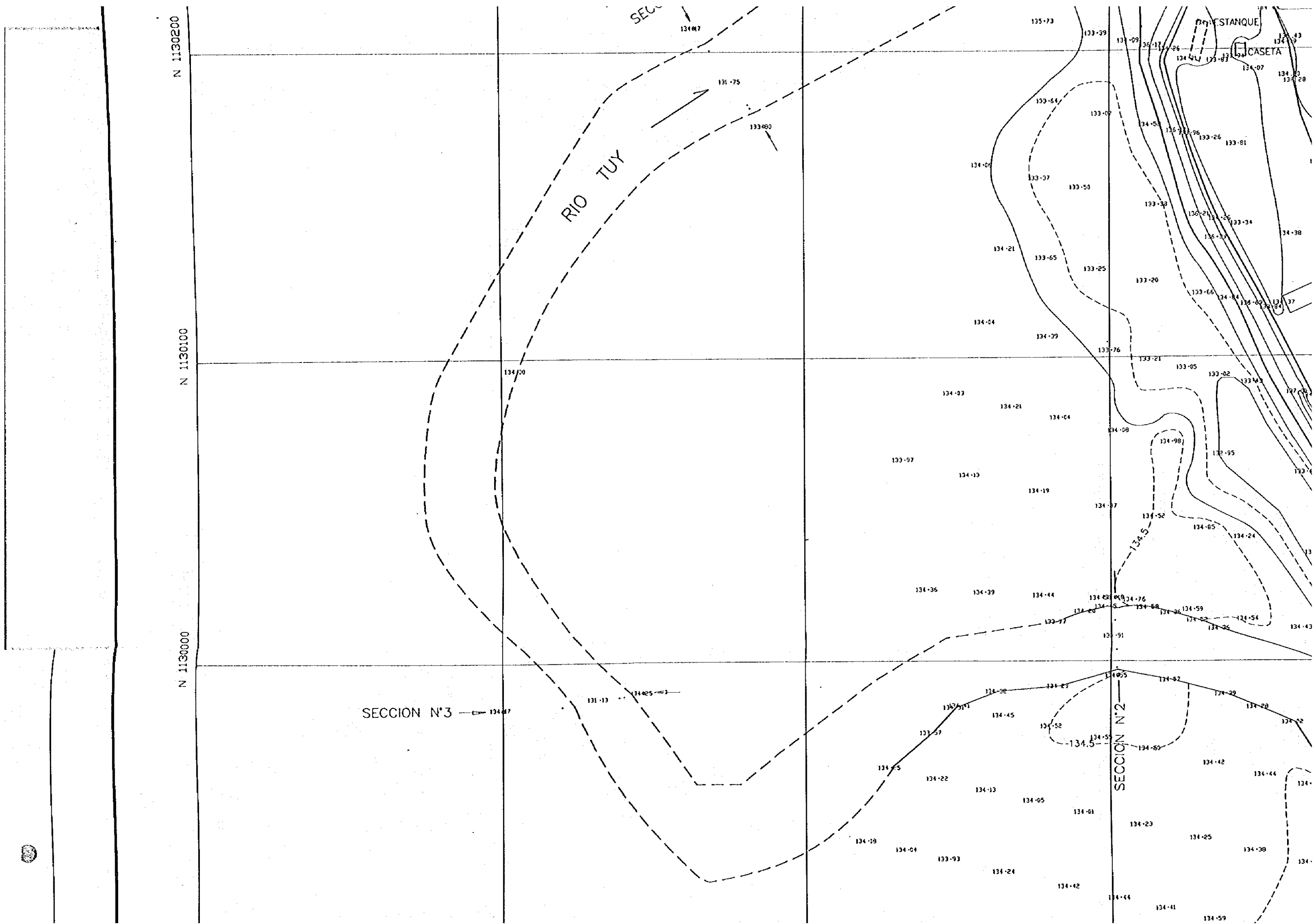
RIO TUY

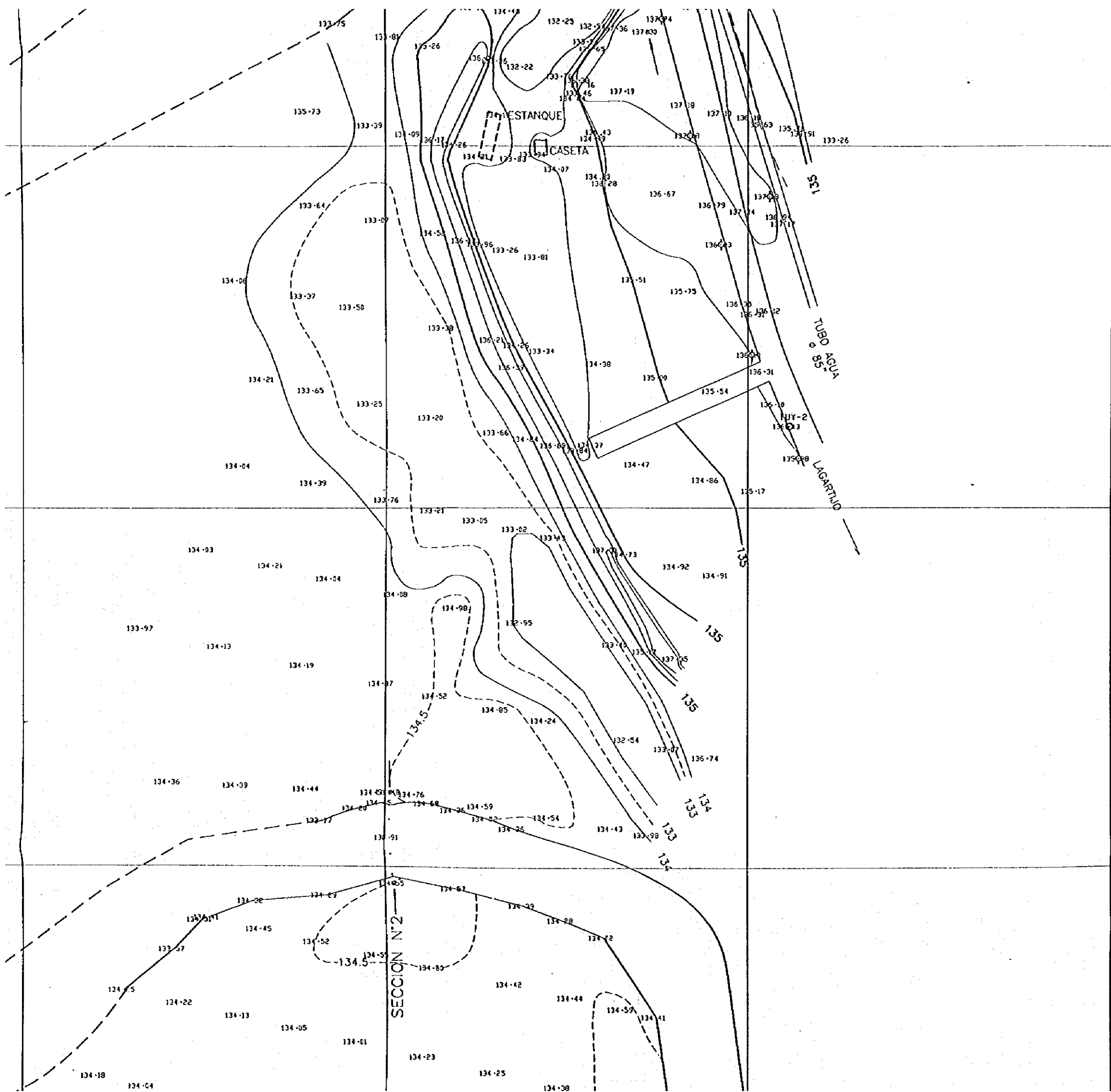
SECCION N°2

SECCION N°3

SECCION N°2

ESTANQUE
CASETA





N 1130200

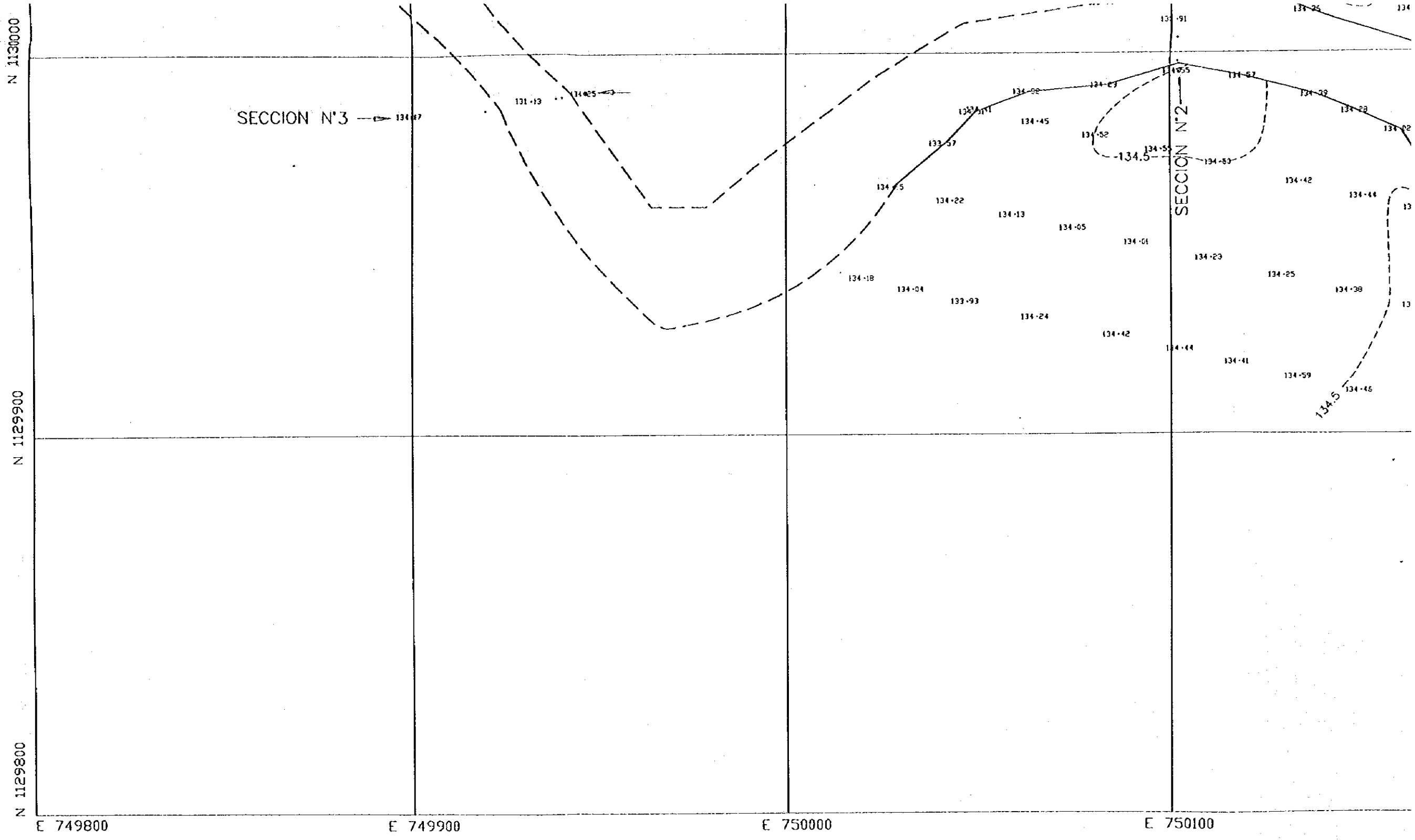
N 1130100

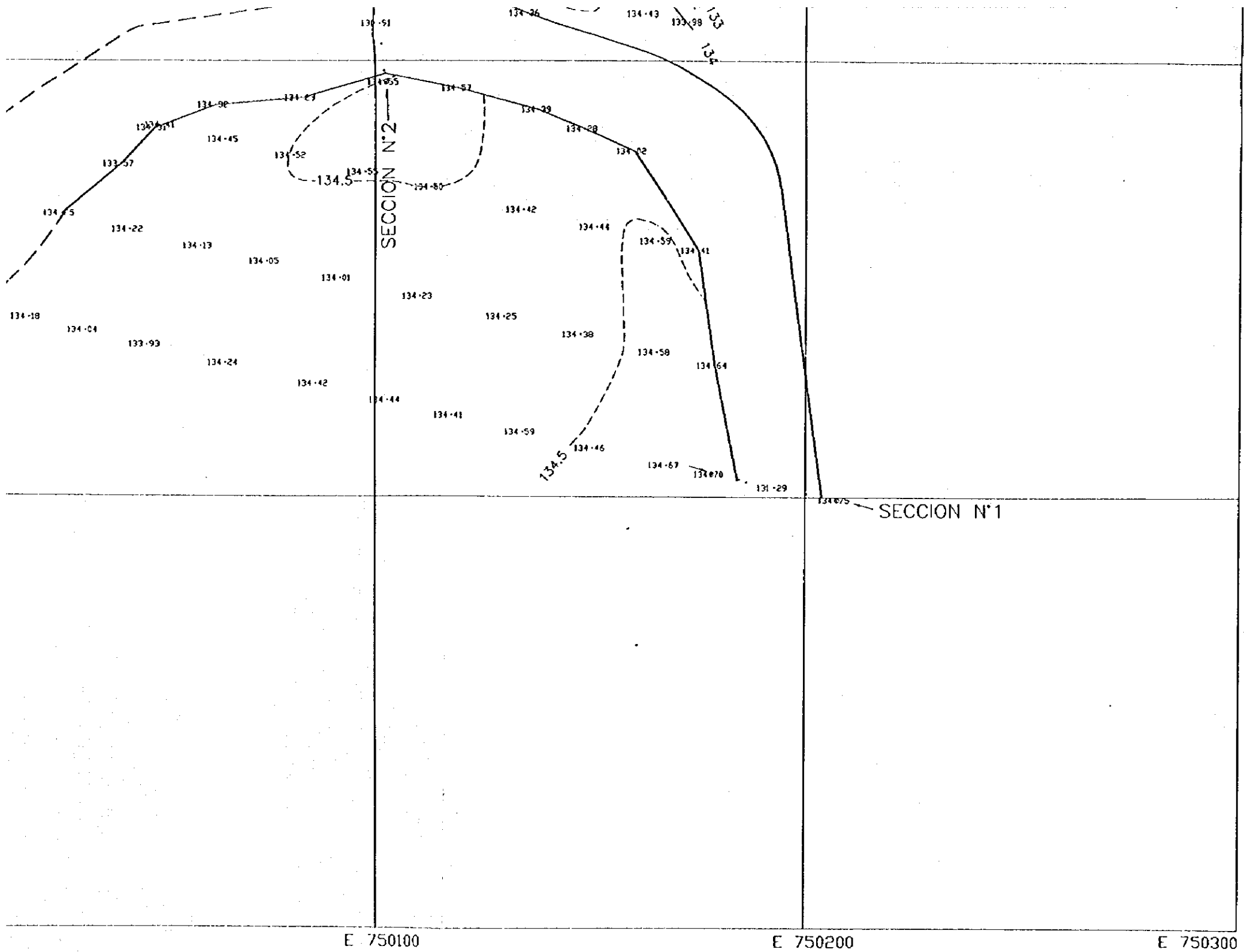
N 1130000

N 1130000

N 1130100

N 1130200





N 1130000

N 1129900

N 1129800

E 750300

PROYECCION MERCATOR TRANSVERSAL
DATO HORIZONTAL: LA CANOA
HUSO 19

REPUBLIC OF VENEZUELA
THE STUDY ON THE ENVIROMENTAL IMPROVEMENT PROGRAM
OF THE UPPER AND MIDDLE STREAM OF THE TUY RIVER BASIN

ESCALA: 1 : 1000

TOPOGRAPHIC MAP

FECHA: ENERO 1997

TOMA DE AGUA

HOJA: 1/1

SAN ANTONIO DE YARE

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY' (JICA)

2. GEOTECHNICAL SURVEY RESULTS

INFORME N° 9657

**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL PROGRAMA DE
MEJORAMIENTO AMBIENTAL DEL CAUCE
MEDIO Y SUPERIOR DEL RIO TUY.**

PARA: JICA, Japan International Cooperation Agency.

9657-1 PLANTA DE TRATAMIENTO EN OCUMARE DEL TUY

9651-2 PLANTA DE TRATAMIENTO EN LAS TEJERÍAS

9657-3 DESARENADOR EN SAN FRANCISCO DEL YARE

INGEOSOLUMI C.A.

Avenida Don Bosco · Quinta Urupagua · La Florida · Apartado No. 61.621 · Caracas 1060, Venezuela · Telfs.: 74.23.35 - 74.33.63

INFORME N° 9657-1

**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS NEGRAS EN OCUMARE DEL TUY
COMO PARTE DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO
AMBIENTAL DEL CAUCE DEL RÍO TUY.**

PARA: Japan International Cooperation Agency.

INFORME N° 9657-1

Caracas, 18 de febrero de 1997

Estudio Geotécnico en Ocumare del Tuy para
Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy.
PARA: JICA**ÍNDICE**

	Pág. N°
1.- CONTENIDO.	1
2.- PROYECTO.	1
3.- EXPLORACIÓN.	2
4.- RESULTADOS.	3
5.- ENSAYOS DE LABORATORIO.	4
6.- CONDICIONES DEL TERRENO.	4
7.- PROPIEDADES FISICO-MECANICAS.	6
8.- ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN SITIO.	7
9.- NIVEL FREÁTICO.	7
10.- CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS.	8
10.1 Movimiento de tierra.	8
10.2 Fundaciones.	9
10.3 Muros.	11
11.- RECOMENDACIONES.	14

Anexos: Treinta ocho (38) figuras.
Reporte fotográfico.

INFORME N° 9657-1

Caracas, 18 de febrero de 1997

Estudio Geotécnico en Ocumare del Tuy para
Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy.
PARA: JICA

Pág. 1 de 15

INFORME N° 9657-1

**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
NEGRAS EN OCUMARE DEL TUY COMO PARTE DEL PROGRAMA DE
MEJORAMIENTO AMBIENTAL DEL CAUCE DEL RÍO TUY****PARA: Japan International Cooperation Agency****1.- CONTENIDO.**

El presente Informe contiene el Estudio Geotécnico realizado para una Planta de Tratamiento de aguas negras a ser construida en Ocumare del Tuy, como parte del programa de mejoramiento del cauce medio y superior del Río Tuy, que realiza JICA, Japan International Cooperation Agency, para el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Se presenta una descripción de los sitios explorados, los resultados de la exploración realizada con perforaciones y calicatas, las pruebas de campo, las condiciones generales del subsuelo encontradas, las soluciones de fundación, movimientos de tierra y las recomendaciones para el diseño de fundaciones, todo ello a título preliminar, debido a que el Programa se encuentra en la etapa de ingeniería conceptual.

Este Estudio se ejecutó para JICA, de acuerdo con la solicitud del Arq° Héctor BRACHO de ECODIPLA Consultores, C.A. y según nuestra oferta de fecha 25 de noviembre de 1996.

2.- PROYECTO.

Se proyecta construir en un terreno sensiblemente plano con zonas onduladas cercanas al Río Tuy, de aproximadamente 50 hectáreas, una Planta de Tratamiento que constará básicamente de las siguientes características: dos piscinas de maduración, un aireador, un separador de sólidos, un depósito de lodos y un sistema de bombas sumergidas colocadas en un sótano estanco de 10 X 10 m de planta y 3,0 m bajo el nivel de agua, el cual será alimentado por un canal colocado a 5,0 m bajo la rasante del terreno. Además se proyecta la construcción de un filtro de percolado o escurrimiento de 30 m de diámetro y de 2,5 m de alto, la estructura será de concreto armado convencional, tendrá paredes de 0,30 m de ancho, fondo enterrado de 0,50 m y una tapa metálica tipo pérgola, el material granular que se

utilizará para rellenar el filtro de percolado será de aproximadamente 2,0 t/m³ y transmitirá una carga al subsuelo de 5 t/m².

Para facilitar la identificación de los planos, figuras, perforaciones y ensayos realizados en Ocumare del Tuy, los anexos se identifican por la letra "O" alusivos al sitio. En el plano anexo de la figura N° O-1, se muestra la planta del terreno.

Debido a que el proyecto se encuentra en Ingeniería conceptual no se tiene la ubicación ni las dimensiones exactas de las diferentes estructuras de la planta de tratamiento ni el nivel de la rasante final.

3.- EXPLORACIÓN.

Para la investigación del terreno se ejecutaron un total de cuatro (4) perforaciones, dos (2) de 15 m de profundidad y dos (2) de 5 m y se excavó una (1) calicata; a continuación se presenta un resumen de la exploración realizada:

Exploración N°	Profundidad m	Cota m	Coordenadas	
			Norte	Este
PO-1	15,0 m	169,58	1.120.487	744.574
PO-2	15,0 m	164,02	1.120.599	744.812
PO-3	5,0 m	169,05	1.120.419	744.922
PO-4	5,0 m	169,11	1.120.261	744.807
Cal-O-1	3,0 m	169,91	1.120.420	744.915

La ubicación de los puntos explorados se muestra en la figura citada N° O-1, tomado del plano topográfico suministrado por ECODIPLA Consultores, S. A. y realizado por CARTOGRÁFICA MERCATOR, S.A.

Se realizaron además perforaciones cortas de 3,0 m de profundidad donde se ejecutaron ensayos de permeabilidad in situ. En la calicata se tomaron (cuando las características del material lo permitieron), muestras imperturbadas a cada

metro, tipo monolito, cuando no fue posible tomar los monolitos, se realizaron ensayos de densidad en sitio y toma de muestras perturbadas en el metro de profundidad correspondiente.

Las perforaciones se hicieron con avance por percusión y lavado, utilizando forro de 64 mm. de diámetro; se obtuvieron muestras a cada metro de profundidad con "cuchara partida" de 50,8 mm. Durante las tomas de muestras se realizaron Pruebas de Penetración normal SPT, el cual consiste en utilizar la energía que produce dejar caer un martillo de 63.5 Kg de peso, con caída libre de 76 cm; el valor de penetración SPT es el número de golpes necesarios para lograr penetrar 30 cm el muestreador (ASTM N° D 1586-84). Las calicatas se realizaron excavadas a mano o con máquina excavadora, con dimensiones mínimas de 2,0 X 2,0 m y hasta una profundidad de 3,00 m.

4.- RESULTADOS.

Los resultados de las perforaciones se dan en las figuras N° O-3 a O-6 anexas. En estas se indica lo siguiente:

Perforaciones

Número y profundidad de las muestras;

Identificación de los estratos y descripción del suelo;

Columna con símbolos litológicos;

Valores y gráficos de las pruebas de penetración SPT;

Laboratorio

Gráficos del contenido de humedad natural de las muestras;

Valores y gráficos de barras de la distribución granulométrica;

Valores y gráficos de barras del límite de consistencia;

Valores de peso unitario seco;

Valores de compresión sin confinar;

Peso específico de las partículas sólidas.

El resultado de la descripción de la fosa se reporta en la hoja N° O-7, y los ensayos de laboratorio correspondientes en las hojas N° O-26 a O-34 anexas.

5.- ENSAYOS DE LABORATORIO

A las muestras procedentes de las perforaciones y las fosas se le practicaron los ensayos de laboratorio según las normas ASTM y siguiendo las especificaciones del grupo consultor de JICA, quienes exigieron ensayos de gravedad específica a prácticamente todas las muestras.

En la tabla siguiente se resume la cantidad de ensayos realizados en el laboratorio:

<u>Ensayos</u>	<u>Cantidad</u>
Identificación visual	52
Humedad natural	52
Granulometría por tamizado	20
Granulometría con hidrómetro	32
Límite de consistencia	27
Peso unitario seco	25
Peso específico	50
Compresión sin confinamiento	14
Compactación modificada	1
Compresión Triaxial CIU	5
Compresión Triaxial UU	4
Corte directo	1
Expansión	2

6.- CONDICIONES DEL TERRENO.

Del reconocimiento del sitio, de la inspección de las muestras y de los resultados de las perforaciones se deduce que el subsuelo explorado está formado por la secuencia litológica, que se reporta en los cuatro gráficos de perforación anexos (N° O-3 a O-6) y que se resume en las columnas estratigráficas de la figura N° O-2 que se describen a continuación:

Durante el recorrido del terreno se observaron abundantes montículos de escombros y basura, y zonas inundadas con aguas negras en el área de PO-4.

En las perforaciones PO-3, PO-4 y en la Cal-O-1, y con un espesor de 1,50 m aproximadamente, se encuentra un relleno formado por grava areno-limosa con abundante peñones, medianamente densa, calcárea, seguida sólo en PO-4 de

una arcilla limosa dura de mediana plasticidad, de color marrón oscuro y marrón amarillento, de clasificación SUCS como GM y CL.

Inicialmente y hasta 2,50 y 3,80 en las perforaciones PO-1 y PO-2, y con espesores de 2,00 y 3,50 en PO-3 y PO-4 respectivamente, se presenta una arcilla limosa, de consistencia media a tiesa, de alta y mediana plasticidad, sedimentaria, con ocasionales vetas de arena fina limosa, de color marrón oscuro y negro, clasificable según el SUCS como CL-CH.

Seguidamente en la perforación PO-3 y hasta los 5,0 m se presenta una arena fina a media limosa medianamente densa, con un promedio de $N_{SPT}=13$ golpes, de color marrón y gris. (SM)

A continuación, en las perforaciones PO-1 y PO-2, y hasta los 5,5 y 7,5 m de profundidad respectivamente se presenta una arena fina a media limosa y poco limosa con variable contenido de grava, con N_{SPT} variable entre 9 y 26 golpes, medianamente densa, aluvial, calcárea, cuarzosa, de color marrón y gris amarillento. (SM)

Luego hasta 9,50 m en PO-1 y 10,50 en PO-2, se encuentra una arcilla limosa, tiesa, de mediana y alta plasticidad, sedimentaria, calcárea, con vetas oxidadas y presencia de materia orgánica, muy arenosa a partir de 8,5 m, de color gris verdoso. (CL-CH)

A continuación y hasta 12,5 m en PO-1 y hasta 11,5 m en PO-2 se encuentra una arena algo limosa, aluvial, medianamente densa, áspera, cuarzosa, de color gris verdoso. (SM-SP)

Finalmente y hasta los 15,0 m de profundidad se encuentra, en la perforación PO-1 una arcilla limosa, tiesa, de mediana plasticidad, con bolsitas de arena fina, de color gris verdoso, en la perforación PO-2 se presenta una arena fina a gruesa muy arcilla, muy densa, con abundante contenido de grava, de color marrón amarillento, que se clasifican según el SUCS como CL y SC.

7.- PROPIEDADES FISICO-MECANICAS.

La resistencia de los suelos superficiales se establecieron por intermedio de ensayos de clasificación, densidad en sitio, expansión, corte directo, compresión triaxial y compactación. Los resultados de estos ensayos y las propiedades índices de los suelos analizados se resumen en la tabla siguiente:

Ensayos en Fosa N° PO-F-1	
Identificación visual, resumen de ensayos de clasificación, densidad en sitio y peso unitario:	Figura N° O-7
Curvas granulométricas, límites de consistencia y pesos específicos:	Figura N° O-26
Ensayos de expansión libre: Prof. 1,20 a 2,40 m. Expansión=0,9% Presión expansión 0,1 Kg/cm ²	Figura N° O-27
Ensayos de expansión libre: Prof. 2,40 a 3,00 m. Expansión=0,4% Presión expansión 0,1 Kg/cm ²	Figura N° O-28
Ensayo de corte directo: Prof. 1,20 a 2,40 m. Peso unitario seco: 1.789 Kg/m ³ $\phi = 28^\circ$	Figura N° O-29
Ensayo de compresión triaxial CIU Prof. 1,20 a 2,40 m. $\phi = 20,6^\circ$ c: 0,25 Kg/cm ²	Figura N° O-30
Ensayo de compresión triaxial CIU Prof. 2,40 a 3,00 m. $\phi = 28,6^\circ$ c: 0,0	Figura N° O-31
Ensayo de compresión triaxial UU Prof. 1,20 a 2,40 m. $\phi = 0^\circ$ c: 1,84 Kg/cm ²	Figura N° O-32
Ensayo de compresión triaxial UU Prof. 2,40 a 3,00 m. $\phi = 0^\circ$ c: 2,45 Kg/cm ²	Figura N° O-33
Ensayo de compactación modificado Prof. 0,00 a 1,20 m. Densidad máxima seca: 2.265 Kg/m ³ Humedad óptima: 6 %	Figura N° O-34

8.- ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN SITIO.

En perforaciones de $\varnothing 2 \frac{1}{2}$ " protegidas con forro hasta la profundidad de la prueba, se ejecutaron ensayos de permeabilidad en sitio, mediante packer inflable, con dos sellos, superior e inferior, o solamente el sello superior.

Los resultados se reportan en las figuras N° O-35 y O-36 y se resumen a continuación:

Perforación N°	Permeabilidad cm/seg
PO-3	$5,38 \times 10^{-6}$
PO-4	$8,21 \times 10^{-6}$

Los resultados corresponden con las características de los materiales presentes, en este caso, arcilla limosa.

9.- NIVEL FREÁTICO.

El nivel freático se midió por el procedimiento usual de achicar la perforación al final del día y medir la recuperación del nivel de agua en la mañana antes de iniciar la siguiente jornada de trabajo. Además, se instalaron piezómetros de 15 m en todas las perforaciones para realizar medidas diarias del nivel freático durante los dos días siguientes de haber finalizado la perforación.

En las tablas siguientes se presenta un resumen de la profundidad del nivel freático encontrado en cada uno de los sitios durante la exploración realizada:

Perforación N°	Prof. NF ml	Cota NF ml
P0-1	5,10	164,48
P0-2	3,00	161,02
P0-3	seco	-----
P0-4	0,80	168,31

10.- CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS.

Las consideraciones que siguen son a título preliminar, dada la distancia de las perforaciones entre sí en cada sitio y el nivel de ideas conceptuales con que se tratan las obras en proyecto. Una vez que se defina la ubicación definitiva es posible que sea necesario completar la exploración geotécnica para realizar en cada estructura consideraciones más precisas.

10.1 Movimiento de tierra.

El movimiento de tierra consistirá en lo siguiente:

Deforestación y limpieza.

La deforestación y limpieza del terreno en el área de la planta de tratamiento consistirá en la eliminación de los montículos de escombros y basura que se observan en el terreno y una deforestación alta y baja, además se deberá realizar la excavación de la capa vegetal en el área de las estructuras a construir.

Los materiales provenientes de la limpieza y la deforestación, debido a la abundancia de escombros que presentan, se consideran materiales de bote y no se deberán utilizar para relleno. Los espesores para la limpieza son variables; para efectos de estimación de costos puede utilizarse un espesor medio de 20 cm.

Excavaciones y Rellenos.

La presencia de relleno en los metros superiores, y las zonas inundadas, hace necesario mejorar la subrasante, por lo que se deberán excavar y recomprimir por lo menos 50 cm del material del sitio, lo que servirá de apoyo a la base granular y a las losas de concreto.

En las áreas inundadas se considera necesario preparar la superficie para el relleno colocando mallas tipo geogrid o geotextil, de manera de facilitar la construcción y evitar la invasión y contaminación del material de relleno.

Materiales de Préstamo.

Para el movimiento de tierra de conformación y mejoramiento del terreno se utilizarán materiales para rellenos estructurales, los que tendrán las características granulométricas y de resistencia que se indican en la figura N° O-37 anexa.

Compactación y Control de Rellenos.

Los materiales del sitio y de préstamo para el relleno estructural, se deberán compactar con rodillo liso vibratorio, también se podrían utilizar rodillos tipo "tamper". Los materiales para rellenos se colocarán a humedad óptima y a una densidad igual o mayor al 95% de la densidad máxima seca obtenida en el ensayo de Compactación Modificado. La compactación se hará en capas no mayores de 25 cm de espesor.

El control de la compactación de los materiales de relleno deberá consistir en la verificación de los materiales a colocar en el sitio, por medio de ensayos de granulometría, límites de consistencia y compactación modificada, con el fin de advertir cualquier cambio en el material y ajustar las condiciones del trabajo en sitio a estas variaciones. A los materiales compactados se les harán determinaciones de densidad en sitio de cada capa compactada, con una frecuencia de una densidad por cada 100 m²/capa.

10.2 Fundaciones.

Dada la presencia de materiales cohesivos, la sobrecarga debida al relleno y a la magnitud de las cargas de la Planta de Tratamiento, se plantea el siguiente tipo de fundación:

Fundaciones superficiales.

Dada las características de los materiales superficiales, como son la arcilla limosa tiesa y dura, se puede recurrir al uso de fundaciones superficiales, los cimientos se deberán diseñar para transmitir al suelo una carga máxima de

10 ton/m², y se deberán empotrar en el terreno a una profundidad tal que asegure una penetración de 1,0 m en el terreno natural.

Fundaciones sobre placa corrida.

Se puede considerar además fundar sobre una placa corrida con un nervio perimetral, apoyada directamente sobre el terreno compactado, en la rasante definitiva del terreno.

Como se trata de un suelo de origen sedimentario y aluvial, se determinó el módulo de reacción o coeficiente de balasto unitario, para la condición de material compactado; según Terzaghi será de $k_{s1} = 1,4 \text{ kg/cm}^3$, referido a un plato cuadrado de 30 x 30 cm., por lo cual se deberá corregir para las dimensiones reales de la fundación,

En el caso de una losa de fundación se corregirá de la siguiente manera:

$$k_s = \frac{k_{s1} \times F_s}{F_D \times F_{DG}} \left(\frac{B+1}{2B} \right)$$

donde

F_s =Factor de forma.

F_D =Factor de profundidad.

F_{DG} =Factor de profundidad en suelos granulares.

k_{s1} =Coeficiente de reacción unitario.

B =Ancho de la placa.

L =Largo de la placa.

D =Profundidad de la placa.

Estos factores se determinan mediante los gráficos de la figura O-38.

En el caso de las estructuras sumergidas, como es el sistema de bombeo, donde se proyecta construir un sótano de 10,0 X 10,0 m, con un área estanca, donde se colocarán las bombas, se deberá tomar en cuenta la necesidad de achicar la excavación durante la construcción, ^{además} se debe considerar el efecto de la subpresión que alcanzará hasta 3,0 t/m² y producirá sobre esta estructura un efecto de flotación. Se prevé la excavación a cielo abierto a todo lo largo y ancho, la cual será soportada por muros colados

10.3 Muros.

La excavación consiste en la construcción de un muro colado, soportado por codales, que servirá de elemento de sostenimiento temporal; luego se construirá la estructura del sótano.

Muro Colado Durante la Excavación.

Este tipo de estructura puede considerarse como un elemento semi-rígido, el cual, en los tramos superiores en voladizo, puede aportar una resistencia estructural de consideración a costa de pequeñas deformaciones; de igual forma, en los tramos intermedios entre elementos de soporte (filas de codales), la rigidez del muro contribuirá a que las deformaciones tiendan a ser mucho menores.

En consecuencia, los empujes de tierra serán más semejantes a la condición de reposo, mientras se mantengan las restricciones de movimiento que impone la mayor rigidez del muro colado y las fuerzas de soporte deducidas sobre la base de este concepto. Así, los desplazamientos en el borde del muro serán menores a los esperados para un muro flexible, siendo del orden de:

$$\delta_{h,m\acute{a}x} = 0,2 \text{ a } 0,5 \% H$$

donde

H= Máxima profundidad de la excavación.

El esfuerzo horizontal sobre el muro, en un suelo de estas características, puede ser estimado para un diagrama de presiones rectangular, por la siguiente expresión:

$$\sigma_h = 0.50 K_o \gamma H,$$

siendo :

$K_o = 0,5$	Coefficiente de empuje de reposo;
$\gamma = 2,00 \text{ t/m}^3$	Peso unitario promedio del suelo;
$H = 5,0 \text{ m}$	Profundidad de la excavación.

De acuerdo a las hipótesis planteadas, a continuación, en la figura N° 1 de la página siguiente, se presenta el ejemplo de las presiones de tierra resultantes para las condiciones del terreno descritas y para la profundidad indicada.

Muro en Condición Permanente.

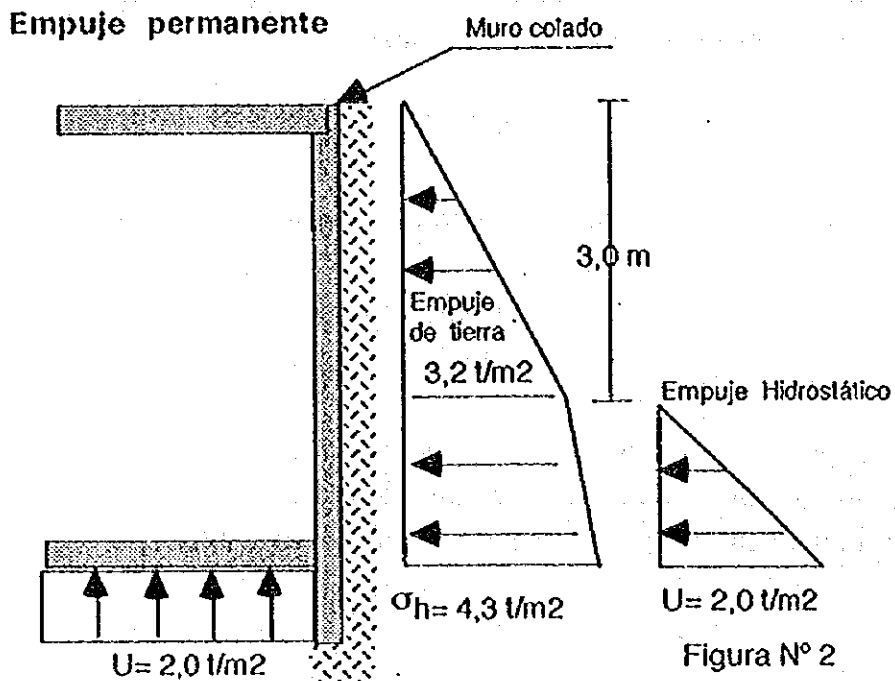
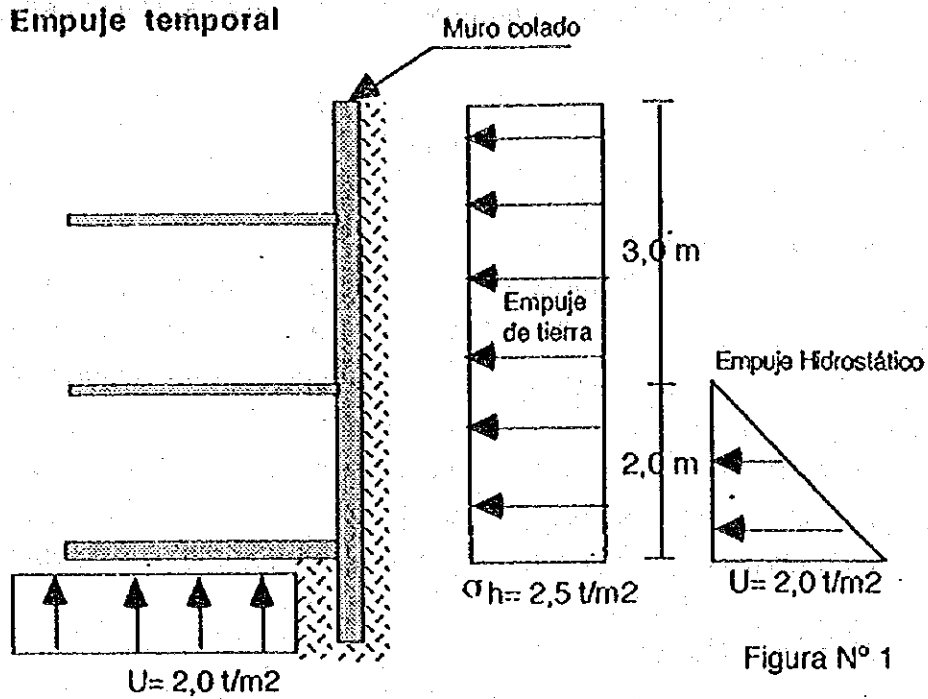
En muros permanentes se considerará un empuje de tierra con diagrama triangular y coeficiente de empuje $K_o = 1 - \text{sen}(\phi')$, donde la presión horizontal puede ser estimada por la siguiente expresión:

$$\sigma_h = K_o \gamma H$$

siendo :

$K_o = 1 - \text{sen}(\phi')$	Coefficiente de empuje de reposo;
$\gamma_h = 2,00 \text{ t/m}^3$	Peso unitario húmedo del suelo;
$\gamma' = 1,00 \text{ t/m}^3$	Peso unitario sumergido del suelo;
$H = 5,0 \text{ m}$	Profundidad de la excavación.

Las presiones de tierra permanentes, a largo plazo, corresponderán a la condición de reposo, con distribución triangular, como se indica en los diagramas de la figura N° 2 que se dan más adelante.



11.- RECOMENDACIONES.

Las recomendaciones que se dan a continuación tienen carácter preliminar, tanto por el estado actual del desarrollo del proyecto, como por lo sumario de la exploración realizada. Sobre la base de los comentarios del capítulo de Consideraciones Geotécnicas, se formulan las siguientes recomendaciones.

- 1.- Realizar una deforestación alta y baja y una limpieza del terreno en el área de la planta de tratamiento, que consistirá en la eliminación de los montículos de escombros y basura que se observan en el terreno.
- 2.- Remover la capa vegetal en el área de las estructuras a construir. Considerar los materiales provenientes de la limpieza y la deforestación como materiales de bote.
- 3.- Mejorar la superficie del terreno donde se construirán las estructuras por medio de la colocación de un espesor mínimo de 50 cm de relleno estructural con las características granulométricas, plásticas y de resistencia se dan en la figura N° O-37. Controlar la compactación con ensayos de densidad en sitio, realizar una densidad por cada 100 m²/capa.
- 4.- En las áreas inundadas se considera necesario preparar la superficie para el relleno colocando mallas tipo geogrid o geotextil, de esta manera se facilita la construcción y se evita la invasión y contaminación del material de relleno.
- 5.- Diseñar los cimientos como fundaciones superficiales, las zapatas deberán transmitir al suelo una carga máxima de 10 ton/m², y estarán empotradas en el terreno a una profundidad tal que asegure una penetración de 1,0 m en el terreno natural.
- 6.- Considerar la posibilidad de fundar sobre placa corrida con un nervio perimetral, apoyada directamente sobre el terreno compactado, en la rasante

INFORME N° 9657-1

Caracas, 18 de febrero de 1997

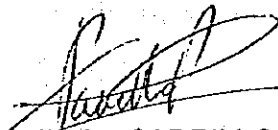
Estudio Geotécnico en Ocumare del Tuy para
Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy.
PARA: JICA

Pág. 15 de 15

definitiva del terreno. Utilizar para el cálculo de la placa un módulo de balasto estimado como se indica en la hoja N° 10 de este Informe.

- 7.- Tomar en cuenta en el caso de las estructuras sumergidas, la necesidad de achicar la excavación durante la construcción, y considerar además el efecto de la subpresión.
- 8.- Soportar las excavaciones para las estructuras sumergidas con muros colados excavados bajo lodo bentonítico, acodalados a medida que se excava
- 9.- Calcular las secciones del muro para soportar un diagrama de presiones rectangular para la condición temporal y triangular para la condición permanente, como se indica en las figuras 1 y 2 de la página N° 13.

Atentamente,
INGEOSOLUM C. A.

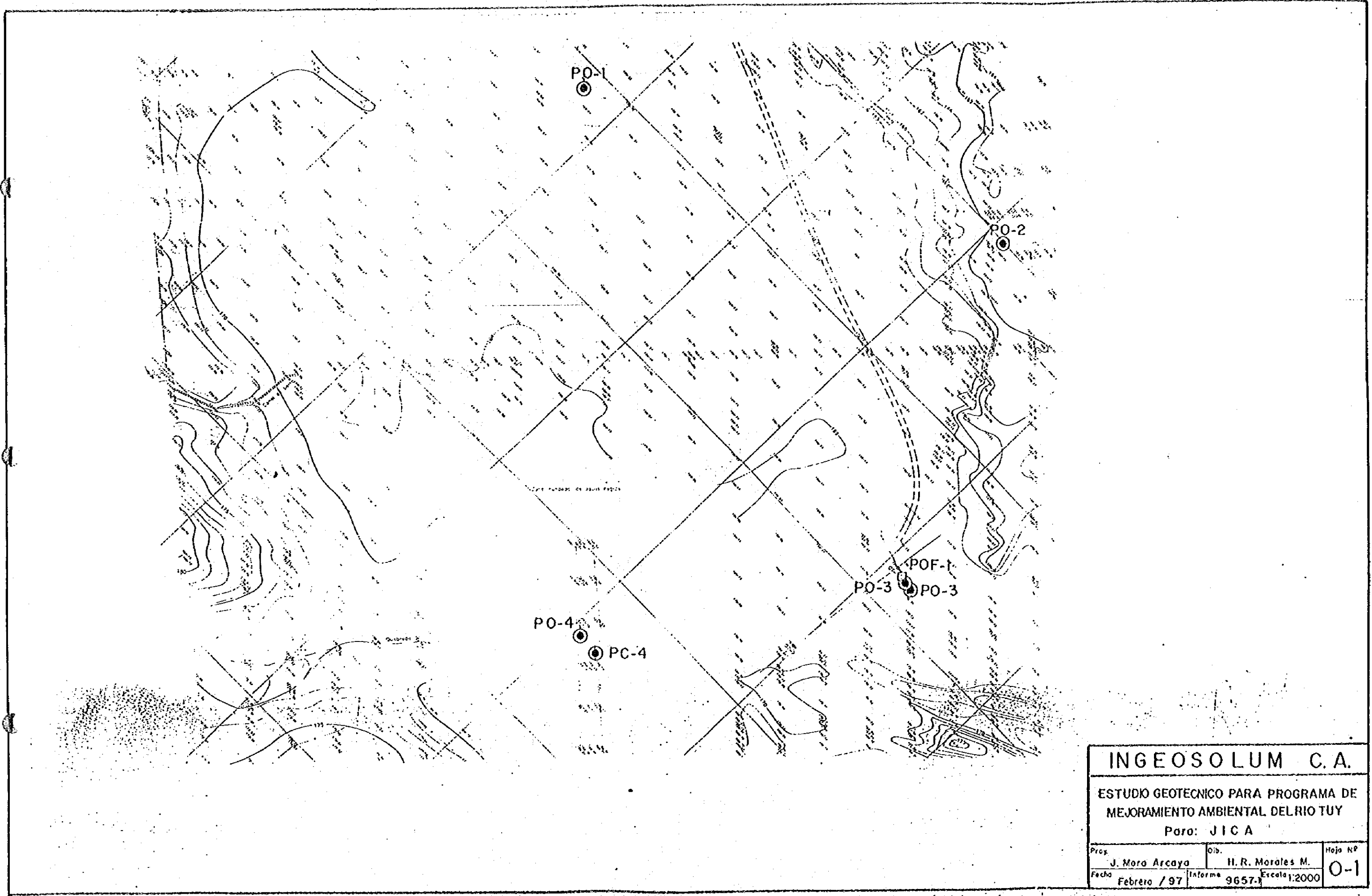


Ing° Pedro CARRILLO PIMENTEL
CIV 6543

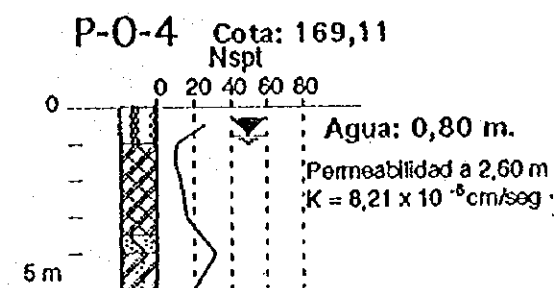
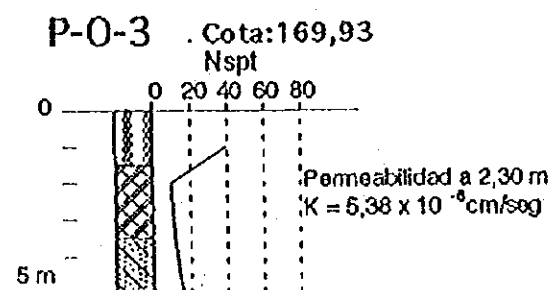
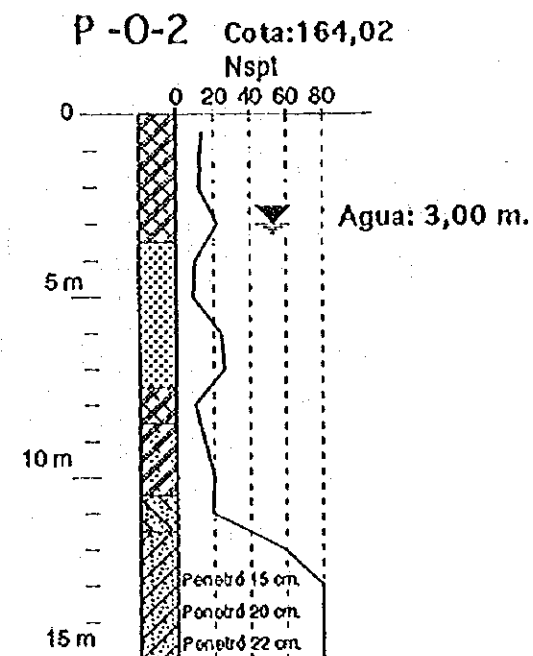
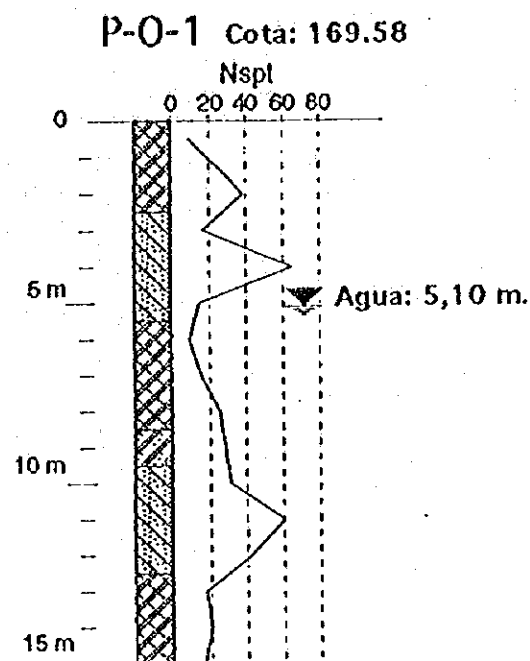


Ing° José MORA ARCAYA
CIV 55642

Anexos: Treinta ocho (38) figuras.
Reporte fotográfico



INGEOSOLUM C.A.			
ESTUDIO GEOTECNICO PARA PROGRAMA DE MEJORAMIENTO AMBIENTAL DEL RIO TUY			
Para: JICA			
Proy.	Dib.	Hoja N°	
J. Mora Arcaya	H. R. Morales M.	0-1	
Fecha	Informe	Escala	
Febrero / 97	9657-	1:2000	



Coordenadas:
 P-0-1, N 1.120.487; E 744.574
 P-0-2, N 1.120.599; E 744.812
 P-0-3, N 1.120.419; E 744.922
 P-0-4, N 1.120.261; E 744.807

LEYENDA:

- Arena limpia (SW, SP)
- Arena Arcillosa (SC)
- Arena limosa (SM)
- Arcilla arenosa (CL)
- Arcilla limosa (CL, CH)
- Nivel Freático

P-0-1 Perforación N° 1 Ocumare

PLANTA DE TRATAMIENTO EN OCUMARE DEL TUY
COLUMNAS LITOLÓGICAS

INGEOSOLUM, C.A.

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROGRAMA
 DE MEJORAMIENTO AMBIENTAL
 CUENCA DEL RÍO TUY

PARA: JICA, Japan International Cooperation Agency

Proy: J. MORA A.	Fecha: Enero 1997	Informe: 9657
Dir: H. KHABBAZ N.	Escala: Indicadas	Figura N° O-2

MUESTRA	PERFORACION: P-O-1	SOLICITUD	MUSEO	PRUEBA DE PENETRACION SPT Valores de "N"	C _p C _u E _s C _u E _s C _u E _s	LIMITES		N	% GRAVA	% ARENA	% < 7500
						L PLASTICO	LIQUIDO				
S-1	COTA: 100.50 Arcilla limosa, muy dura, de mediana y alta plasticidad, ocasionales raicillas en S-1, concentraciones calcareas en S-3 y S-4, vetas arenosas. Marrón amarillento puntos negros. (CL-CH)	[Hatched]	1	18	1.007	20	54	5	0	100	0
S-2			28	1.700	20	52	6	0	100	0	
S-3			30	1.701	20	50	6	0	100	0	
S-4			30		20	50	6	0	100	0	
S-5	Arena fina a gruesa algo limosa, medianamente densa, con grava, veta arcillosa y densa en S-6, calcarea, cuarzosa, frable. Marrón y gris vetas amarillentas. (SM)	[Hatched]	3	16		20	54	11	0	88	11
S-6			65	1.975	20	54	6	0	27	44	28
S-7	Arcilla limosa medianamente consistente a tiesa de mediana y alta plasticidad, presencia de materia organica, calcarea en S-10, bolsitas de arena fina. Gris verdoso. (CL-CH)	[Hatched]	4	65		20	54	0.58	0	0	0
S-8			5.10	1.945	20	54	6	0	16	66	16
S-9	Arcilla muy arenosa fina a gruesa, de mediana plasticidad, calcarea. Gris claro verdoso. (CL)	[Hatched]	5	14		20	54	0.08	0	0	0
S-10			25	1.627	20	54	6	0	0	0	0
S-11	Arena fina a gruesa algo limosa, con grava de cuarzo, densa, aspera, cuarzosa, frable. Gris verdoso. (SM)	[Hatched]	6	19		20	54	1.5	0	0	0
S-12			20	1.752	20	54	6	0	9	74	17
S-13	Arcilla limosa, tiesa de mediana plasticidad, bolsitas de arena fina. Gris verdoso (CL)	[Hatched]	7	16		20	54	1.27	0	0	0
S-14			44	1.555	20	54	6	0	20	60	12
S-15	Arenilla limosa, tiesa de mediana plasticidad, bolsitas de arena fina. Gris verdoso (CL)	[Hatched]	8	31		20	54	1.2	0	0	0
S-16			42	1.600	20	54	6	0	9	81	0
S-17			9	17		20	54	1.31	10	50	
			10	20		20	54	1.12	17	83	

INGEOSOLUM C.A.

ESTUDIO GEOTECNICO PARA PROGRAMA DE MEJORAMIENTO AMBIENTAL DEL RIO TUY

PROYECTO: J. Mora Araya EXPLOM.: INGEOSOLUM C.A. IN-CRAME N° 8657

DISEÑO: H. Morales M. FECHA: juv., 30 ener 1997 HOJA N° 3

OBSERVACIONES: Se instaló tuberia perforada hasta los 15.00 m.

ABREVIATURAS: S-1 = Muestra SPT
R-1 = Muestra a rotación

* Valores del penetrómetro.

MUESTRA	PERFORACION.- P-O-2	S.M.S.O.S	S.I.E. C.O.C.	PRUEBA DE PENETRACION S.P.T. Valores de "N"	COTA: 164.02	LIMITE		N ₆₀	% GRAVA	% ARENA	GRANULOMETRIA
						L-PLASTICO	L-LIQUIDO				
S-1	COTA: 164.02 Arcilla limosa arenosa, dura de mediana y alta plasticidad, calcarea, ocasionales piedritas. Marrón y gris verdoso (CL-CH)	[Hatched pattern]	1	13	1.095	21	78	3.5	0	15	85
S-2				13	1.615	22	78	4.0	0	22	78
S-3				13	1.615	24	78	2.5	0	24	76
S-4				12	1.615	21	78	3.5	0	21	76
S-5				22	1.000	21	78	1.0	16	84	
S-6				10		44	75	2	0	88	9
S-7				9		24	78	4	1	91	5
S-8				24		33	83	0	0	99	3
S-9				20		34	89	0	34	65	7
S-10				10		33	96	1.512	1	96	
S-11				15		33	70	1.648	19	81	
S-12				20		35	85	1.008	20	65	
S-13				19		35	83		6	83	11
S-14				30		31	72	1.705	12	80	
S-15				20		31	80		21	79	31
S-16				22		31	80		28	71	26
S-17				22		35	80		16	64	28

OBSERVACIONES: Se instaló tubota perforada hasta 15 m.

INGEOSOLUM C.A.

ESTUDIO GEOTECNICO PARA PROGRAMA DE MEJORAMIENTO AMBIENTAL DEL RIO TUY

PROYECTO: J. Mora Areaya EXPLOI.: INGEOSOLUM C.A. INFORME N° 9057
 DIBUJO: H. Morales M. FECHA: juv., 30 ener 1997 HOJA N° 4

ABREVIATURAS: S-1 = Muestra SPT
 R-1 = Muestra a rotación

* Valores del penetrómetro.

P-O-2

MUESTRA		COTA	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLOS	PROS	PRUEBA DE PENETRACIÓN S.P.T. Valores de "N"	SOL	LÍMITES T.M. HUMEDAD %		K ₁₅	% GRAVA	% ARENA	% < #200 GRANULOMETRÍA
S-1	S-2							L PLASTICO	LIQUIDO				
PERFORACION.- P-O-3		109.93											
S-1			Peltono: grava arenosa fina a gruesa algo limosa, densa, calcárea, fragmentos redondeados y angulares. Marrón grisáceo claro.										
S-2			Arcilla limosa muy dura, mediana plasticidad, bolsitas de arena, concreciones calcáreas en S-S. Marrón amarillento claro. (CL)			1.065		21	30	0.06			
S-3						1.736		24	76	> 4.5	6	14	80
S-4			Arena fina a media algo limosa, medianamente densa, con grava de cuarzo en S-S, frías, asperea. Marrón y gris. (SM)							> 4.5		38	62
S-5											75	25	17
INGEOSOLUM C.A.													
ESTUDIO GEOTECNICO PARA PROGRAMA DE MEJORAMIENTO AMBIENTAL DEL RIO TUY													
PROYECTO: J. Mora Aycaya - EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A. INFORME N° 9857													
DIBUJO: H. Morales M. FECHA: juv., 30 ener 1997 HOJA N° 5													

OBSERVACIONES:

ABREVIATURAS: S-1 = Muestra SPT
R-1 = Muestra a rotación

* Valores del penetrometro.

PERFORACION.- P-O-4		COTA: 100.11	PRUEBA DE PENETRACION S.P.T. Valores en "N"	LÍMITES L.P. → HUMEDAD % ← L.LÍQUIDO	% GRAVA % ARENA % < 2000	GRANULOMETRÍA
MUESTRA	DESCRIPCIÓN					
S-1	Relleno: grava arenosa fina a media algo arcillosa, medianamente densa, calcúrea, restos orgánicos en S-1, veta de arcilla arenosa dura en S-3 y S-4. Marrón.	100.11	12	PE=270 L=16.17 LL=27 Wp=22	0	100
S-2	Arcilla limosa, tiesta de alta plasticidad, bolsitas de arena, restos vegetales, con fragmentos duros tamaño grava en S-7, muy arenosa y baja plasticidad en S-8. Marrón grisáceo. (Ch)	99.99	11	PE=270 L=15.10 LL=27 Wp=22	0	100
S-3		100.00	13	PE=270 L=15.76 LL=27 Wp=22	0	100
S-4	Arenosa fina limosa, medianamente densa, micéboa	99.99	19	PE=270 L=15.76 LL=27 Wp=22	0	100
S-5		100.00	16	PE=270 L=15.76 LL=27 Wp=22	0	100
S-6	Arcilla limo-arenosa, dura de mediana plasticidad fragmentos tamaño grava, Marrón amarillento vetas gris y rotas. (CL)	99.99	20	PE=270 L=15.76 LL=27 Wp=22	0	100
S-7		100.00	26	PE=270 L=15.76 LL=27 Wp=22	0	100
S-8						
S-9						
S-10						
S-11						
S-12						
S-13						
S-14						
S-15						
OBSERVACIONES:		INGEOSOLUM C.A.				
		ESTUDIO GEOTECNICO PARA PREGAMA DE MEJORAMIENTO AMBIENTAL DEL RIO TUY				
ABREVIATURAS: S-1 = Muestra SPT R-1 = Muestra a rotación		PROYECTO: J. Mora Araya EXPLOH: INGEOSOLUM C.A. INFORME N° 9557 DIBUJO: H. Morales M. FECHA: juv., 30 ene 1997 HOJA N° 6				

* Valores del penetrometro.

P-O-4

**RESULTADOS DE EXPLORACIÓN
OCUMARE DEL TUY
PARA: JICA - ECODIPLA**

CALICATA N° P-0-F1

Prof. Metros	Muestra N°	Descripción	ENSAYOS							
			Humed. %	Granulometría				Plasticidad		
				Grava	Arena		<#200	LL	IP	
1,00	M-1	Relleno: Grava algo arenosa, fragmentos subredondeados, tamaño máximo 1"1/2, muy densa. Gris y blanco GC Densidad in situ = 2.049 Kg/m ³	4,3	53	10	10	9	18	27	12
2,00	M-2	Arcilla arenosa de mediana plasticidad, tiesa con raicillas, puntos de oxidación, color marrón oscuro CL P.U. = 1.700 Kg/m ³	15,1	0	0	5	17	78	42	24
3,00	M-3	Arcilla poco arenosa, de mediana plasticidad con presencia de fragmentos duros tamaño grava fina, marrón amarillento CL P.U. = 1.644 Kg/m ³	18,4	6	2	1	4	87	34	15

**INGEOSOLUM, C.A.
INFORME N° 9657
FIGURA N° 0-7**

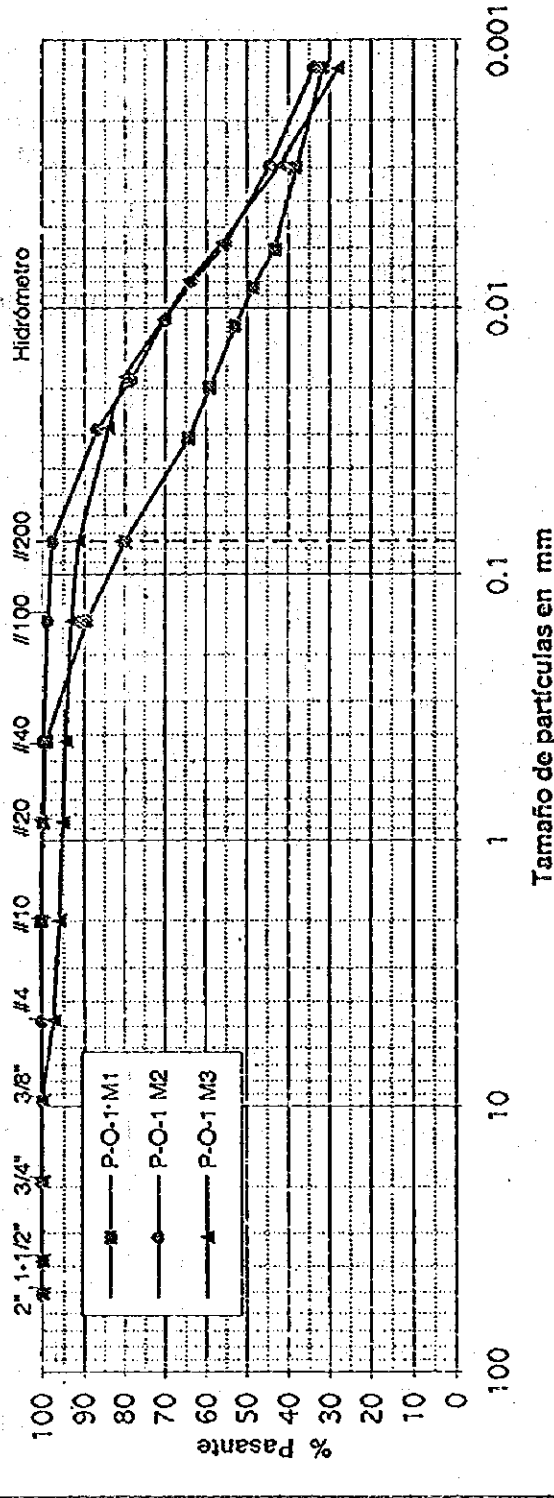
INGEOSOLUM C. A.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

9657 Estudio Geotécnico para Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy

Tamices

2"	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200	Hidrómetro			milímetros			
50.80	38.10	19.10	9.50	4.75	2.00	0.850	0.425	0.150	0.075	0.0320	0.0200	0.0110	0.0082	0.0060	0.0030	0.0012



Muestra	Profundidad	Naturaleza de la Muestra			Límites de Consistencia			Humed. w%				
		Grava	Arena Gruesa	Arena Fina	LL	LP	IP		PE			
P-O-1 M-1	0.00 a 0.50 m	0%	0%	1%	19%	80%	34%	54	20	34	2.69	14.1
P-O-1 M-2	0.50 a 1.00 m	0%	0%	0%	2%	98%	39%	52	21	31	2.82	18.3
P-O-1 M-3	1.00 a 1.50 m	3%	1%	2%	3%	91%	34%	50	24	26	2.83	20.7

PE : Peso Específico
 Figura N° O-8

INGEOSOLUM C. A.

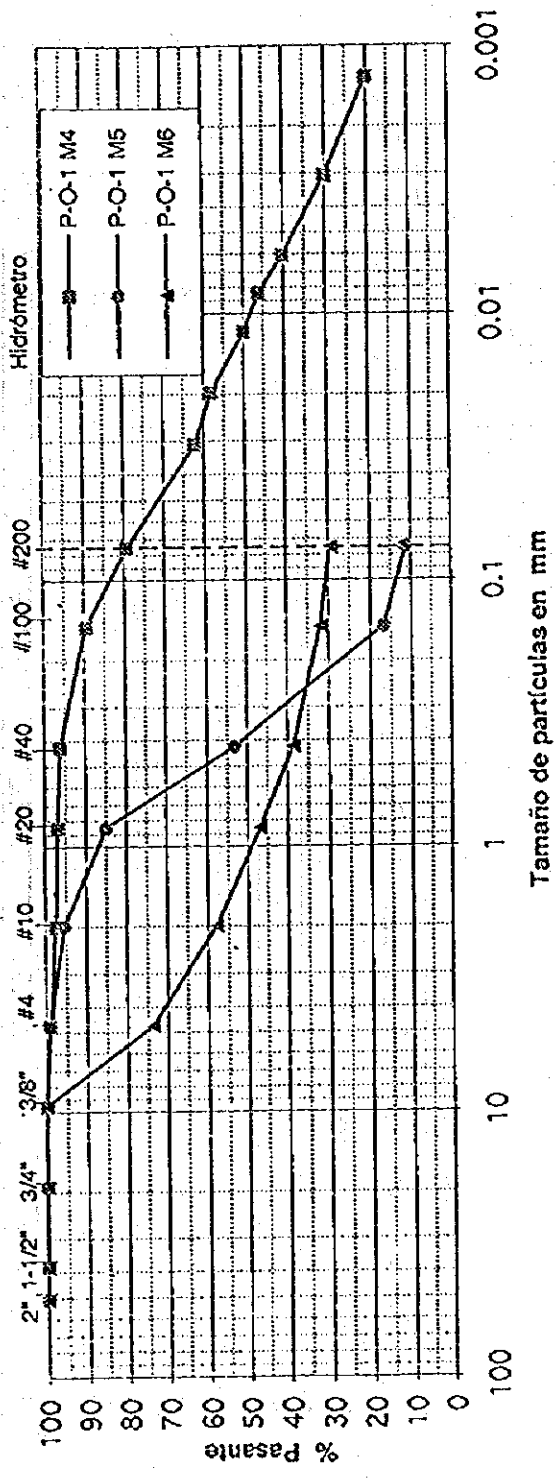
ANALISIS GRANULOMETRICO

9657 Estudio Geotécnico para Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy

Tamices

2"	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200
50.80	38.10	19.10	9.50	4.75	2.00	0.850	0.425	0.150	0.075

Hidrómetro		milmetros	
0.0320	0.0200	0.0110	0.0082
0.0060	0.0030	0.0012	



Muestra	Profundidad	Naturaleza de la Muestra			Límites de Consistencia			Humed w %	
		Grava	Arena	Fino %C	LL	LP	IP		PE
P-O-1 M-4	1.50 a 2.00 m	1%	1%	80%	35	19	16	2.78	17.4
P-O-1 M-5	2.70 a 3.00 m	1%	4%	42%	-	-	-	2.71	9.5
P-O-1 M-6	3.70 a 4.00 m	26%	16%	30%	-	-	-	2.83	14.2

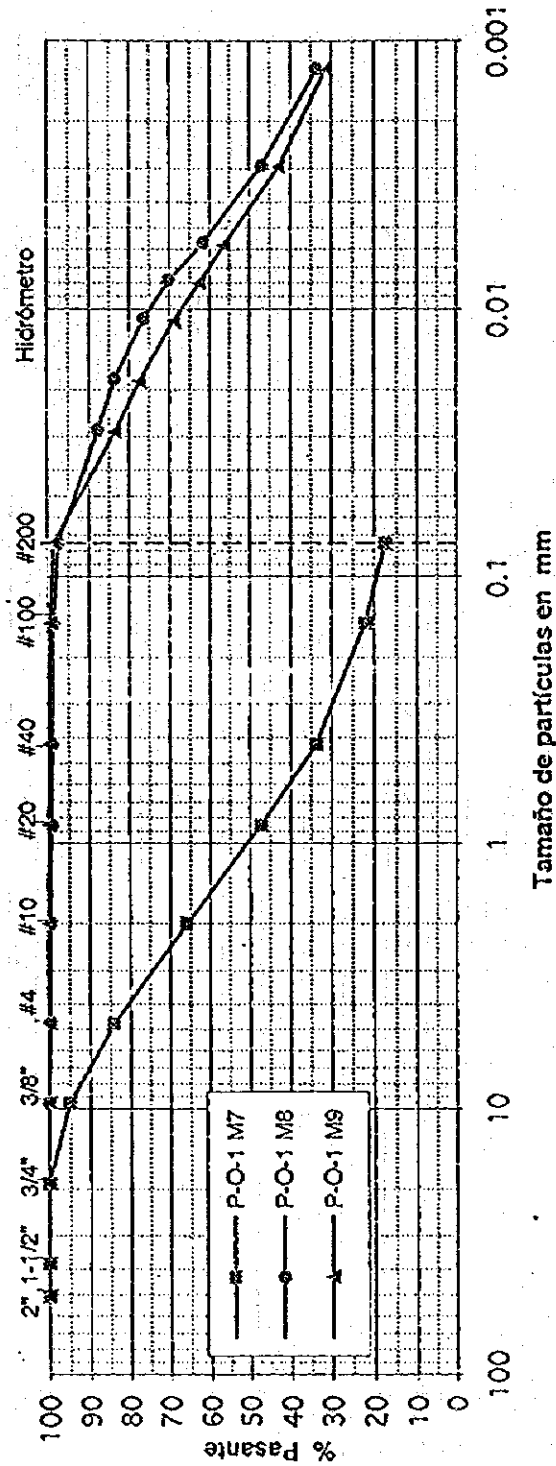
PE : Peso Especifico
 Figura N° O-9

INGEOSOLUM C. A.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

9657 Estudio Geotécnico para Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy

Tamices										Hidrómetro					
2"	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200	0.0320	0.0200	0.0110	0.0062	0.0030	0.0012
50.80	38.10	19.10	9.50	4.75	2.00	0.850	0.425	0.150	0.075						



Muestra	Profundidad	Naturaleza de la Muestra			Límites de Consistencia			Humed w %		
		Grava	Arena Gruesa Media Fina	Fino %C	LL	LP	IP		PE	
P-O-1 M-7	4.70 a 5.00 m	16 %	18 % 32 % 16 %	18 %	-	-	-	-	2.78	14.4
P-O-1 M-8	5.70 a 6.00 m	1 %	0 % 1 % 1 %	97 %	57	26	31	2.80	2.80	39.5
P-O-1 M-9	6.70 a 7.00 m	0 %	0 % 0 % 1 %	99 %	-	-	-	2.69	2.69	26.9

PE : Peso Especifico

Figura Nº O-10

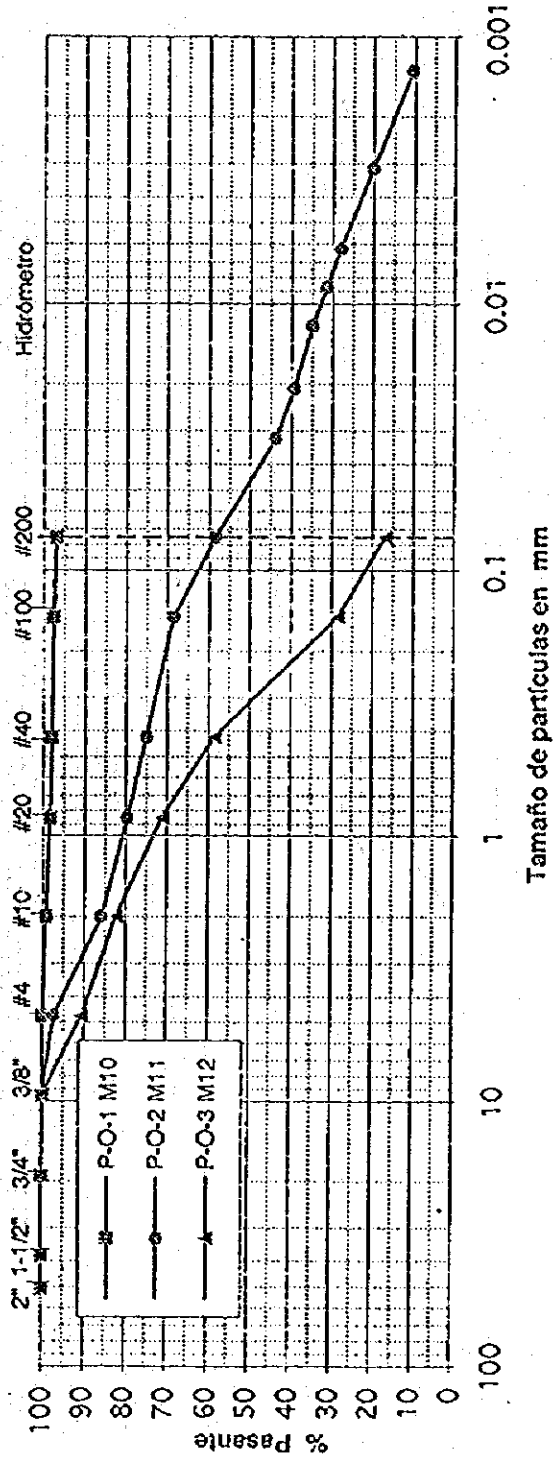
INGEOSOLUM C. A.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

9657 Estudio Geotécnico para Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy

Tamices

2"	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200	Hidrómetro		milímetros				
50.80	38.10	19.10	9.50	4.75	2.00	0.850	0.425	0.150	0.075	0.0320	0.0200	0.0110	0.0082	0.0060	0.0030	0.0012



Muestra	Profundidad	Naturaleza de la Muestra				Límites de Consistencia				Humed w %
		Grava	Arena Gruesa	Arena Media	Fina	LL	LP	IP	PE	
P-O-1 M-10	7.70 a 8.00 m	0%	1%	1%	97%	44	22	22	2.85	27.5
P-O-1 M-11	9.70 a 9.00 m	3%	12%	11%	17%	30	19	11	2.73	18.6
P-O-1 M-12	8.70 a 9.00 m	10%	8%	24%	42%	-	-	-	2.72	23.7

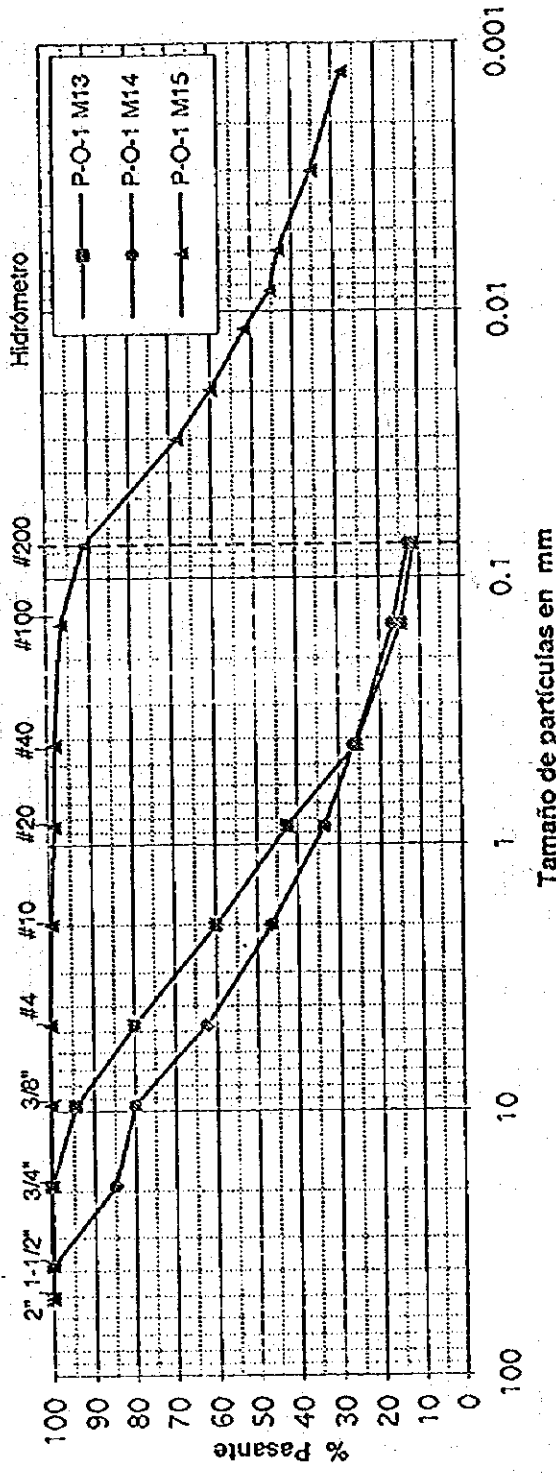
PE : Peso Específico

Figura Nº O-11

INGEOSOLUM C. A.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
9657 Estudio Geotécnico para Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy

Tamaños										Hidrómetro				milímetros			
2"	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200	0.0320	0.0200	0.0110	0.0082	0.0060	0.0030	0.0012	
50.80	38.10	19.10	9.50	4.75	2.00	0.850	0.425	0.150	0.075								



Muestra	Profundidad	Naturaleza de la Muestra					Límites de Consistencia				Humed w %	
		Grava	Arena		Fino	%C	LL	LP	Ip	PE		
P-O-1 M-13	10.70 a 11.00 m	20 %	Gruesa 20 % Media 34 % Fina 14 %	12 %	-	2.74	10.1					
P-O-1 M-14	11.70 a 12.00 m	38 %	16 %	20 %	14 %	2.80	12.9					
P-O-1 M-15	12.70 a 13.00 m	0 %	1 %	1 %	7 %	91 %	31 %	44	19	25	2.76	25.9

Figura Nº O-12

PE : Peso Especifico

INGEOSOLUM C. A.

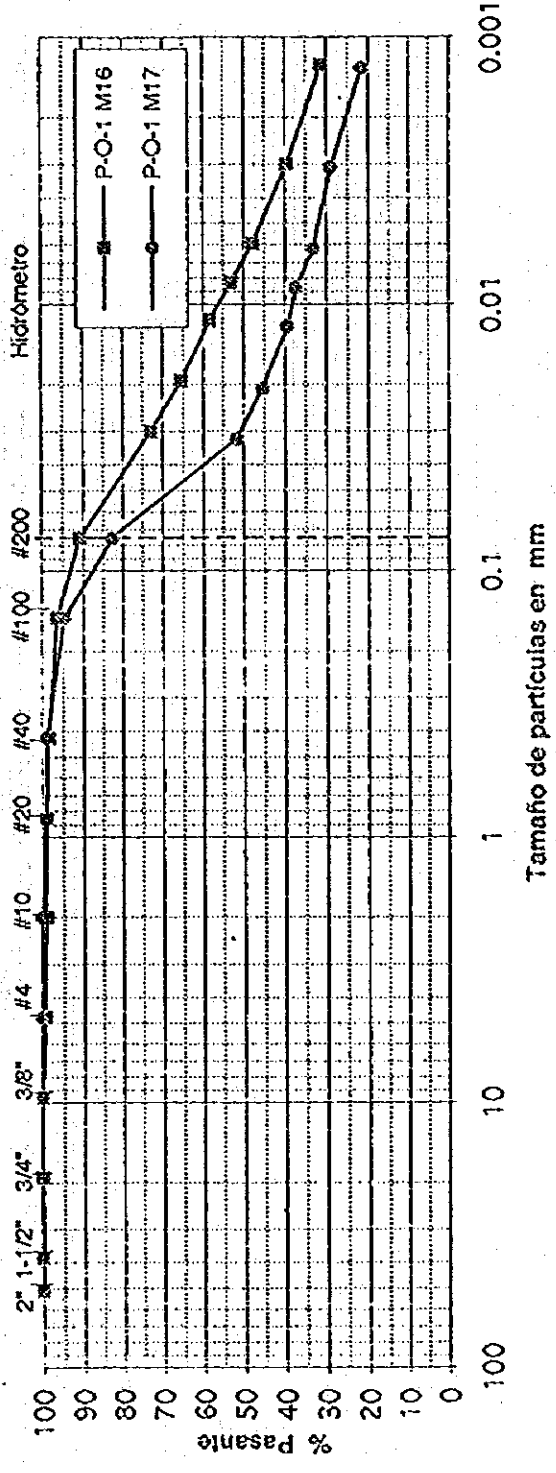
ANALISIS GRANULOMETRICO

9657 Estudio Geotécnico para Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy

Tamices

2"	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200
50.80	38.10	19.10	9.50	4.75	2.00	0.850	0.425	0.150	0.075

Hidrómetro									
0.0920	0.0200	0.0110	0.0082	0.0060	0.0030	0.0012			



Muestra

Profundidad
13.70 a 14.00 m
14.70 a 15.00 m

Naturaleza de la Muestra

Grava	Arena		Fino		%C
	Gruesa	Media	Fina		
1%	0%	1%	8%	90%	35%
0%	0%	1%	16%	83%	25%

Límites de Consistencia

LL	LP	IP	PE	Humed w %
37	18	19	2.76	24.2
-	-	-	2.77	28.5

PE : Peso Especifico

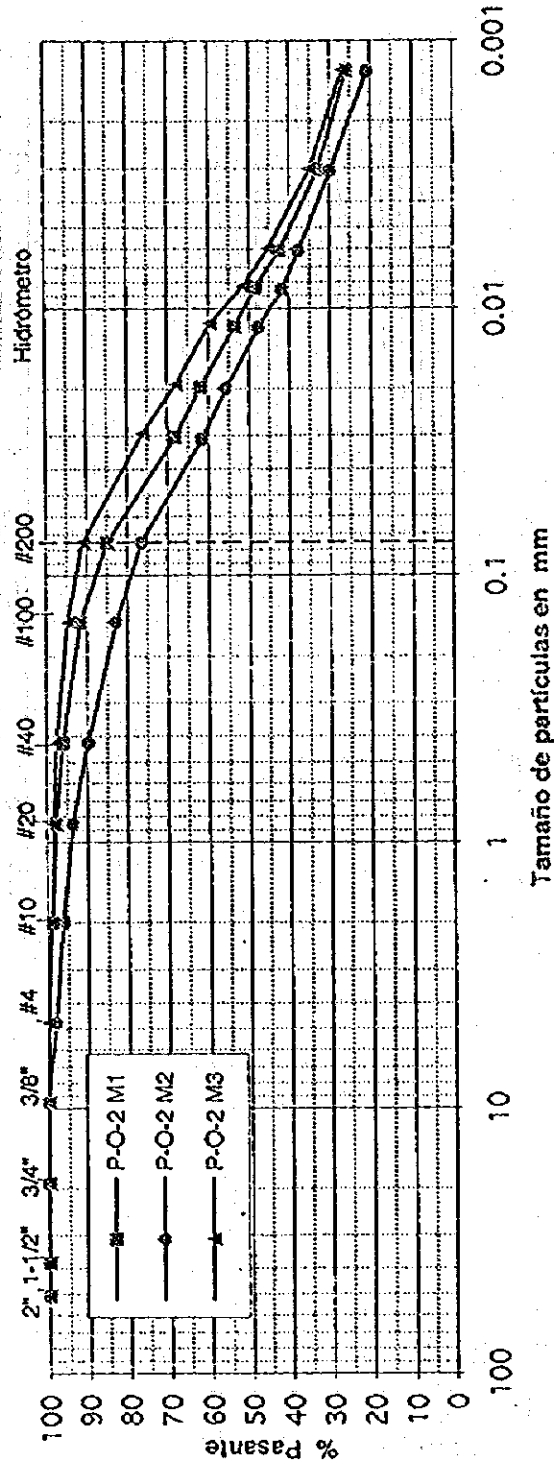
Figura Nº O-13

INGEOSOLUM C. A.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

9657 Estudio Geotécnico para Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy

Tamices																
2"	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200	Hidrómetro						
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm					
50.80	38.10	19.10	9.50	4.75	2.00	0.850	0.425	0.150	0.075	0.0320	0.0200	0.0110	0.0082	0.0060	0.0030	0.0012



Muestra	Profundidad	Naturaleza de la Muestra				Límites de Consistencia				Humed w %		
		Grava	Arena		Fino	%C	LL	LP	IP		PE	
P-O-2 M-1	0.00 a 0.45 m	0%	Gruesa 1%	Media 3%	Fina 11%	85%	29%	43	21	22	2.78	20.1
P-O-2 M-2	0.45 a 0.90 m	2%	Gruesa 2%	Media 6%	Fina 13%	77%	24%	42	22	20	2.77	20.4
P-O-2 M-3	0.90 a 1.35 m	0%	Gruesa 1%	Media 1%	Fina 7%	91%	30%	50	24	26	2.77	21.7

PE : Peso Especifico

Figura N° O-14

INGEOSOLUM C. A.

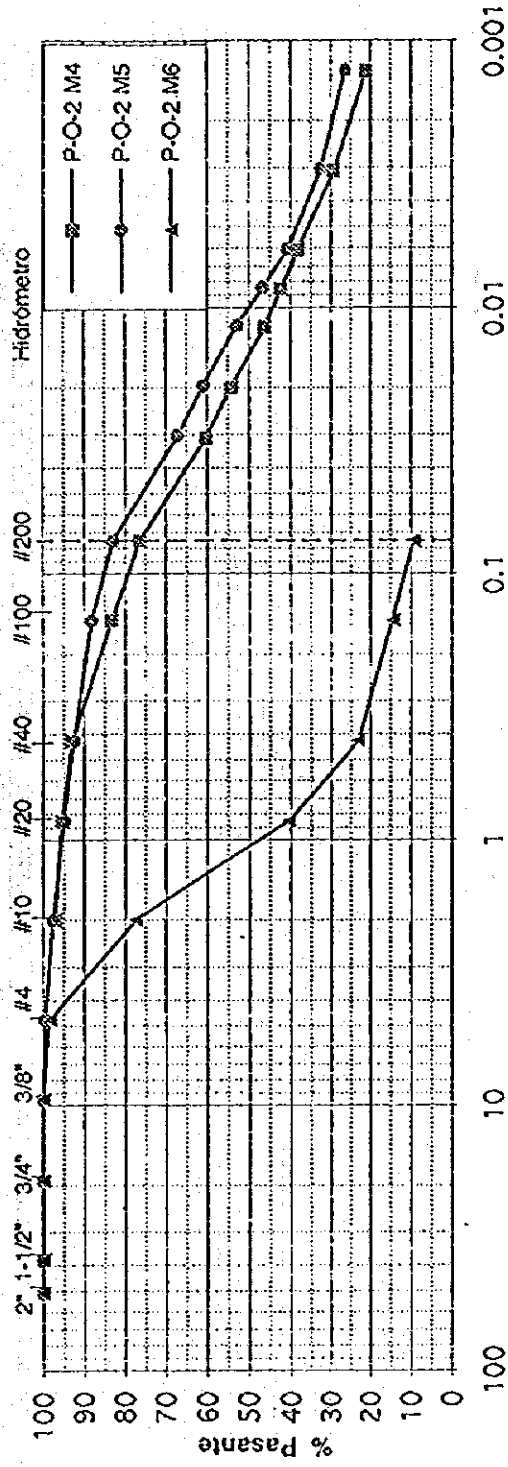
ANALISIS GRANULOMÉTRICO

9657 Estudio Geotécnico para Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy

Tamices

2"	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200
50.80	38.10	19.10	9.50	4.75	2.00	0.850	0.425	0.150	0.075

Hidrómetro									
milímetros									
0.0320	0.0200	0.0110	0.0082	0.0060	0.0030	0.0012			



Tamaño de partículas en mm

Muestra	Profundidad
P-O-2 M-4	1.70 a 2.00 m
P-O-2 M-5	2.70 a 3.00 m
P-O-2 M-6	3.70 a 4.00 m

Naturaleza de la Muestra		Límites de Consistencia			Humed	
Grava	Arena	LL	LP	IP	PE	w %
	Gruesa					
	Media					
	Fina					
	%C					
1%	2%	4%	17%	76%	24%	20.4
0%	2%	5%	10%	83%	29%	35.2
2%	21%	54%	14%	9%	-	23.9

PE : Peso Especifico

Figura Nº O-15

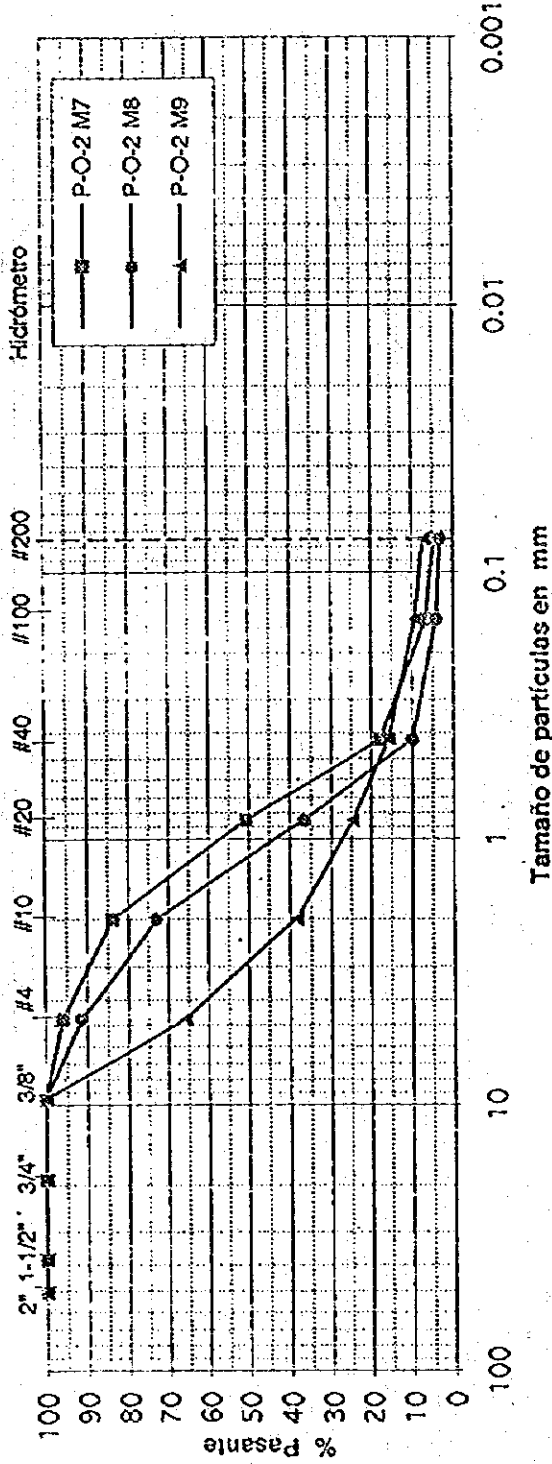
INGEOSOLUM C. A.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

9657 Estudio Geotécnico para Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy

Tamices

2"	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200	Hidrómetro	milímetros					
50.80	38.10	19.10	9.50	4.75	2.00	0.850	0.425	0.150	0.075	0.0320	0.0200	0.0110	0.0082	0.0060	0.0030	0.0012



Muestra	Profundidad	Naturaleza de la Muestra			Límites de Consistencia			Humed w %	
		Grava	Areña Gruesa	Areña Fina	LL	LP	IP		PE
P-O-2 M-7	4.70 a 5.00 m	4%	12%	66%	13%	5%	-	2.78	18.5
P-O-2 M-8	5.70 a 6.00 m	9%	18%	63%	7%	3%	-	2.83	12.4
P-O-2 M-9	6.70 a 7.00 m	34%	27%	23%	8%	8%	-	2.79	14.4

PE : Peso Específico

Figura N° O-16

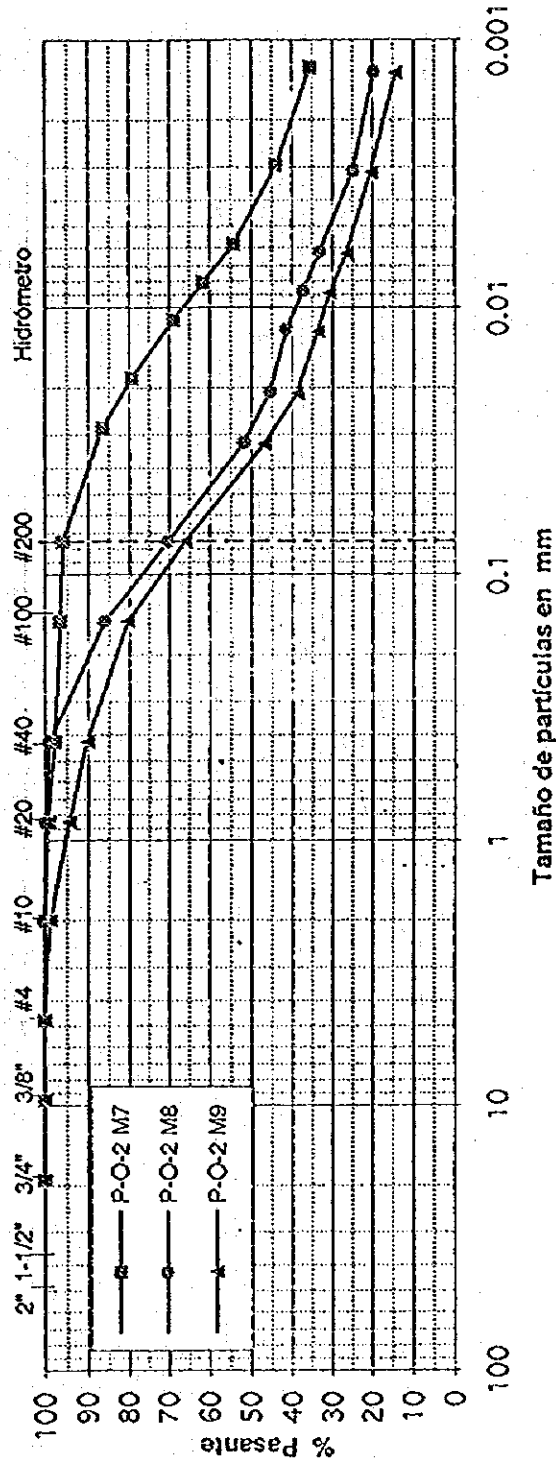
INGEOSOLUM C. A.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

9857 Estudio Geotécnico para Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy

famices

2"	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200	Hidrómetro						
50.80	38.10	19.10	9.50	4.75	2.00	0.850	0.425	0.150	0.075	0.0320	0.0200	0.0110	0.0082	0.0060	0.0030	0.0012



Muestra	Profundidad	Naturaleza de la Muestra				Límites de Consistencia			Humed w %	
		Grava	Arena Gruesa	Arena Media	Fina	LL	LP	IP		PE
P-O-2 M-10	7.70 a 8.00 m	0%	0%	2%	96%	58	21	32	2.71	30.5
P-O-2 M-11	8.70 a 9.00 m	0%	0%	1%	29%	33	19	14	2.66	24.6
P-O-2 M-12	9.70 a 10.00 m	0%	1%	9%	24%	35	20	15	2.74	24.6

PE : Peso Específico

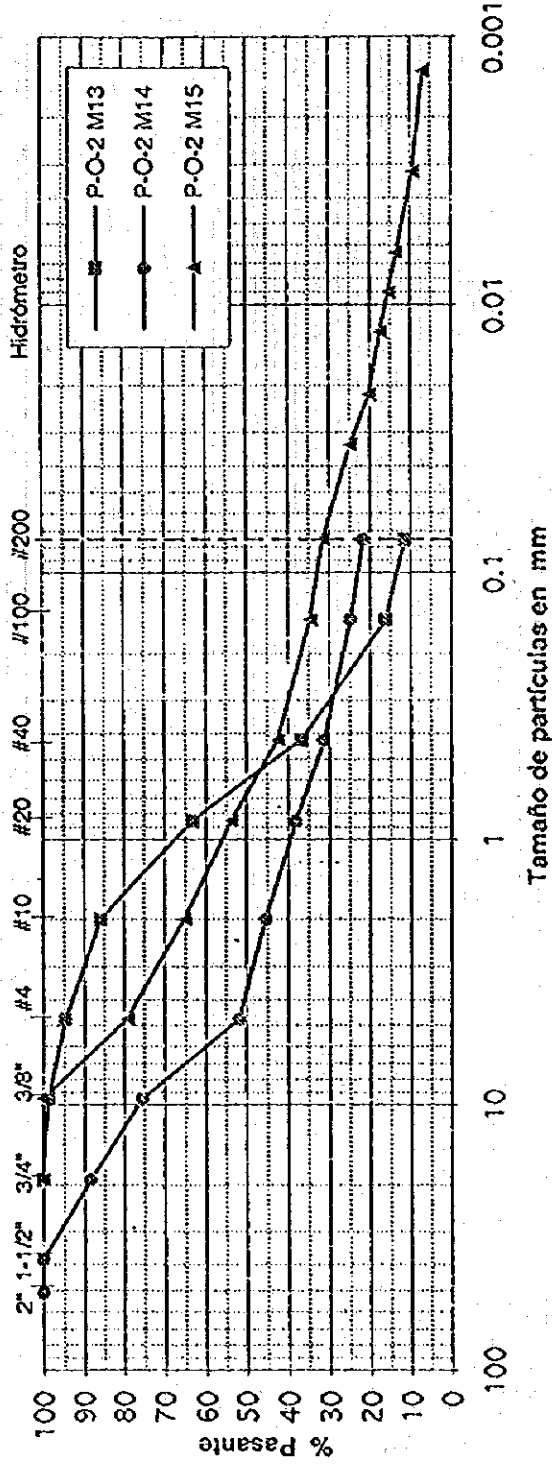
Figura N° O-17

INGEOSOLUM C. A.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

9657 Estudio Geotécnico para Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy

Tamices										Hidrómetro						
2"	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200	0.0320	0.0200	0.0110	0.0082	0.0060	0.0030	0.0012
50.80	38.10	19.10	9.50	4.75	2.00	0.850	0.425	0.150	0.075							



Muestra	Profundidad	Naturaleza de la Muestra			Límites de Consistencia				Humed		
		Grava	Arena Gruesa	Arena Media Fina	Fino	%C	LL	LP	IP	PE	w %
P-O-2 M-13	10.70 a 11.00 m	5 %	9 %	49 %	25 %	12 %	-	-	-	2.78	24.4
P-O-2 M-14	11.70 a 12.00 m	48 %	6 %	14 %	9 %	23 %	-	-	-	2.74	15.8
P-O-2 M-15	12.70 a 12.85 m	21 %	14 %	23 %	11 %	31 %	8 %	-	-	2.79	20.0

PE : Peso Especifico

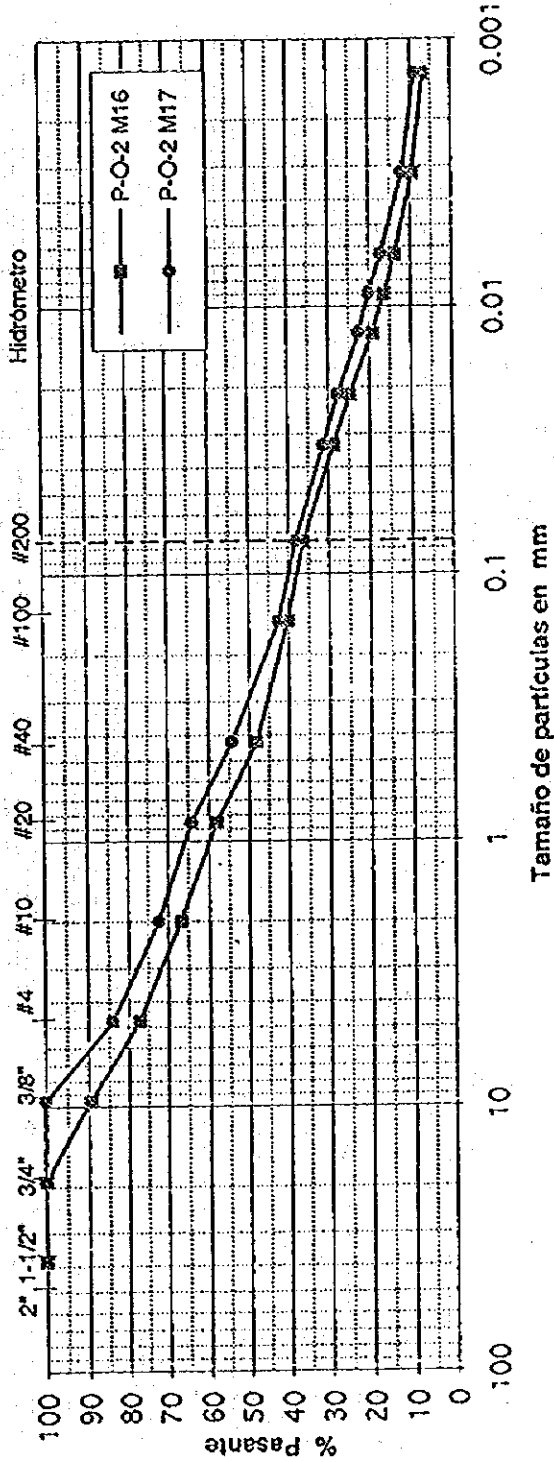
Figura Nº O-18

INGEOSOLUM C. A.

ANALISIS GRANULOMETRICO

9657 Estudio Geotécnico para Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy

Tamices						Hidrómetro				Hidrómetro						
2"	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200	0.0320	0.0200	0.0110	0.0082	0.0060	0.0030	0.0012
50.80	38.10	19.10	9.50	4.75	2.00	0.850	0.425	0.150	0.075							



Muestra	Profundidad	Naturaleza de la Muestra			Límites de Consistencia				Humed w %			
		Grava	Arena	Fino	LL	LP	IP	PE				
P-O-2 M-16	12.70 a 13.90 m	23 %	11 %	19 %	12 %	35 %	8 %	39	19	20	-	14.2
P-O-2 M-17	14.70 a 14.92 m	16 %	12 %	18 %	16 %	38 %	10 %	35	20	15	2.77	15.2

PE : Peso Especifico

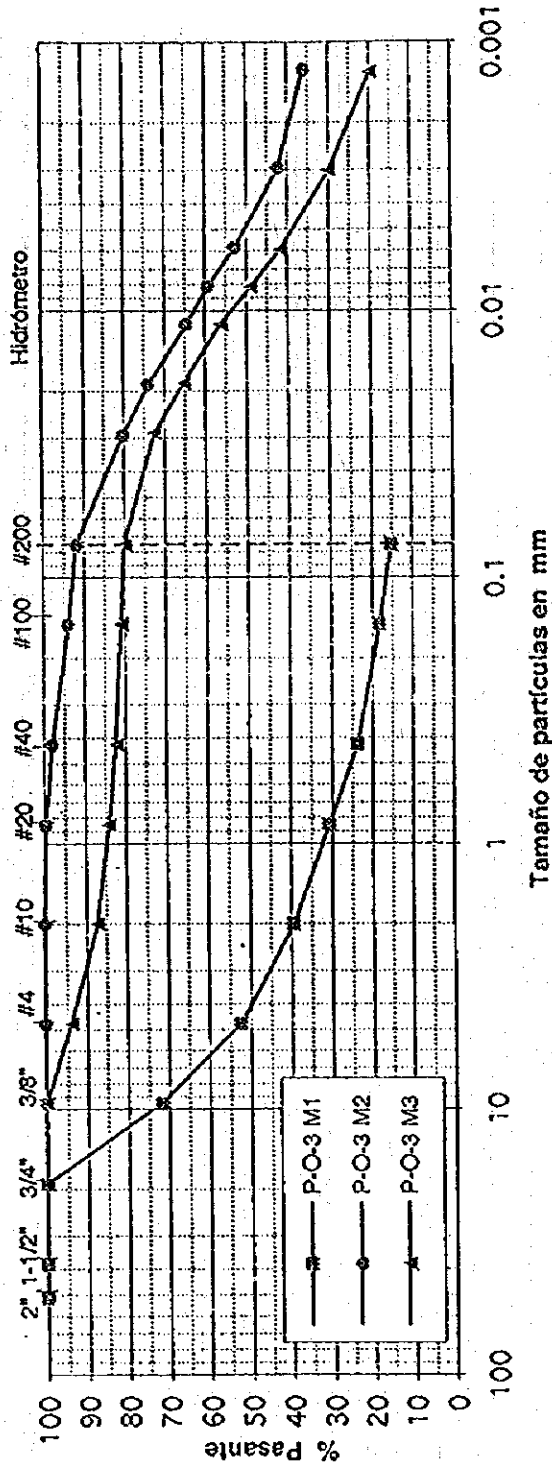
Figura N° O-19

INGEOSOLUM C. A.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

9657 Estudio Geotécnico para Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy

Tamices		Hidrómetro						milímetros						
		#4	#10	#20	#40	#100	#200	0.0320	0.0200	0.0110	0.0082	0.0060	0.0030	0.0012
2"	1-1/2"	3/8"	3/4"	19.10	4.75	2.00	0.850	0.425	0.150	0.075				
50.80	38.10	19.10	9.50											



Muestra	Profundidad	Naturaleza de la Muestra				Límites de Consistencia				Humed		
		Grava	Arena Gruesa	Arena Media	Fina	LL	LP	IP	PE	w %	w %	
P-O-3 M-1	0.70 a 1.00 m	48%	13%	16%	8%	15%	39%	46	21	25	2.76	3.6
P-O-3 M-2	1.70 a 2.00 m	0%	0%	2%	6%	92%	39%	46	21	25	2.80	16.7
P-O-3 M-3	2.70 a 3.00 m	6%	7%	5%	2%	80%	24%	46	24	27	2.88	17.3

PE : Peso Específico

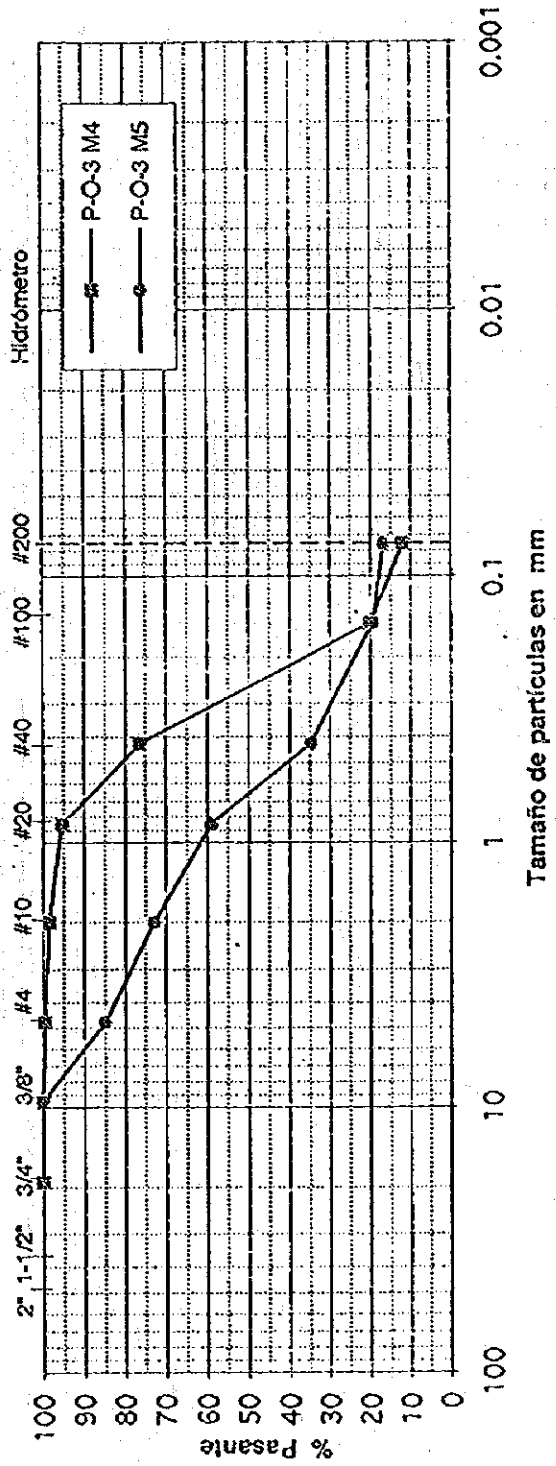
Figura N° O-20

INGEOSOLUM C. A.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

9857 Estudio Geotécnico para Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy

Tamices				Hidrómetro				milímetros								
2"	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200	0.0920	0.0200	0.0110	0.0082	0.0060	0.0030	0.0012
50.80	38.10	19.10	9.50	4.75	2.00	0.850	0.425	0.150	0.075							



Muestra	Profundidad	Naturaleza de la Muestra			Límites de Consistencia			Humed w %
		Grava	Arena	Fino	LL	LP	PE	
P-O-3 M-4	3.70 a 4.00 m	1%	22%	77%	-	-	-	3.9
P-O-3 M-5	4.70 a 5.00 m	15%	38%	47%	-	-	-	6.1

PE : Peso Especifico

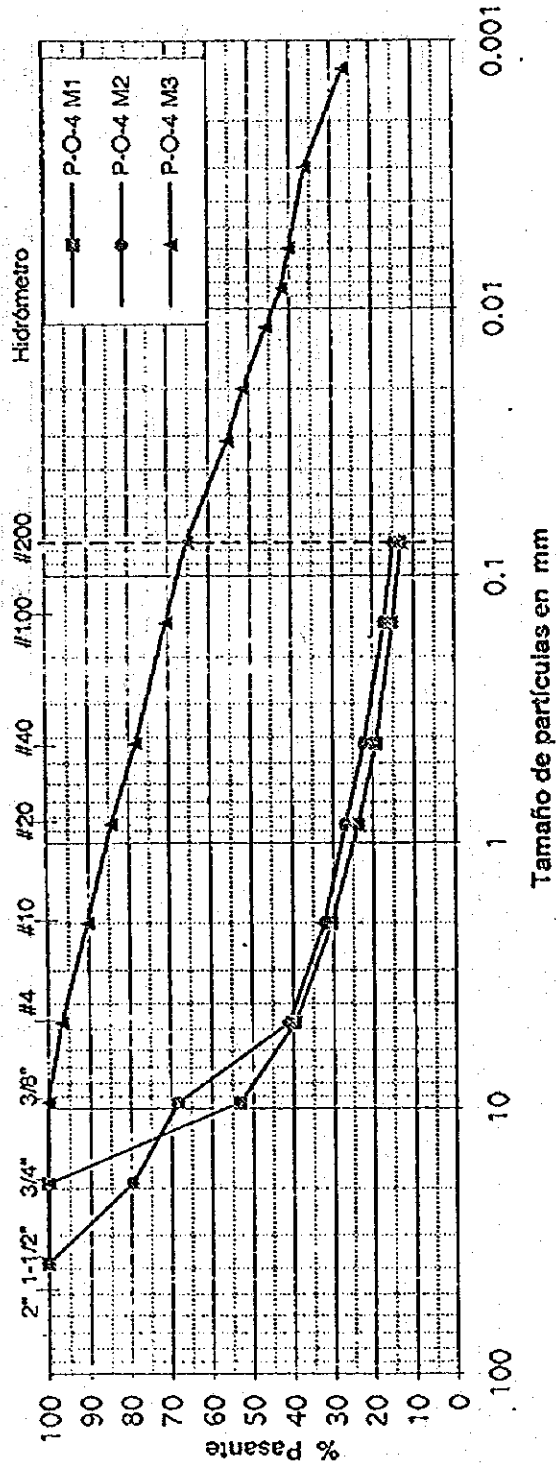
Figura Nº O-21

INGEOSOLJUM C. A.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

9657 Estudio Geotécnico para Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy

Tamices				Hidrómetro				milímetros								
2"	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200	0.0920	0.0200	0.0110	0.0082	0.0060	0.0030	0.0012
50.80	38.10	19.10	9.50	4.75	2.00	0.850	0.425	0.150	0.075							



Muestra	Profundidad	Naturaleza de la Muestra			Límites de Consistencia			Humedad		
		Grava	Arena Gruesa	Arena Media Fina	Finos	LL	LP	IP	PE	w %
P-O-4 M-1	0.00 a 0.30 m	61%	9%	11%	6%	13%	-	-	2.70	17.2
P-O-4 M-2	0.30 a 0.60 m	59%	9%	10%	7%	15%	-	-	2.75	16.4
P-O-4 M-3	0.60 a 0.90 m	3%	7%	12%	13%	65%	31%	-	2.77	25.2

PE : Peso Específico

Figura Nº O-22

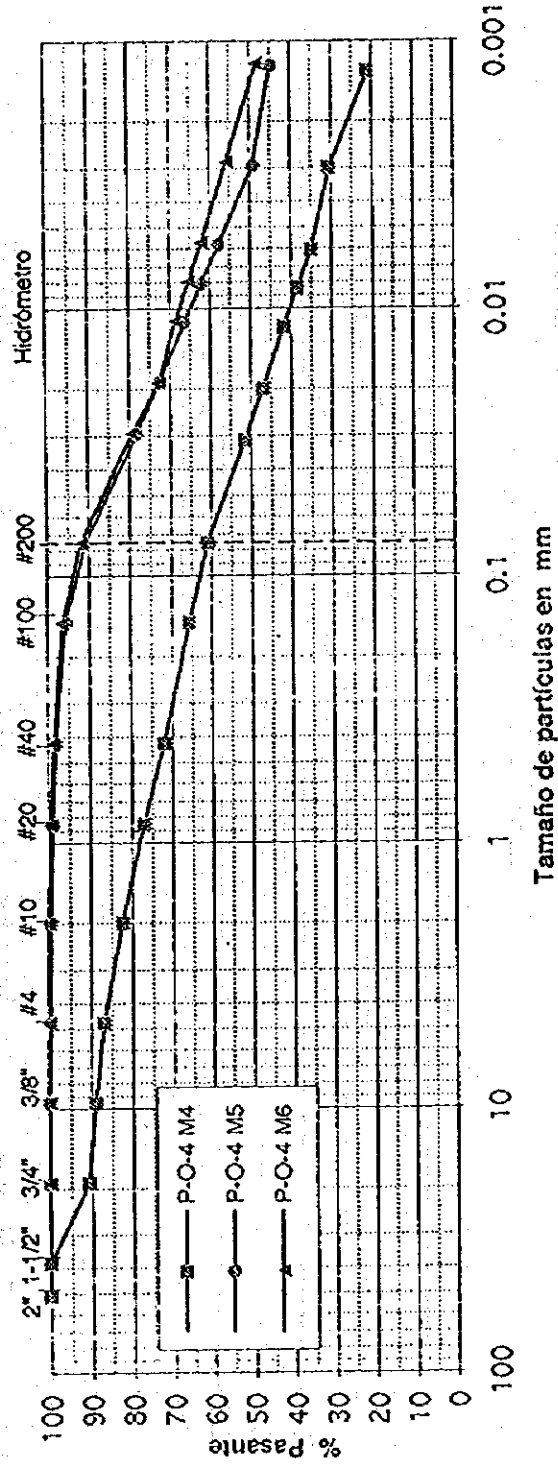
INGEOSOLUM C. A.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

9657 Estudio Geotécnico para Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy

Tamices

2"	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200	Hidrómetro		milímetros				
50.80	38.10	19.10	9.50	4.75	2.00	0.850	0.425	0.150	0.075	0.0320	0.0200	0.0110	0.0082	0.0060	0.0030	0.0012



Muestra	Profundidad	Naturaleza de la Muestra				Límites de Consistencia				Humed w %	
		Grava	Arena		Fino. %C	LL	LP	IP	PE		
P-O-4 M-4	0.90 a 1.20 m	13 %	5 %	10 %	11 %	61 %	25 %	-	-	2.76	23.0
P-O-4 M-5	1.20 a 1.50 m	0 %	0 %	2 %	7 %	91 %	47 %	56	23	2.71	29.2
P-O-4 M-6	1.50 a 1.80 m	0 %	0 %	1 %	7 %	92 %	52 %	59	23	2.74	26.1

PE : Peso Específico

Figura N° O-23

INGEOSOLUM C. A.

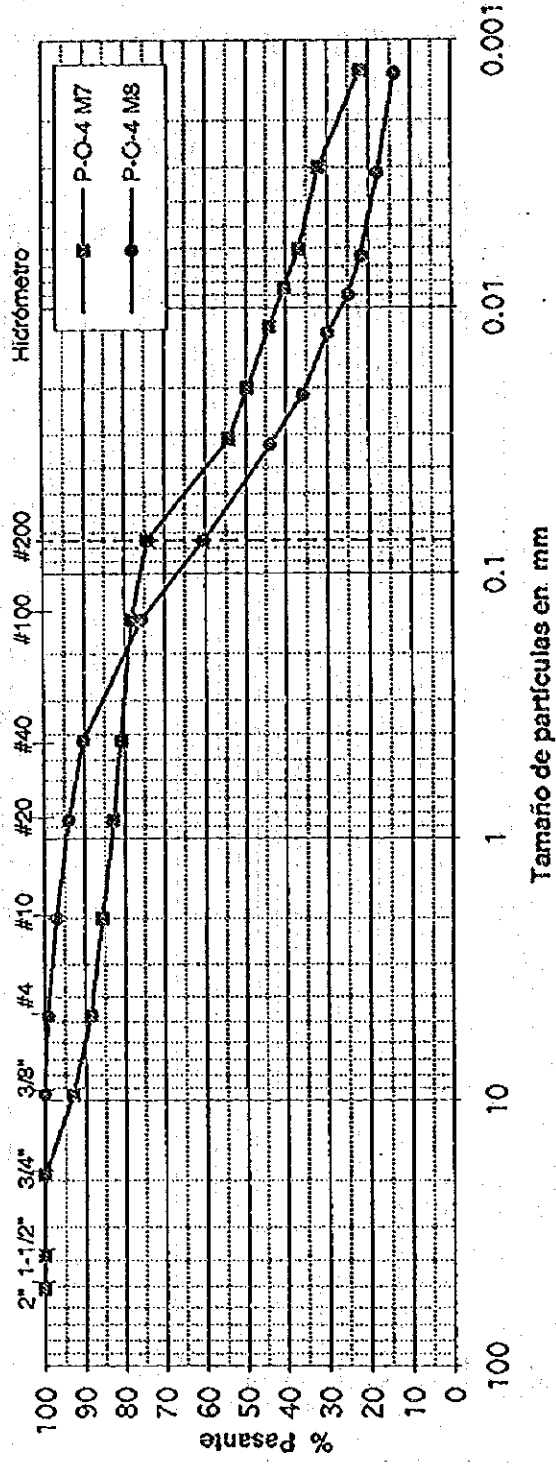
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

9657 Estudio Geotécnico para Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy

Tamices

2"	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200
50.80	38.10	19.10	9.50	4.75	2.00	0.850	0.425	0.150	0.075

Hidrómetro		milímetros	
0.0320	0.0200	0.0110	0.0082
0.0060	0.0030	0.0012	



Muestra	Profundidad
P-O-4 M-7	1.80 a 2.10 m
P-O-4 M-8	2.70 a 3.00 m

Naturaleza de la Muestra	Límites de Consistencia				Humed. w%			
	Grava		Fino					
	Gruesa	Media	Fina	%C				
	12%	3%	7%	73%	26%			
	1%	2%	7%	60%	15%			
				26	14	12	2.73	21.5

PE : Peso Especifico

Figura Nº O-24

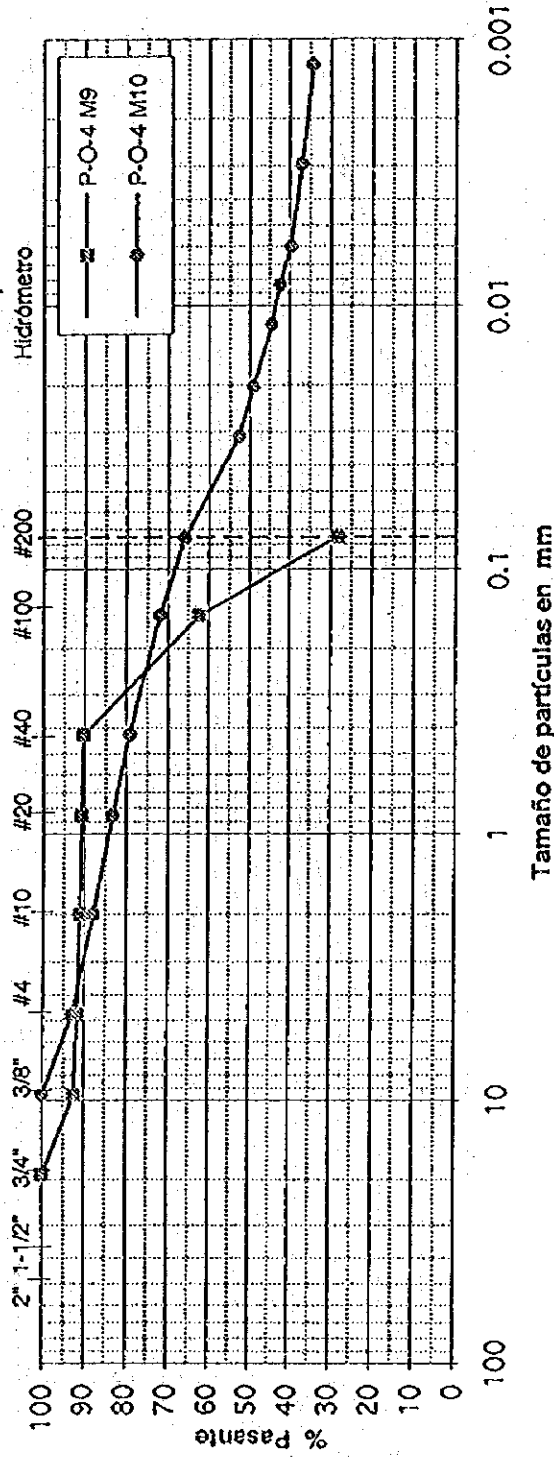
INGEOSOLUM C. A.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

9657 Estudio Geotécnico para Programa de Mejoramiento Ambiental del Río Tuy

Tamices

Tamaño	3/8"	3/4"	1-1/2"	2"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200	Hidrómetro	milímetros			
50.80	38.10	19.10	9.50	4.75	2.00	0.850	0.425	0.150	0.075	0.0320	0.0200	0.0110	0.0082	0.0060	0.0030	0.0012



Muestra Profundidad

P-O-4 M-9 3.70 a 4.00 m
 P-O-4 M-10 4.70 a 5.00 m

Naturaleza de la Muestra

Grava	Arena		Fino		%C
	Gruesa	Media	Fina		
8%	1%	1%	62%	28%	-
7%	5%	9%	13%	66%	35%

Límites de Consistencia

LL	LP	IP	PE	Humed w %
-	-	-	2.75	17.4
-	-	-	2.77	18.6

PE : Peso Específico

Figura Nº O-25