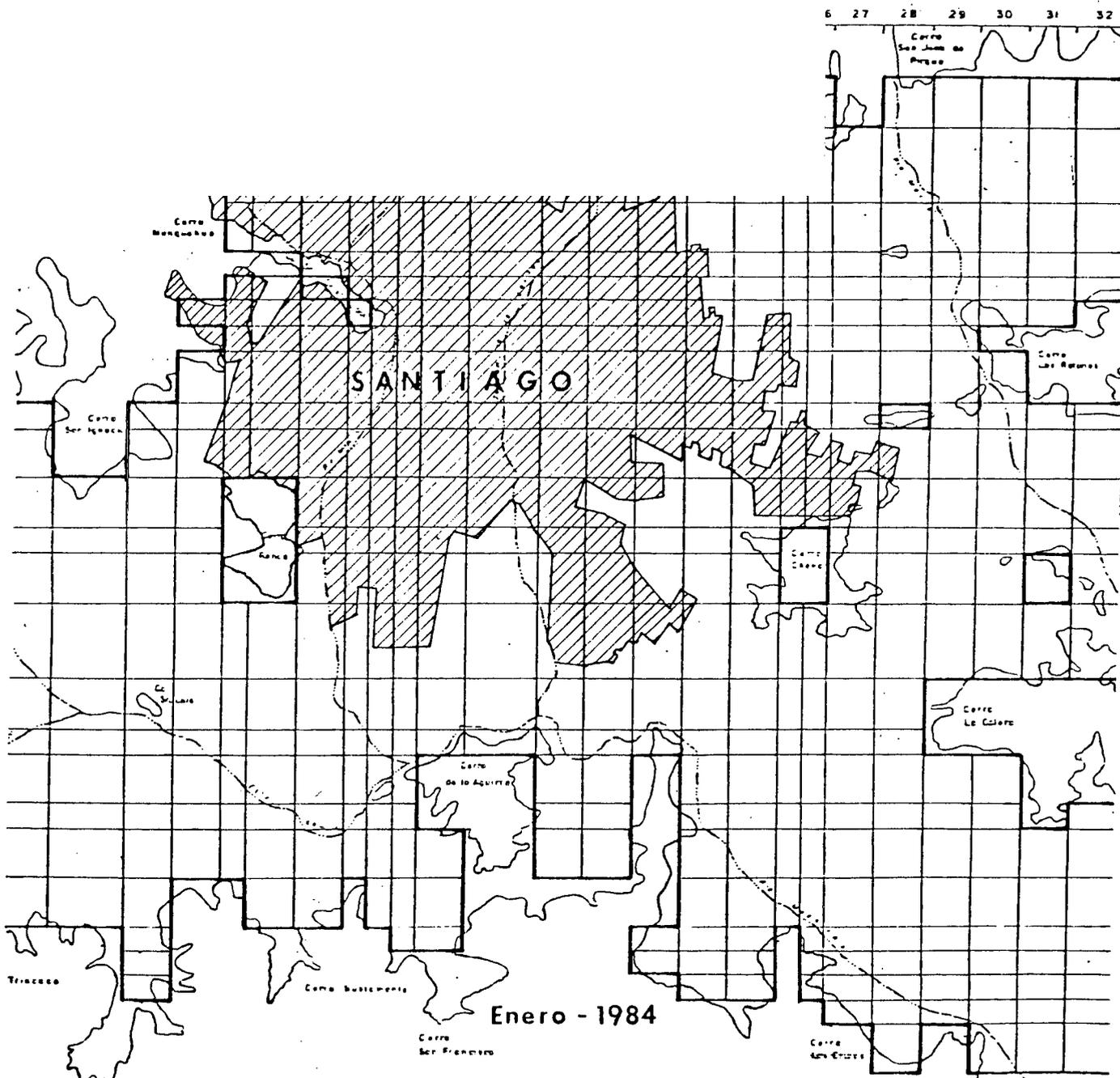


COMISION NACIONAL DE RIEGO

PROYECTO MAIPO ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDROGEOLOGICO MODELO HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA MAIPO - MAPOCHO



IPILA

ALAMOS Y PERALTA

INGENIEROS CONSULTORES

INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

RECURSOS HIDRAULICOS

AGUAS SUBTERRANEAS

REGADIO

AGUA POTABLE E INDUSTRIAL

I N D I C E

	<u>Pág.</u>
1.- INTRODUCCION Y OBJETO DEL MODELO	
1.1 INTRODUCCION	1
1.2 OBJETO DEL MODELO	2
2.- SELECCION DEL MODELO A EMPLEAR	3
3.- DISCRETIZACION Y CONDICIONES DE BORDE	
3.1 DISCRETIZACION ESPACIAL	5
3.2 DISCRETIZACION TEMPORAL	7
3.3 CONDICIONES DE BORDE	8
4.- PREPARACION DEL MODELO MATEMATICO	
4.1 INTRODUCCION	10
4.2 DEFINICION DE VARIABLES Y PARAMETROS DE ENTRADA	
4.2.1 Datos Generales	11
4.2.2 Datos sobre mallas exteriores	13
4.2.3 Datos para el contraste piezométrico	14
4.2.4 Datos para la simulación de la relación río - acuífero	15
4.2.5 Datos sobre vertientes	16
4.2.6 Datos sobre bombes e infiltraciones	17
4.3 FORMATO DE ENTRADA DE DATOS	18

	<u>Pág.</u>
5.- DATOS DE ENTRADA	
5.1 ASPECTOS GENERALES	24
5.2 PIEZOMETRIA INICIAL	25
5.3 VALORES DE T Y S	
5.3.1 Valores de T	27
5.3.2 Valores de S	28
5.4 CONDICIONES TOPOGRAFICAS	29
5.5 INFILTRACION POR REGADIO	
5.5.1 Desde aguas superficiales	29
5.5.2 Desde aguas subterráneas	31
5.6 INFILTRACION POR LLUVIAS	
5.6.1 En área rural	32
5.6.2 En área urbana	34
5.7 INFILTRACION PROVENIENTE DE LAS REDES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	35
5.8 BOMBEO DE POZOS PROFUNDOS	36
5.8.1 Bombeos para Agua Potable	37
5.8.2 Bombeos para Regadío	38
5.8.3 Bombeos para Industrias	40
6.- PROCESO DE AJUSTE	
6.1 INTRODUCCION	51
6.2 RELACION DE PASADAS	
6.2.1 Pasada N° 1	54
6.2.2 Pasada N° 2	61
6.2.3 Pasada N° 3	68

	<u>Pág.</u>
6.2.4 Pasada N° 4	78
6.2.5 Pasada N° 5	92
6.2.6 Pasada N° 6	103
6.2.7 Pasada N° 7	113
6.3 CONCLUSIONES	
6.3.1 Esquema de funcionamiento del acuífero	123
6.3.2 Proposición de pasadas de simulación	139
6.3.3 Sugerencias para la recopilación de antecedentes del acuífero	140
7.- PROCESO DE SIMULACION	
7.1 INTRODUCCION	142
7.2 METODOLOGIA DE CALCULO	
7.2.1 Riego para el Sector Norte	143
7.2.2 Nuevas extracciones para Agua Potable	147
7.2.3 Drenaje de Paine y Viluco	148
7.3 RELACION DE PASADAS	153
8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
8.1 CONCLUSIONES	160
8.2 RECOMENDACIONES	163
ANEXO 1 : LOCALIZACION DE AFOROS Y VERTIENTES	165
ANEXO 2 : LISTADO DEL SIMAC - 1	173

1.- INTRODUCCION Y OBJETO DEL MODELO.-

1.1 INTRODUCCION

El acuífero del Maipo - Mapocho, conforma uno de los principales embalses subterráneos del país, esto tanto por su extensión y volumen almacenado como por su situación geográfica, ya que se localiza bajo un gran centro de demanda tanto para usos domésticos como industriales y también agrícolas, aunque en menor grado. Tiene una superficie de 2.000 Km² y una potencia media de relleno de 150 metros, con un volumen aproximado de agua de 10.000 Mm³.

A pesar de tener todas estas ventajas, no se encuentra explotado, ni tampoco empleado como embalse regulador; esto probablemente se deba a que existe un desconocimiento de sus características y posibilidades de empleo.

Existen extensas zonas, con afloramientos de aguas subterráneas, las que debidamente saneadas se pueden recuperar para su empleo en la agricultura. Para ello se puede recurrir a dos acciones en paralelo a saber, explotación de agua subterránea y construcción de zanjas de drenaje.

Por otra parte existen una serie de sondeos para extracción de agua potable, explotación que podría ser incrementada sin perjuicio aparente para el embalse subterráneo.

1.2 OBJETO DEL MODELO

El modelo tiene por objeto llegar a construir una herramienta de cálculo por medio de una representación matemática de las características físicas que reproduzca en lo posible las condiciones de funcionamiento del embalse subterráneo, de tal modo de poder predecir el comportamiento de dicho embalse frente a diferentes condiciones de explotación.

La calidad y precisión de un modelo matemático, es una función de la bondad de los datos de entrada y de la calidad, duración y actualidad de las medidas de terreno que sirven de contraste en el proceso de simulación.

Esto en la práctica se logra mediante un proceso dinámico en el que se efectúa un primer ajuste con los datos existentes y posteriormente se continúa ajustando de acuerdo con los datos que se obtengan de la explotación misma del acuífero.



2.- SELECCION DEL MODELO A EMPLEAR.-

Existen en la actualidad una gran variedad de tipos de modelos hidrogeológicos que son aplicables para los fines que se persiguen. Los hay de tipo matemático o análogo, y dentro de los primeros los hay de régimen permanente y transitorio. En cada uno de éstos hay además varias estructuras matemáticas de simulación.

Para el acuífero cuaternario del relleno aluvial de Maipo - Mapocho, se ha elegido un modelo matemático en régimen transitorio. Esto significa que todas las variables que intervienen son numéricas, que el proceso de cálculo se hace a nivel diario y en él intervienen todas las variables que conforman el acuífero, como asimismo todas las entradas y salidas de agua, tanto naturales como artificiales.

El acuífero que se ha modelado es monocapa, de carácter libre y se ha simulado para flujo bidimensional. La resolución matemática del programa se basa en el Método de Prickett y Lonquistt, de acuerdo con el contenido de la publicación "Selected Digital Computs Techniques for Groundwater Resources Evaluation" - Illinois State Water Survey - 1972.

El programa SIMAC 1, preparado por nuestra empresa, ha introducido algunas modificaciones, entre las que destacan aquellas que se refieren a usar la existencia de vertientes como



un factor de contraste con la realidad, al permitirle funcionar como tal a cualquier malla. Así, por lo tanto, si el modelo indica vertiente donde no la hay, se procede a modificar sus características.

Por otra parte el modelo permite:

- Salidas gráficas de los piezómetros de contraste y los de simulación, lo que permite hacer de inmediato las comparaciones.

- Impresión de los ascensos y descensos en cada malla para el período de simulación.

- Impresión del Balance Másico a nivel mensual en resumen anual, para cada una de las variables de entrada y salida.

3.- DISCRETIZACION Y CONDICIONES DE BORDE.-

El proceso de discretización tiene por objeto dividir espacialmente el modelo en celdas rectangulares de acuerdo con las características hidrogeológicas del embalse subterráneo, con las condiciones de borde y con la densidad de información disponible. Además se define la unidad de tiempo con la cual se desea trabajar.

3.1 DISCRETIZACION ESPACIAL

El acuífero del Maipo - Mapocho es muy extenso y en su interior se localizan una gran cantidad de cerros islas, ríos, esteros y situaciones de piedemonte que conforman las condiciones de borde del embalse subterráneo. La división en celdas debió tener en cuenta todas y cada una de estas condiciones de borde, con el objeto de poder simular propiamente las características físicas y de funcionamiento que se debe asignar a cada celda.

Las características más importantes se refieren a: Los ríos Colina, Mapocho y Maipo que, o bien recargan agua al acuífero, o bien reciben agua desde éste; los cerros islas que conforman bordes impermeables; los piedemontes desarrollados que constituyen un límite con otro acuífero de diferente permeabilidad conectado hidráulicamente; las vertientes y los esteros La Berlina, El Gato, por ejemplo que corresponden a descargas naturales del embalse subterráneo.

Para los casos de los ríos Colina y Mapocho, en los sectores en que el lecho se encuentra sobre material impermeable, no se ha considerado la existencia de conexión entre ellos y el acuífero.

Existen además algunas zonas, que en general coinciden con las que disponen de abundante agua superficial, en las que no existen datos de pozos, norias o sondeos, o bien son muy escasos. Estas zonas se refieren a los sectores sur y poniente del modelo, como también al borde oriental entre las entradas de los ríos Maipo y Mapocho. En ellas se han definido mallas más bien extensas, debido a las razones antes explicadas.

En total el modelo tiene 1.188 mallas cuya superficie varía entre 100 y 900 Hás. y de ellas hay 856 activas, las que cubren los 2.000 Km² de acuífero.

3.2 DISCRETIZACION TEMPORAL

Se ha elegido como unidad de tiempo para la simulación, un lapso de un mes. Esto de acuerdo con las características de funcionamiento del acuífero, y con la precisión buscada en el proceso de simulación. Las razones que se tuvieron en cuenta para esta discretización son:

- La demanda agrícola y poblacional tiene una ley de variación mensual.
- Las infiltraciones que provienen del régimen de precipitaciones se localizan en determinados meses del año.
- Las infiltraciones de regadío, siguen el mismo régimen de variación de la demanda del agua para agricultura.

3.3 CONDICIONES DE BORDE

Las condiciones de borde que se han tenido en cuenta se refieren a:

- Bordes laterales impermeables
- Bordes laterales permeables
- Situación de las vertientes
- Relación río-acuífero.

El contacto entre el relleno aluvial y la roca fundamental, corresponde a un borde impermeable, ya que no hay circulación de agua en ninguno de los dos sentidos.

Existe un límite arbitrario, tanto en el sector poniente como en el borde oriente, y que corresponde a la continuidad de los valles de los ríos Lampa, Mapocho, Colina y Maipo; en dichos sitios hay una continuidad acuífera, por lo que corresponde a un borde de tipo permeable, que se simula permitiendo el paso del agua en ambos sentidos. Este mismo hecho sucede en las zonas de piedemonte, tales como la Quebrada de Ramón, las rinconadas de Lipanque, Lo Aguirre y otras.

Las vertientes constituyen una salida natural de agua desde el embalse subterráneo y ^{se} representa como un borde, en el que la cota piezométrica tiene un máximo que coincide con el nivel de terreno.

Los ríos Lampa, Colina, Mapocho y Maipo presentan características en su lecho, tal que en determinados sectores se encuentran en comunicación hidráulica con el acuífero, permitiendo en consecuencia el paso de agua en ambos sentidos. En estos casos se le ha asignado un valor de K a la permeabilidad del lecho.

En otros casos, esto no ha sido posible, debido a la escasez de medidas de terreno, que ha impedido contar con elementos de contraste, y en tales casos se ha simulado como recarga concentrada en las mallas definidas como borde de río.

4.- PREPARACION DEL MODELO MATEMATICO

4.1. Introducción.-

La preparación del modelo matemático, consiste en producir un programa de computación que sea capaz de reproducir las condiciones de funcionamiento del embalse subterráneo y que permita operarlo introduciendo en él diferentes condiciones de explotación.

Para ello se tomó como base la publicación N° 55 del año 1971 del Illinois State Water Survey de los autores T.A. Prickett y C.G. Lonquist titulada "Selected Digital Computer Techniques for Groundwater Resource Evaluation".

Sobre dicha base se preparó un modelo llamado SIMAC 1, adecuado por nuestra empresa para ser empleado en las simulaciones hidrogeológicas del embalse subterráneo de Maipo - Mapocho, labor que se cumplió durante los meses de Abril, Mayo y Junio del presente año 1983.

A continuación se describen las variables y parámetros que el modelo hidrogeológico requiere para su funcionamiento, incluyéndose además el formato y orden de entrada de ellos.

En este caso se entrega un esquema de entrada de datos en tarjetas perforadas, el cual no requiere de modificaciones si el trabajo se realizara a través de un terminal.

4.2. Definición de variables y parámetros de entrada.-

4.2.1. Datos Generales

Estos se refieren al número de mallas del modelo, sus dimensiones, identificación según un sistema de ejes (I,J), y valor por malla de los parámetros físicos principales: transmisividad, almacenamiento y cota piezométrica inicial.

Además se incluye el período de simulación, factores de corrección para los parámetros físicos y la cota de error para la convergencia del modelo.

Las variables utilizadas por el modelo para estos datos son las siguientes:

TITULO : Título del trabajo.

LO : Número total de mallas activas, incluyendo las de condiciones de borde exteriores.

NC : Número de columnas (dirección I).

NR : N° de filas (dirección J).

ERROR : Cota para la convergencia del modelo. Suele tomarse $ERROR = 0,1 \times LO$ (metros).

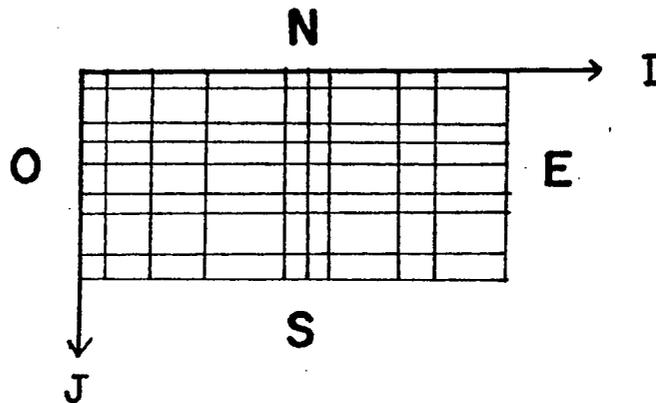
NMESES : N° de meses a simular.

12.-

- IDIMX : Dimensión, en metros, de las mallas según la dirección I.
- IDIMY : Dimensión, en metros, de las mallas según la dirección J.
- FAC1 : Factor que multiplica el valor original de la transmisividad, según la dirección I.
- FAC2 : Lo mismo que FAC1, pero con la transmisividad en la dirección J.
- FACSF : Factor que multiplica el valor original del coeficiente de almacenamiento.
- T1 : Transmisividad según la dirección I para la malla (I,J) ($m^3/día/m$).
- T2 : Transmisividad según la dirección J para la malla (I,J) ($m^3/día/m$).
- SF : Coeficiente de almacenamiento para la malla (I,J) (0/1).
- H : Cota piezométrica en la malla (I,J) para el instante de tiempo t . (m).

4.2.2. Datos sobre mallas exteriores

Corresponde a la información sobre cuáles son las mallas con condiciones de borde exteriores, y su orientación respecto de un sistema arbitrario. Este último se compone de las cuatro direcciones cardinales, que normalmente se ubican según el siguiente esquema:



Las variables utilizadas son:

- NMEN : N° de mallas exteriores que ingresan al modelo desde la dirección Norte.
- NMEE : N° de mallas exteriores que ingresan al modelo desde la dirección Norte, más las que lo hacen desde el Este
- NMES : N° de mallas exteriores que ingresan al modelo por el Norte, más las del Este y Sur.
- NMEW : N° total de mallas exteriores.
- (IM, JM) : Coordenadas de cada malla exterior.

4.2.3. Datos para el contraste piezométrico

Estos consisten en identificar las mallas elegidas para el contraste entre la piezometría medida y la modelada, además de las cotas piezométricas mensuales registradas en los pozos correspondientes.

Las variables empleadas son:

- ND : N° de mallas donde se hará el contraste piezométrico.
- (ID,JD) : Coordenadas de las mallas elegidas para este efecto.
- HOD : Cota piezométrica medida para cada malla (ID,JD); se requiere de un valor por mes (m).
- MES : Nombre de los meses en que se hará la simulación, partiendo con el mes elegido para su comienzo.

4.2.4. Datos para la simulación de la relación río-acuífero

Se trata de identificar las mallas donde existe interrelación entre los cauces superficiales y el acuífero, incluyendo para cada una de ellas los parámetros que caracterizan esta relación.

Las variables utilizadas son:

- NQR : N° de mallas con relación río-acuífero.
- (IR, JR) : Coordenadas de cada malla con relación río-acuífero.
- RD : Cota del lecho del río para la malla (IR, JR) (m).
- RH : Cota del agua en el río para la malla (IR, JR) (m).
- R : Factor que caracteriza la permeabilidad del lecho del río para la malla (IR, JR).

$$R = \frac{K}{e} \times A \quad (\text{m}^3/\text{día}/\text{m})$$

donde K = permeabilidad del lecho (m/día)

e = espesor del lecho (m)

A = área del lecho ocupada por el río/(m²)

4.2.5. Datos sobre vertientes

Se refiere a la información de las mallas donde existen afloramientos de la napa subterránea.

Se acostumbra suponer la posibilidad de afloramientos en todas las mallas de la cuenca simulada, como un elemento más de contraste.

Las variables empleadas son :

NVER : N° de mallas con vertientes.
(IV,JV) : Coordenadas de cada malla con vertientes.
RDV : Cota piezométrica mínima de vertimiento.
Normalmente se toma igual a la cota de terreno (m).

4.2.6. Datos sobre bombeos e infiltraciones

Se trata de la información sobre las diferentes fuentes de descarga y recargas desde la superficie del acuífero, incluyendo para cada caso el número de mallas afectadas, el volumen anual que se infiltra o bombea por cada una de las mallas, y la distribución mensual de ese volumen.

Las variables que se agregan entonces son :

- TITULR : Denominación de la fuente de descarga o recarga considerada.
- NP : N° de mallas con determinada recarga o descarga.
- ICL : Clasificación del tipo de situación de que se trata (Ej. infiltraciones por lluvias, infiltraciones de riego, bombeos por industrias, etc.).
- FC : Factor multiplicador del volumen anual de recarga o descarga. Sirve para modificar los datos en forma global.
- Para infiltraciones debe ser positivo, mientras que para los bombeos debe ser negativo (- 1.0 si se quiere trabajar con los valores originales).
- FD : Coeficiente de distribución mensual del volumen anual de recarga o descarga (un valor por mes).
- (IP,JP) : Coordenadas de la malla afectada de una descarga o recarga determinada.
- P : Volumen anual que se infiltra o bombea, según sea el caso, para la malla (IP,JP) (m³/año).

4.3. Formato de entrada de datos.-

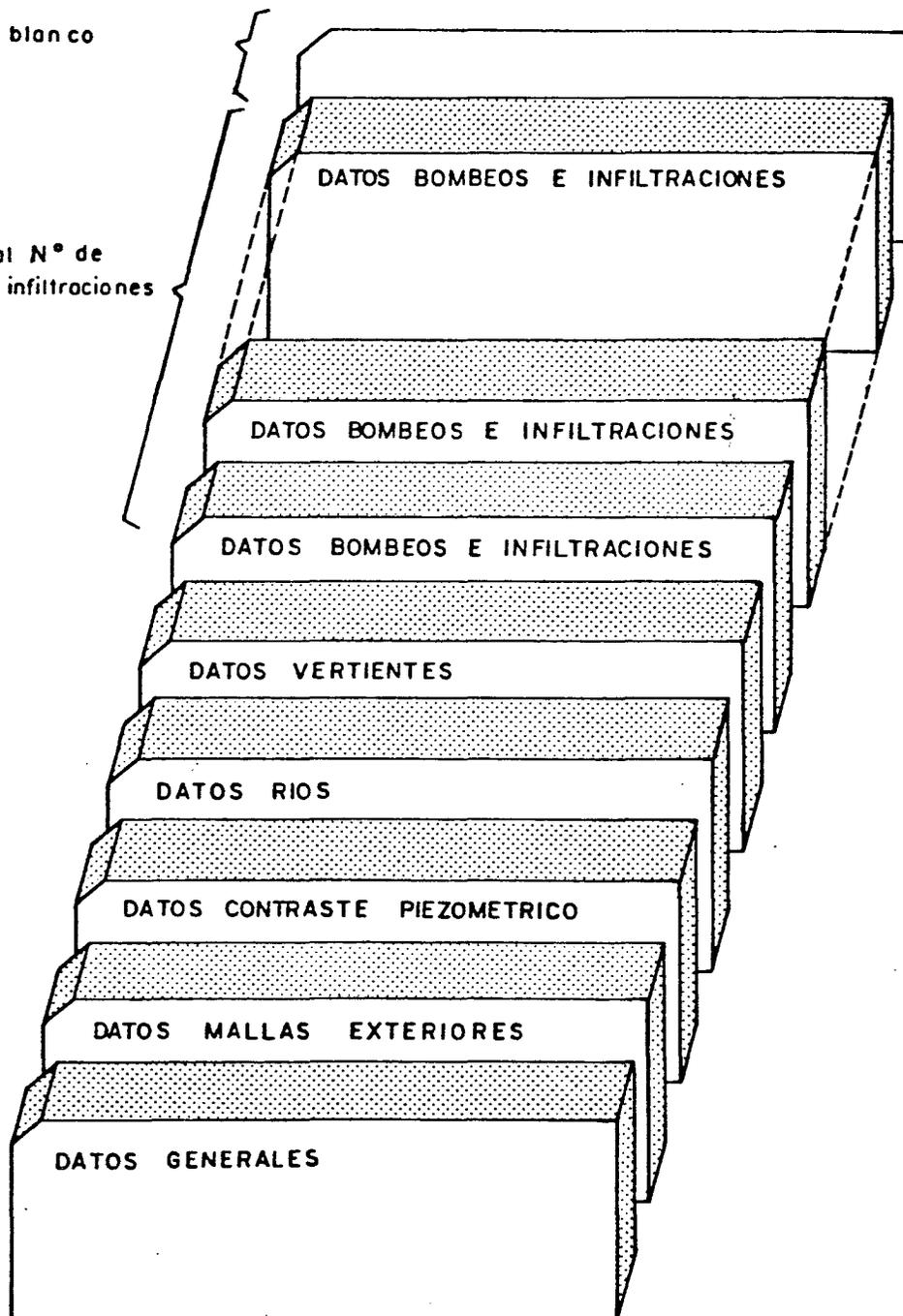
Se presentan a continuación los esquemas para el ingreso de los datos del modelo, al computador.

En primer lugar se indica el orden en que debe ubicarse los diferentes grupos de datos. Posteriormente se da el formato de entrada de cada variable, y el orden de las tarjetas en cada grupo.

ESQUEMA ENTRADA DE DATOS

Tarjeta en blanco

Se repite de acuerdo al N° de fuentes de bombes e infiltraciones existentes.



ALAMOS Y PERALTA

INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

RECURSOS HIDRAULICOS

AGUAS SUBTERRANEAS

REGADIO

AGUA POTABLE E INDUSTRIAL

DATOS MALLAS EXTERIORES

MALLAS EXTERIORES OESTE														
(NMEN - NMES - NMEE - NMEN) TARJETAS														
IM	JM	I3	I3										I3	I3
0	0	0	0										0	0
1	2	3	4										1	1
5	6	7	8										5	5
9	10	11	12										9	9
13	14	15	16										13	13
17	18	19	20										17	17
21	22	23	24										21	21
25	26	27	28										25	25
29	30	31	32										29	29
33	34	35	36										33	33
37	38	39	40										37	37
41	42	43	44										41	41
45	46	47	48										45	45
49	50	51	52										49	49
53	54	55	56										53	53
57	58	59	60										57	57
61	62	63	64										61	61
65	66	67	68										65	65
69	70	71	72										69	69
73	74	75	76										73	73
77	78	79	80										77	77
81	82	83	84										81	81
85	86	87	88										85	85
89	90	91	92										89	89
93	94	95	96										93	93
97	98	99	00										97	97
01	02	03	04										01	01
05	06	07	08										05	05
09	10	11	12										09	09
13	14	15	16										13	13
17	18	19	20										17	17
21	22	23	24										21	21
25	26	27	28										25	25
29	30	31	32										29	29
33	34	35	36										33	33
37	38	39	40										37	37
41	42	43	44										41	41
45	46	47	48										45	45
49	50	51	52										49	49
53	54	55	56										53	53
57	58	59	60										57	57
61	62	63	64										61	61
65	66	67	68										65	65
69	70	71	72										69	69
73	74	75	76										73	73
77	78	79	80										77	77
81	82	83	84										81	81
85	86	87	88										85	85
89	90	91	92										89	89
93	94	95	96										93	93
97	98	99	00										97	97
01	02	03	04										01	01
05	06	07	08										05	05
09	10	11	12										09	09
13	14	15	16										13	13
17	18	19	20										17	17
21	22	23	24										21	21
25	26	27	28										25	25
29	30	31	32										29	29
33	34	35	36										33	33
37	38	39	40										37	37
41	42	43	44										41	41
45	46	47	48										45	45
49	50	51	52										49	49
53	54	55	56										53	53
57	58	59	60										57	57
61	62	63	64										61	61
65	66	67	68										65	65
69	70	71	72										69	69
73	74	75	76										73	73
77	78	79	80										77	77
81	82	83	84										81	81
85	86	87	88										85	85
89	90	91	92										89	89
93	94	95	96										93	93
97	98	99	00										97	97
01	02	03	04										01	01
05	06	07	08										05	05
09	10	11	12										09	09
13	14	15	16										13	13
17	18	19	20										17	17
21	22	23	24										21	21
25	26	27	28										25	25
29	30	31	32										29	29
33	34	35	36										33	33
37	38	39	40										37	37
41	42	43	44										41	41
45	46	47	48										45	45
49	50	51	52										49	49
53	54	55	56										53	53
57	58	59	60										57	57
61	62	63	64										61	61
65	66	67	68										65	65
69	70	71	72										69	69
73	74	75	76										73	73
77	78	79	80										77	77
81	82	83	84										81	81
85	86	87	88										85	85
89	90	91	92										89	89
93	94	95	96										93	93
97	98	99	00										97	97

MALLAS EXTERIORES SUR														
(NMES - NMEE - NMEN) TARJETAS														
IM	JM	I3	I3										I3	I3
0	0	0	0										0	0
1	2	3	4										1	1
5	6	7	8										5	5
9	10	11	12										9	9
13	14	15	16										13	13
17	18	19	20										17	17
21	22	23	24										21	21
25	26	27	28										25	25
29	30	31	32										29	29
33	34	35	36										33	33
37	38	39	40										37	37
41	42	43	44										41	41
45	46	47	48										45	45
49	50	51	52										49	49
53	54	55	56										53	53
57	58	59	60										57	57
61	62	63	64										61	61
65	66	67	68										65	65
69	70	71	72										69	69
73	74	75	76										73	73
77	78	79	80										77	77
81	82	83	84										81	81
85	86	87	88										85	85
89	90	91	92										89	89
93	94	95	96										93	93
97	98	99	00										97	97
01	02	03	04										01	01
05	06	07	08										05	05
09	10	11	12										09	09
13	14	15	16										13	13
17	18	19	20										17	17
21	22	23	24										21	21
25	26	27	28										25	25
29	30	31	32										29	29
33	34	35	36										33	33
37	38	39	40										37	37
41	42	43	44										41	41
45	46	47	48										45	45
49	50	51	52										49	49
53	54	55	56										53	53
57	58	59	60										57	57
61	62	63	64										61	61
65	66	67	68										65	65
69	70	71	72										69	69
73	74	75	76										73	73
77	78	79	80										77	77
81	82	83	84										81	81
85	86	87	88										85	85
89	90	91	92										89	89
93	94	95	96										93	93
97	98	99	00										97	97

MALLAS EXTERIORES ESTE														
(NMEE - NMEN) TARJETAS														
IM	JM	I3	I3										I3	I3
0	0	0	0										0	0
1	2	3	4										1	1
5	6	7	8										5	5
9	10	11	12										9	9
13	14	15	16										13	13
17	18	19	20										17	17
21	22	23	24										21	21
25	26	27	28										25	25
29	30	31	32										29	29
33	34	35	36										33	33
37	38	39	40										37	37
41	42	43	44										41	41
45	46	47	48										45	45
49	50	51	52										49	49
53	54	55	56										53	53
57	58	59	60										57	57
61	62	63	64										61	61
65	66	67	68										65	65
69	70	71	72										69	69
73	74	75	76										73	73
77	78	79	80										77	77
81	82	83	84										81	81
85	86	87	88										85	85
89	90	91	92										89	89
93	94	95	96										93	93
97	98	99	00										97	97
01	02	03	04										01	01
05	06	07	08										05	05
09	10	11	12										09	09
13	14	15	16										13	13
17	18	19	20										17	17
21	22	23	24										21	21
25	26	27	28										25	25
29	30	31	32										29	29
33	34	35	36										33	33
37	38	39	40										37	37
41	42	43	44										41	41
45	46	47	48										45	45
49	50	51	52										49	49
53	54	55	56										53	53
57	58	59	60										57	57
61	62	63	64										61	61
65	66	67	68										65	65
69	70	71	72										69	69
73	74	75	76										73	73
77	78	79	80										77	77
81	82	83	84										81	81
85	86	87	88										85	85
89	90	91	92										89	89
93	94	95	96										93	93
97	98	99	00										97	97

MALLAS EXTERIORES NORTE														
NMEN - TARJETAS														
IM	JM	I3	I3										I3	I3
0	0	0	0										0	0
1	2	3	4										1	1
5	6	7	8										5	5
9	10	11	12										9	9
13	14	15	16										13	13
17	18	19	20										17	17
21	22	23	24										21	21
25	26	27	28										25	25
29	30	31	32										29	29
33	34	35	36										33	33
37	38	39	40										37	37
41	42	43	44										41	

DATOS VERTIENTES

Table with columns: IV, JV, RDV, I3, I3, F6.1, NVER, MALLAS CON VERTIENTES, NVER, 1 TARJETA. Includes a grid of numbers and a header 'NVER TARJETAS'.

DATOS BOMBES E INFILTRACIONES

Table with columns: IP, JP, P, I3, I3, E7.0, VOLUMEN ANUAL RECARGA O DESCARGA, NP, FC, ICL, FD1-FD12, FACTORES RECARGA O DESCARGA, TITULR, NP, DATOS GENERALES, DESCARGA O RECARGA. Includes a header 'NP TARJETAS' and a sub-header 'DATOS GENERALES'.

5.- DATOS DE ENTRADA.-

5.1 Aspectos Generales.-

Los datos de entrada al modelo están constituidos por los valores iniciales de la piezometría, los valores de T y S asignados a cada malla, como también los volúmenes de infiltración por lluvias y riego, además de los volúmenes bombeados por cada malla.

Estos se definen con una periodicidad mensual puesto que así se ha elegido la discretización temporal.

La precisión requerida en estos datos iniciales debe estar en concordancia con la precisión exigida al modelo. No obstante, errores en la determinación de T, S y H_0 , son también advertidos en el modelo durante el proceso de colaje, en el cual se ajustan de acuerdo con un proceso de aproximaciones sucesivas.

Los valores colocados, tal y como se detallará más adelante, se basan tanto en las mediciones directas realizadas en el terreno, como en la interpretación hidrogeológica realizada por los especialistas.

5.2 Piezometría Inicial

Los antecedentes sobre mediciones de niveles estáticos existentes en el informe de IPLA para la Comisión Nacional de Riego (C.N.R.) fueron graficados para una mejor visualización del fenómeno de las fluctuaciones. En dicho informe se cuenta con la información graficada, pero su escala de dibujo no era práctica para estos fines por lo cual se prefirió redibujar la información. Se dibujó y analizó información proveniente de 67 pozos profundos.

La información se dibujó para el período 1970-1976 salvo dos de ellos que abarcaron desde 1960 a 1976.

Referente a la discretización temporal, expresada anteriormente, se requería elegir un período de un año con antecedentes mensuales; ello coincide con un ciclo de variaciones del nivel estático, en el cual se definen máximos y mínimos.

El análisis de la información y gráficos, permitió seleccionar el período 1974-1975 como año de simulación, dado que la estadística recopilada es la con mayor información para año más reciente. Dentro de ese período anual, el mes de Marzo de 1974, por su ubicación en la curva de variación, resulta el de mayor interés para iniciar allí el período de simulación.

Las cotas de los puntos de medición del N.E. se obtuvieron del catastro de pozos, tanto de CORFO como de IPLA y fue revisada por las cotas del plano 1 a 50.000 del I.G.M. Con ello

se obtuvieron las cotas del N.E. respecto al nivel del mar para Marzo 1974 en 67 puntos.

La ubicación de los pozos en el plano, se obtuvo del informe IPLA para la C.N.R. referido anteriormente.

Dado que 67 puntos de control resultan insuficientes para trazar las curvas isopiezas en toda la cuenca Maipo Mapocho que cubre el mallaje, fue necesario complementar la información adicional. Para ello se utilizaron dos metodologías de ampliación :

- 1°) Se utilizaron relaciones entre niveles estáticos de pozos patrones (de los 67) con pozos que no tenían datos de niveles para Marzo 74, pero sí en otros meses y otros años. La diferencia de cota relacionada, para otros meses entre ambos pozos, fue aplicada a la medición de Marzo 74 en el pozo conocido y así se obtuvo la cota del pozo sin antecedentes.
- 2°) La forma de las curvas isopiezas, en aquellas zonas sin datos del N.E. fue extraída de la forma que tenían dichas curvas en el informe CORFO - IIG de 1970 "Hidrogeología de la Cuenca de Santiago", ajustándolas a las cotas obtenidas para Marzo 1974.

Las cotas del N.E., Marzo 74, para cada celda se obtuvieron del plano de curvas isopiezas recién descrito, adjuntándose éste.

5.3 Valores de T y S

5.3.1 Valores de T

Se analizó la información existente en el informe IPLA-CNR y sus resultados, los que pueden observarse en el Plano N° de dicho informe.

Se procedió a contrastar esa información con datos de los terrenos atravesados y aplicando criterios de penetración parcial de sondeos. Además se estudiaron las carpetas de antecedentes de cada pozo, sus pruebas de bombeo y especialmente los cálculos de T efectuados por IPLA para esas pruebas. Finalmente se analizó la información presentada por IIG-CORFO en el informe de 1970 recién mencionado, la cual se encontraba resumida en el plano de caudales específicos.

Para relacionar los caudales específicos, expresados en lts/seg/m, con valores de transmisibilidad, expresados en m³/día/m se utilizó la fórmula $T = \alpha \times CE$ en que a α se le asignó un valor de 200.

Efectuado el análisis de todo el material descrito, se optó por considerar el plano de caudales específicos entregado en el informe IIG-CORFO como el más representativo de los valores de T. El plano de C.E. en escala 1 a 100.000 se sobrepuso al mallaje, aplicándose a la vez la fórmula $T = \alpha \times C.E.$; se obtuvieron así los valores de T para cada celda, valores que aparecen en el plano adjunto.

Esos valores serán los de partida del modelo, los que se irán ajustando en el proceso de calibración del modelo.

5.3.2 Valores de S

Los valores de S fueron obtenidos al analizar pruebas de bombeo, según información recopilada por IPLA la que principalmente está extractada de información proveniente de CORFO y algunas firmas perforistas. Esta información se contrastó con antecedentes similares obtenidos por nuestra firma en experiencias anteriores.

Se asignaron valores a cada celda, propios de la naturaleza del acuífero, que en este valle presenta características de acuífero libre, salvo la zona baja de Lampa y Colina con acuíferos a presión.

Se consideraron también aspectos tales como la evolución que el coeficiente S presentará para efectos de drenaje retardado, propios de un proceso de simulación y bombeos a largo plazo.

Los valores de S, asignados para cada celda, se presentan en el plano adjunto y serán los valores de entrada al modelo, los que se irán ajustando durante la calibración de éste.

5.4 Condiciones Topográficas

La necesidad de conocer las cotas de terreno en las diferentes celdas, se debe a la necesidad de contrastar las salidas del modelo en relación con las ubicaciones de las vertientes, ya que el modelo asignará como vertientes a aquellas celdas donde el nivel del agua subterránea resulte superior al nivel del terreno.

Para obtener la cota del terreno de cada celda, se utilizó la información topográfica de los planos 1 a 50.000 del IIG, reduciendo éstos a 1:100.000 y calzándolos con el mallaje; obteniéndose así la cota del punto central de las celdas.

5.5 Infiltración por Regadío

5.5.1 Desde Aguas Superficiales

Con el objeto de individualizar y calcular las áreas regadas en la cuenca y su potencial infiltración que recarga los acuíferos del valle, se consideró la información existente en el estudio de IPLA para la Dirección General de Aguas, titulado "Estudio Racionalización (Primera Sección Río Maipo - 1974".

En dicho estudio, se encuentran individualizadas las áreas de riego de cada canal proveniente de los Ríos Maipo, Mapocho y Colina, tanto en superficie como en ubicación, la cual se encuentra dibujada en plano de escala 1 a 100.000, coincidente con la escala del Modelo.

A continuación se procedió a determinar la tasa de riego anual, para cada canal a nivel de su bocatoma, según antecedentes del informe citado, para año de sequedad 50%.

Tanto la ubicación de las áreas regadas por canal, como la tasa anual de riego, se pueden observar en el plano adjunto.

Posteriormente se estudió y asignó para cada canal un porcentaje del agua de riego, a nivel de bocatoma, que se infiltra y pasa a recargar el acuífero, considerándose del orden del 30%. Para ello se tuvo en cuenta los tipos de suelos y sistemas de riego habituales, así como los valores que alcanza la tasa de riego.

Con todo lo anterior, se procedió a calcular el volumen anual de infiltración, por hectárea, de cada sector de riego. Sobreponiendo el plano descrito con las áreas de riego, al del mallaje, fue posible calcular el volumen anual infiltrado para cada celda, plano que se adjunta.

Con la información obtenida en el estudio de IPLA para la D.G.A., se procedió también a determinar la distribución mensual de la infiltración, adoptándose para la cuenca Maipo - Mapocho la siguiente :

M e s	%
Septiembre	8
Octubre	12
Noviembre	15
Diciembre	15
Enero	15
Febrero	15
Marzo	10
Abril	10
A ñ o	100

5.5.2 Desde Aguas Subterráneas

Existen áreas de la Cuenca Maipo - Mapocho que son regadas con aguas subterráneas extraídas por bombeo desde pozos profundos; entre esas áreas deben distinguirse áreas regadas exclusivamente con aguas subterráneas, de áreas regadas en forma mixta por aguas superficiales y subterráneas, utilizando las subterráneas como complemento de las superficiales.

Para el sector Norte del Mapocho, que se riega exclusivamente con aguas subterráneas (como ser Lampa) y para el sector de Colina que posee regadío mixto, se aplicó una infiltración proveniente del regadío con aguas subterráneas, equivalente a un 20% del volumen bombeado.

Para el sector al Sur del Mapocho, la infiltración provocada por el regadío con aguas subterráneas, se consideró nula ya que en ese sector las aguas subterráneas sólo se emplean en años de fuerte déficit de aguas superficiales y en esos casos la dotación de riego total por hectárea no cambia de la ya considerada para aguas superficiales. Además la encuesta del bombeo de pozos indicó que en este sector al Sur del Mapocho la utilización de los pozos era muy baja, inferior al 5%, ésto en horas de bombeo respecto a horas anuales.

5.6 Infiltración por Lluvias

5.6.1 En Area Rural

Utilizando la estadística de precipitaciones, recogida de la estación Quinta Normal, se consideró como infiltración mensual proveniente de las lluvias, aquella que resultaba de aplicar la fórmula

$$I = (0,7) (P - 60 \text{ mm}), \text{ en que}$$

I = infiltración en mm/mes

P = precipitación mensual

Se obtuvieron así para el año 1974, sólo dos meses con producción de infiltración, a saber Mayo y Junio, con valores de

$$I_{\text{Mayo}} = 0,7 (99,7 - 60) = 28 \text{ mm.}$$

$$I_{\text{Junio}} = 0,7 (225,5 - 60) = \underline{114,6} \text{ mm} \quad ?$$

$$\text{Infiltración para año 1974} = 142 \text{ mm}$$

Ese valor de infiltración se aplicó a la superficie de cada celda, del área rural, obteniéndose así el volumen total anual infiltrado por este concepto en cada una de ellas.

Del volumen anual infiltrado, se consideró que un 20% lo hacía en el mes de Mayo y el 80% restante en Junio, siendo nulo en los 10 meses restantes.

A diferencia de las otras cuencas modeladas, en ésta y debido a su magnitud y extensión, se procedió a afectar los valores de infiltración así obtenidos por un coeficiente que relaciona la precipitación del año 50% en Quinta Normal, con la precipitación del año 50% en otros puntos de la cuenca. Así tenemos que en una celda del sector Sur, donde la precipitación media alcanza a 550 mm, la infiltración se consideró 1,57 veces la infiltración del sector Quinta Normal, cuya precipitación media es de 350 mm.

5.6.2 En Area Urbana

Para este caso se aplicó el sistema de cálculos que para el área Rural, salvo el hecho de que las celdas de esta área se les ha afectado por un coeficiente que tiene relación con el área factible de infiltrar en relación al área total de la celda.

Se ha considerado un factor de 50%, correspondiendo ello a superficie de jardines y suelos sin pavimentos.

Con relación al centro urbano de Santiago y alrededores, que tiene casi la totalidad de su superficie cubierta con techumbres y pavimentos, se prefirió no innovar en el coeficiente de 50%, debido a la poca representatividad de esta área en el total de la cuenca cubierta por el mallaje ya que no sobrepasa dos celdas.

Los volúmenes anuales de infiltración por lluvias, en todas las celdas de la cuenca Maipo - Mapocho, se pueden observar en el plano adjunto.

5.7 Infiltración Proveniente de las Redes de Agua Potable y Alcantarillado

El agua potable se distribuye en la ciudad por medio de una extensa red de tuberías matrices, submatrices y de repartición. Dentro de ellas el agua se encuentra a presión produciéndose fugas de agua por grietas o fisuras; uniones sin suficiente aprete de juntas; piezas en mal estado, etc.

La Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias (EMOS), se encuentra efectuando un estudio de pérdidas de agua en la compleja red que abastece la ciudad de Santiago; se estima que las pérdidas totalizan un 40% de las aguas que ingresan a la red.

Para los efectos del Modelo se considera que un 30% de las aguas que ingresan a la red, se fugan de ella y entran a recargar el acuífero.

EMOS calcula en 15 m³/seg el caudal medio que ingresa a la red de agua potable y por lo tanto 4,5 m³/seg recargarían el acuífero, es decir 142 millones de m³ al año.

Se considera que este volumen anual se distribuye uniformemente en los 12 meses del año y a la vez uniformemente en el área cubierta por la ciudad, 460 Km². Con ello se obtiene una infiltración por este concepto, de 260 m³ mensuales por Há. de ciudad.

Igual dotación de infiltración se ha considerado para el sector de Las Condes abastecido por la Empresa Lo Castillo y para los sectores abarcados por Pueblos de la Cuenca.

Los resultados obtenidos para cada celda, pueden observarse en el plano adjunto.

5.8 Bombeo de Pozos Profundos

Se analizó el catastro de pozos entregado por IPLA para este proyecto de la C.N.R., tanto en lo que a antecedentes del pozo se refiere como a su ubicación en el plano. En el caso de dudas, se revisó el catastro de CORFO y antecedentes recopilados por nuestra firma, efectuando las correcciones correspondientes.

Los pozos fueron divididos en dos categorías : los en uso (según catastro) y los sin uso, de estudio y abandonados, por otra parte. En cuanto a los en uso se dividieron según su finalidad, en agua potable, regadío e industriales.

Para estas tres finalidades o usos, se organizó y efectuó una encuesta destinada a conocer el volumen mensual extraído de él en un período de 12 meses, encuesta que se describirá en forma separada para cada uso, al igual que el resultado obtenido.

La encuesta se efectuó sobre la base de los últimos 12 meses o del último período de riego. Podrá discutirse que este período no represente adecuadamente el año me di o de los últimos tiempos y en especial 1974-1975, de bi do al período de recesión por una parte y a la especial condición hidrológica del año 1982, de gran precipitación.

Estos aspectos fueron considerados en la selección de los factores de utilización que se explicarán para regadío e Industrias.

5.8.1 Bombes para Agua Potable

En el caso del agua potable, se agruparon los pozos por Empresa de Abastecimiento : EMOS, Lo Castillo y Rurales, entre los cuales y por su importancia se destaca MAIPU.

Se procedió a solicitar los antecedentes a las respectivas Empresas de Agua Potable, lográndose una extraordina ria aceptación. Se obtuvo así el volumen mensual bombeado para cada recinto, en aproximadamente el 80 a 90% de los casos. Se consideró directamente estos valores en la celda correspondiente.

En aquellos casos sin antecedentes, especialmente Rurales, se asignó una dotación de 200 a 300 lts/habitante día para poblaciones censadas, contrastado ello con la capacidad de los pozos.

Se presenta un plano con los volúmenes totales anuales, para cada celda del mallaje, extraídos por bombeo y utilizados como agua potable.

La distribución mensual del volumen anual obtenido para cada celda, se obtuvo de las estadísticas obtenidas de los principales centros o empresas de bombeo, tales como: MAIPU, Lo Castillo y EMOS en Lo Valledor y otros recintos. Se adjunta el gráfico y la tabla de distribución adoptada.

5.8.2 Bombeos para Regadío

Del listado de pozos que se utilizan en regadío, se efectuó una selección para encuestarlos, cubriendo un 20% de ellos y que éstos abarcasen todas las áreas de la cuenca.

Se efectuó la encuesta directa en terreno, se analizó y se calcularon los volúmenes mensuales extraídos en cada uno de los pozos encuestados.

~~El~~ base al caudal de prueba del pozo encuestado, según catastro, se procedió a calcular un "factor de utilización", factor que representa el N° de m³ bombeados respecto al total de m³ anuales factibles según catastro. Este factor fue ubicado en la plano de la cuenca, observándose así que en el área de Lampa y bajo Colina el factor era cercano al 40%; en Colina y áreas al Norte del Mapocho era cercano al 20% y al Sur del Mapocho sobrepasaba el 5%.

Se procedió entonces a calcular el volumen anual bombeado por cada pozo en base al sistema que se detalla :

- ubicar el pozo en la celda correspondiente.
- asignar al pozo el caudal del catastro
- asignar los siguientes factores de utilización de pozos :
 - . áreas regadas sólo con aguas subterráneas : 40%
 - . áreas de riego mixto al Norte del Mapocho : 20%
 - . áreas de riego mixto, al Sur del Mapocho : 5%
- obtener el volumen anual bombeado por cada pozo, mediante su caudal unitario asignado, el número de horas anuales y el factor de utilización.
- obtener el volumen anual total de cada celda, como integración de los pozos allí existentes. Se presenta un plano con estos valores.

Finalmente se procedió a determinar una distribución mensual para dicho volumen anual.

M e s	%	M e s	%
Sept.	8	Enero	15
Oct.	12	Febrero	15
Nov.	15	Marzo	10
Dic.	15	Abril	10
		A ñ o	100

5.8.3 Bombes para Industrias

Primeramente se procedió a agrupar los pozos Industriales de la cuenca, según tipo de Industria, tales como: cuero y calzado, tintorerías, textiles, cervecerías, etc.

Una vez hecho lo anterior se efectuó una selección de aproximadamente el 30% de los pozos para encuestarlos, procediéndose primeramente a enviarles cartas para explicarles el motivo del trabajo y solicitarles el dato, continuándose después con reiteradas visitas a las Industrias, tendientes a lograr respuestas. Es necesario hacer presente que éste fue el sector con mayor dificultad para encuestarlo y que a la vez entregó menor información.

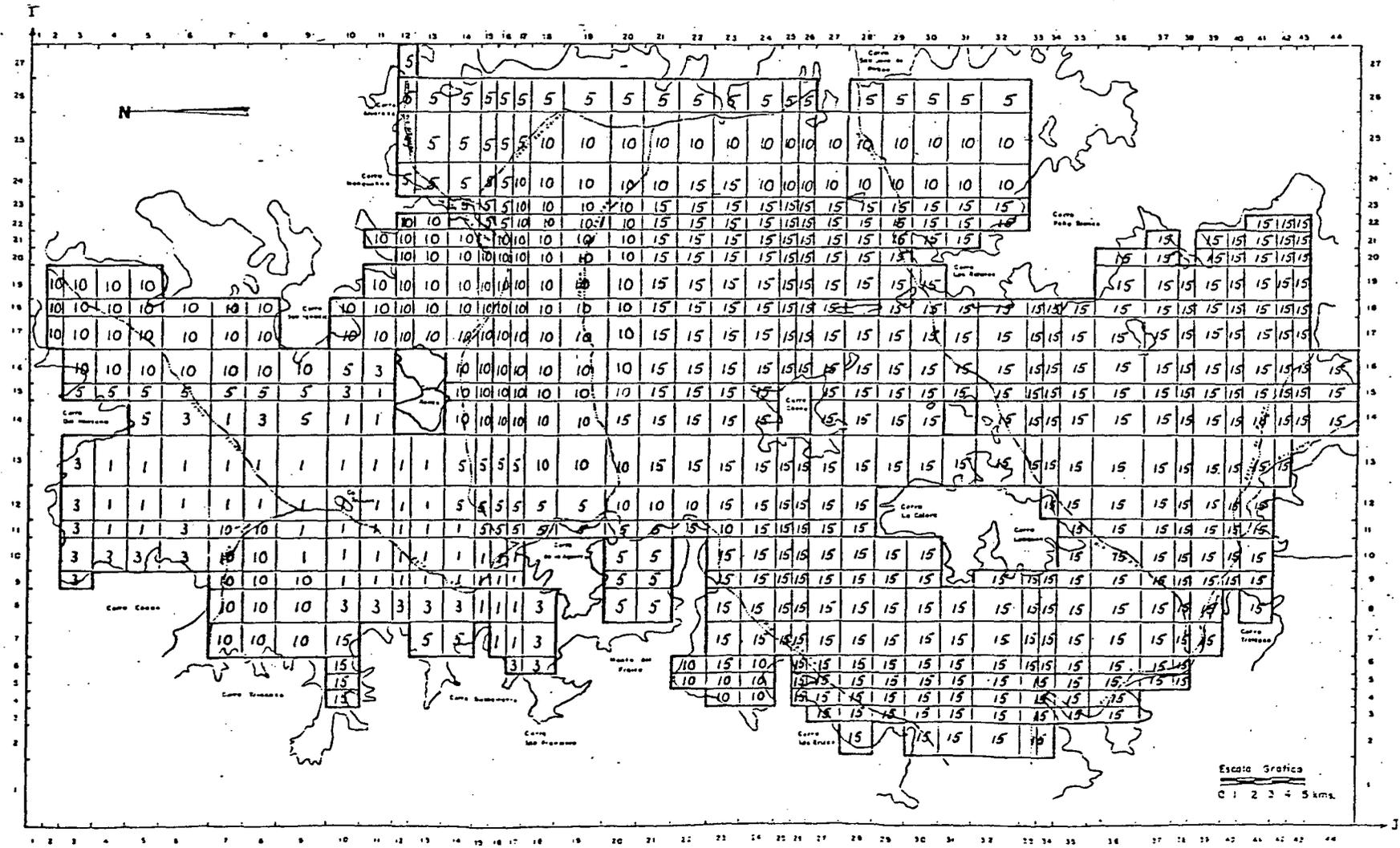
Con los antecedentes recopilados se procedió a calcular el "factor de utilización", en igual forma que para los pozos agrícolas, separándolos por tipo de Industria.

Se obtuvo así el volumen anual extraído por cada pozo, mediante la multiplicación de su caudal unitario, el número de horas anuales y el factor de utilización de su tipo de Industrias. Por ubicación de los pozos en las respectivas celdas, se obtuvo el volumen anual de agua para Industrias extraídos desde cada celda, valores que pueden observarse en el plano adjunto.

Se optó por considerar que la distribución mensual de este volumen anual, era pareja, es decir, que en cada mes se extraía $1/12$ del volumen anual.

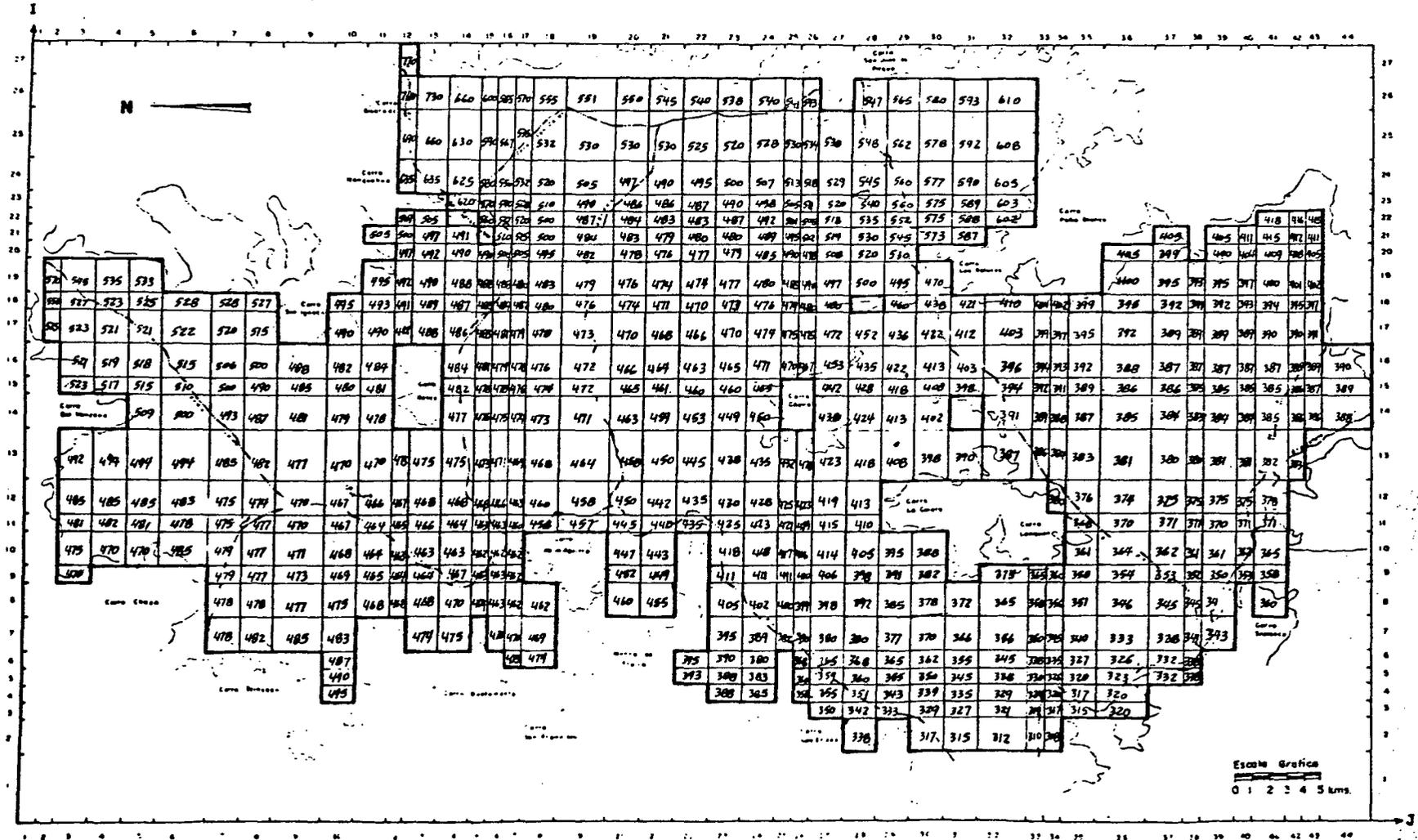
MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

DATOS DE ENTRADA
 COEF. ALMACENAMIENTO
 (miles m³/año)



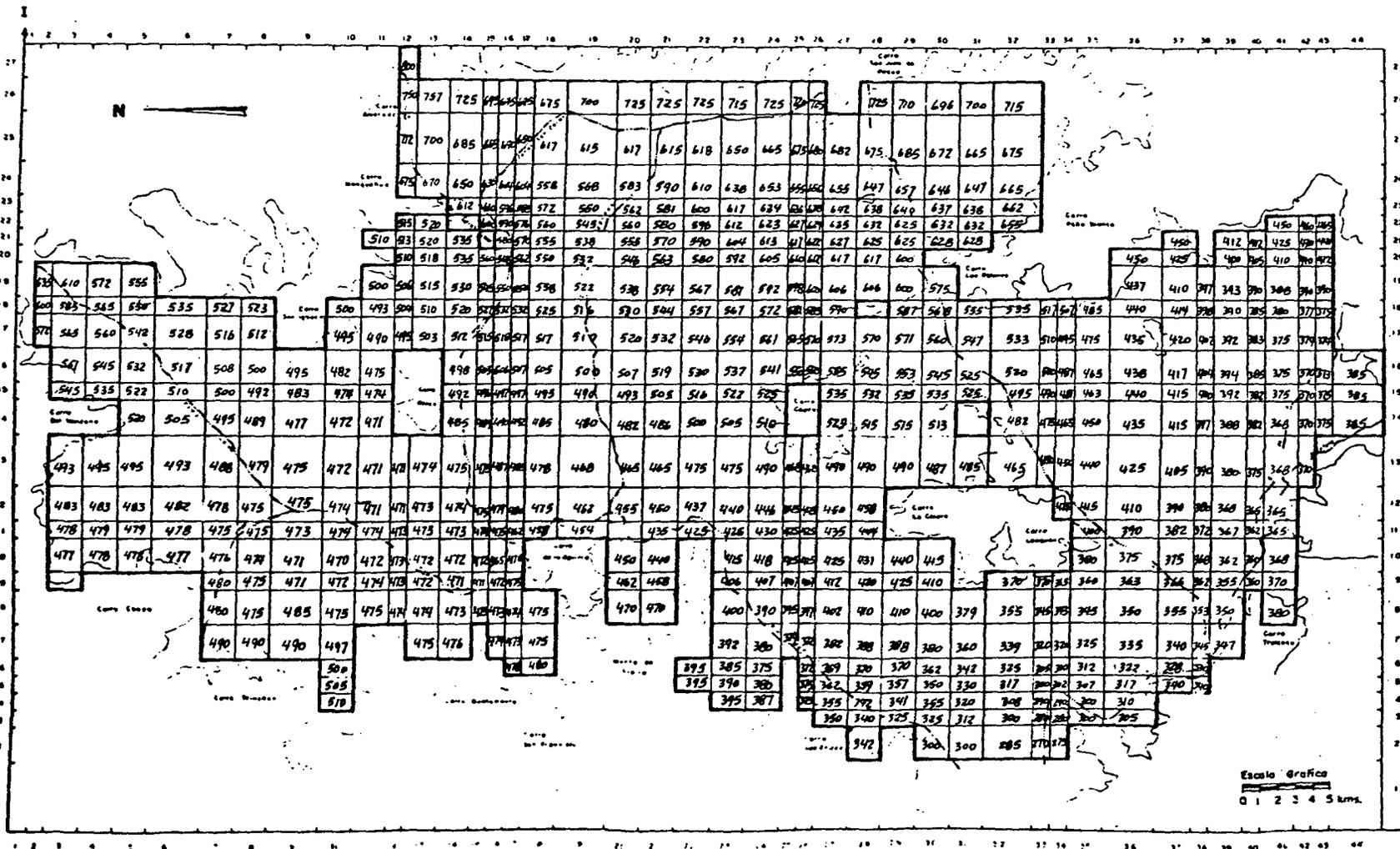
MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

DATOS DE ENTRADA
PIEZOMETRIA INICIAL MARZO 1974
(m.s.n.m.)



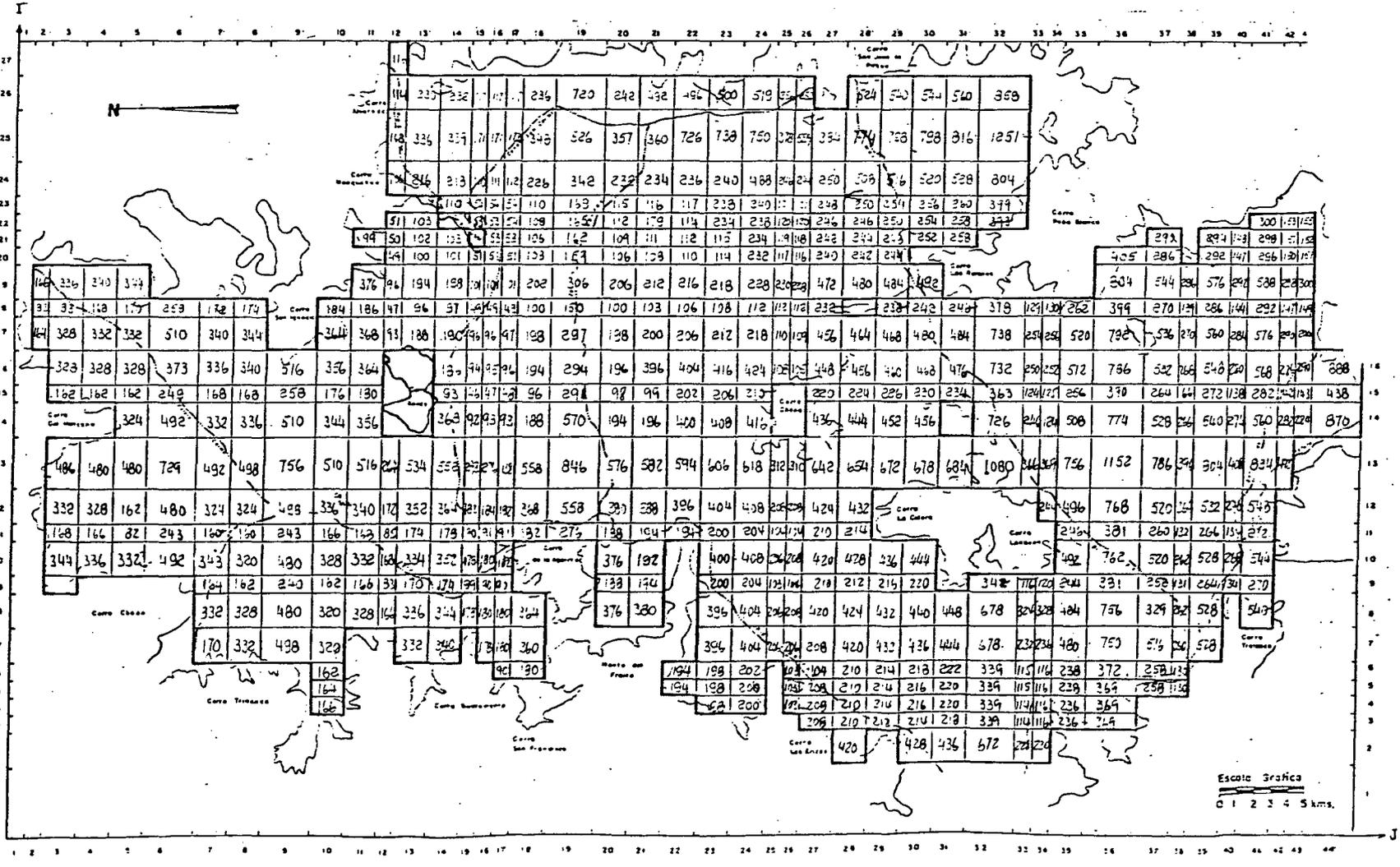
MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

DATOS DE ENTRADA
 NIVEL DEL TERRENO
 (m.s.n.m.)



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

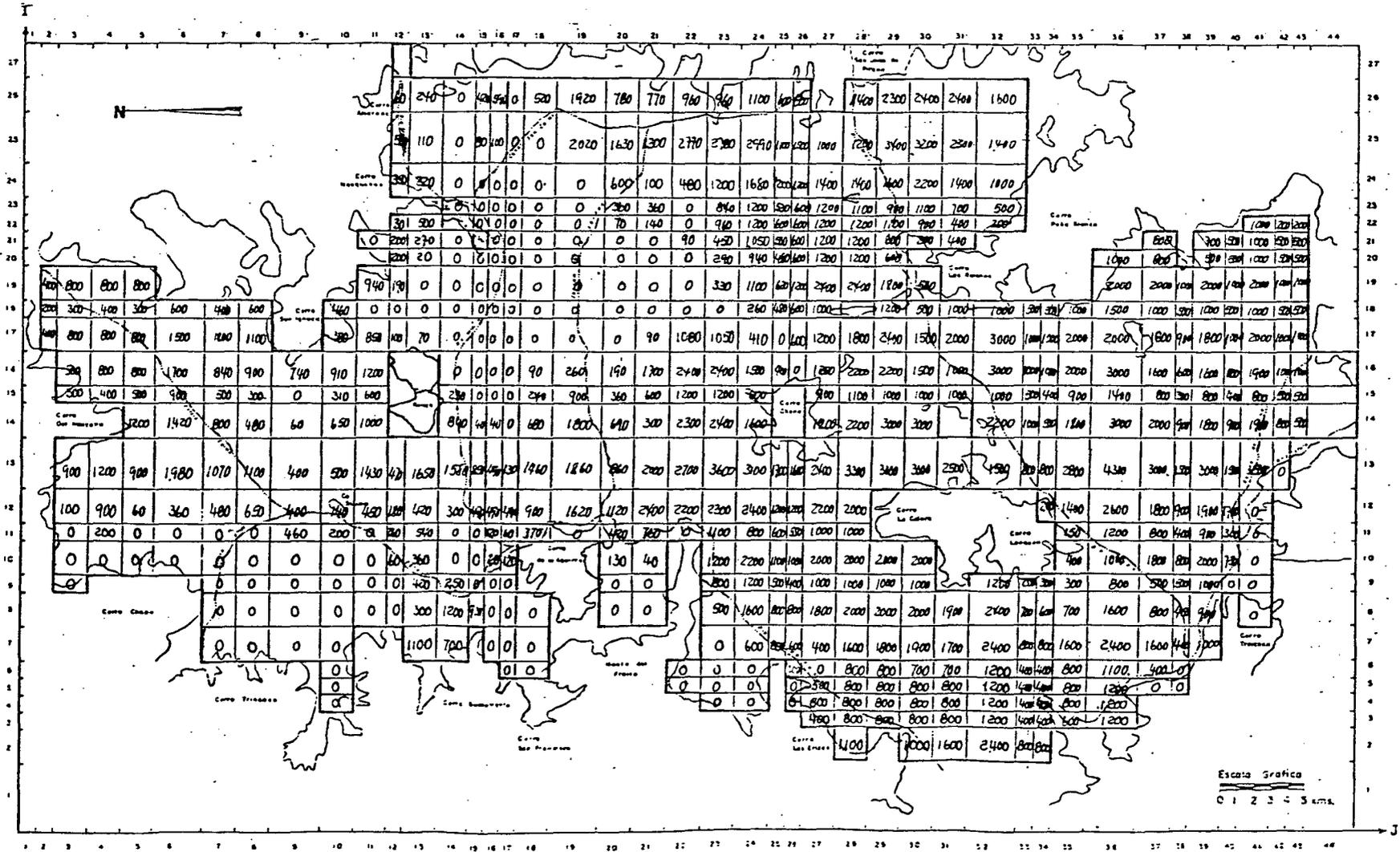
DATOS DE ENTRADA *
INFILTRACION POR LLUVIA,
(miles m³/año)



Escala Grafica
0 1 2 3 4 5 kms.

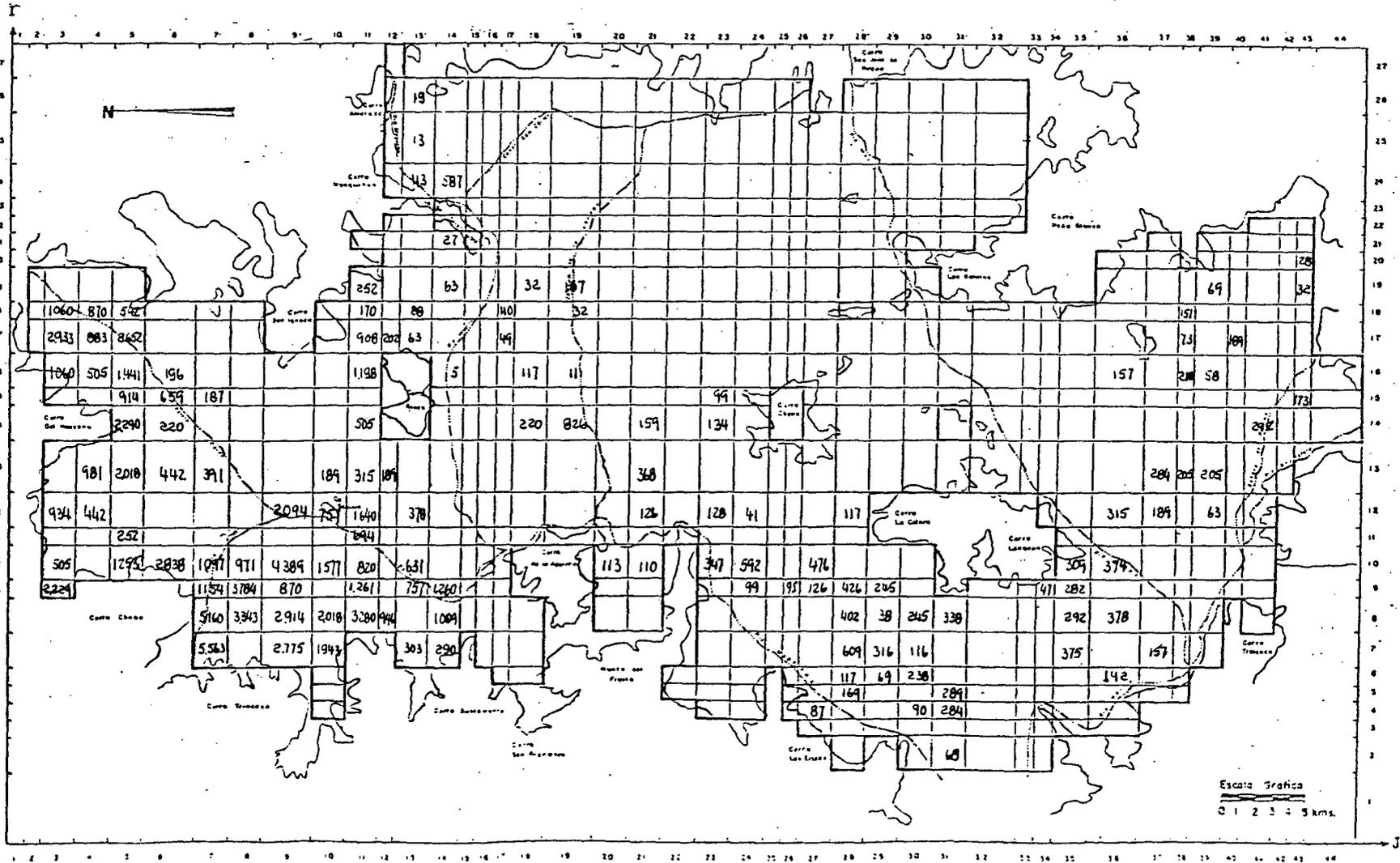
MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

DATOS DE ENTRADA
 INFILTRACIONES DE RIEGO
 (miles m³/año)



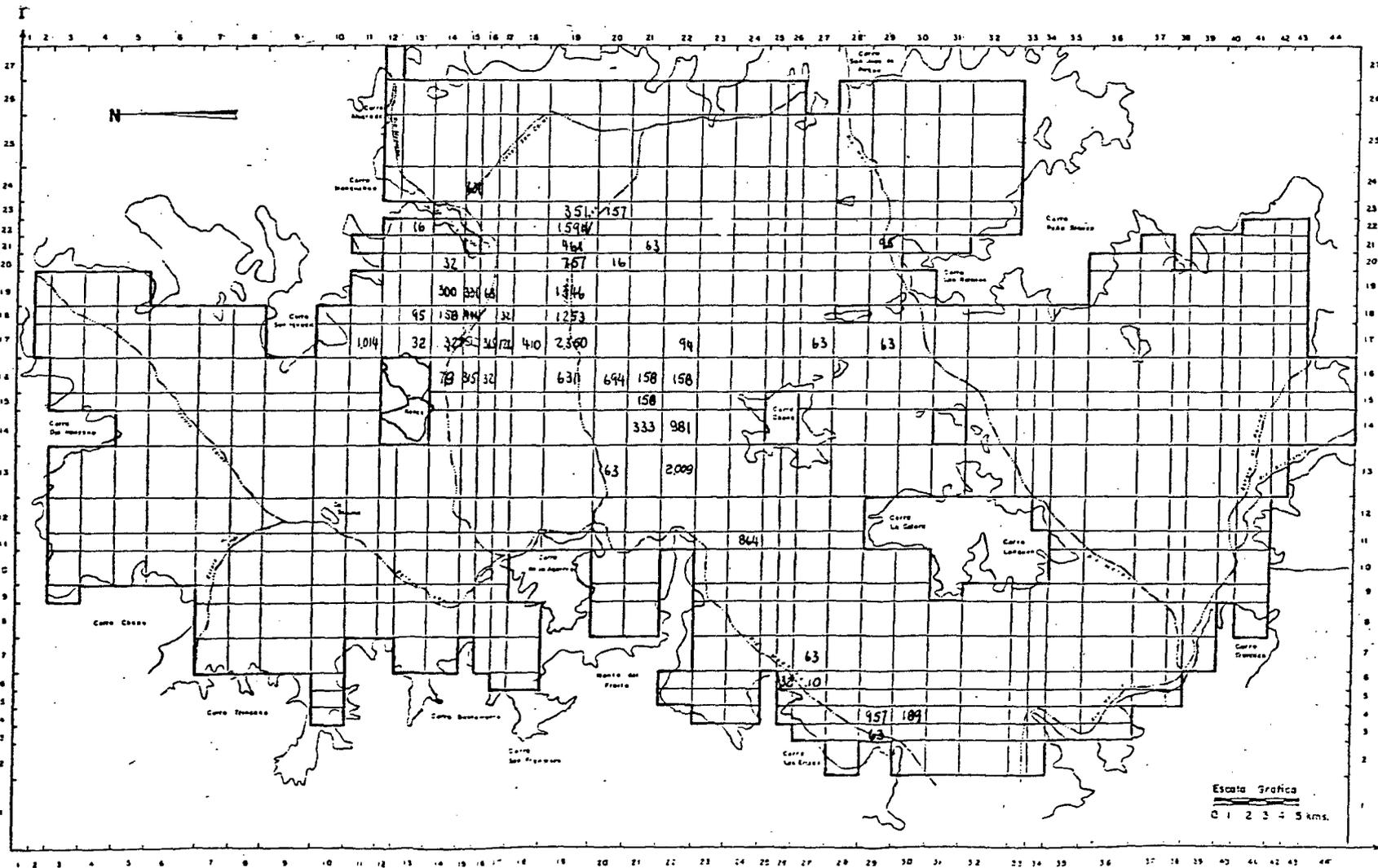
MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

DATOS DE ENTRADA
 BOMBEO PARA RIEGO
 (miles m³/año)



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

DATOS DE ENTRADA
 BOMBEO PARA INDUSTRIAS
 (miles m³/año)



ALAMOS Y PERALTA

INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

RECURSOS HIDRAULICOS

AGUAS SUBTERRANEAS

REGADIO

AGUA POTABLE E INDUSTRIAL

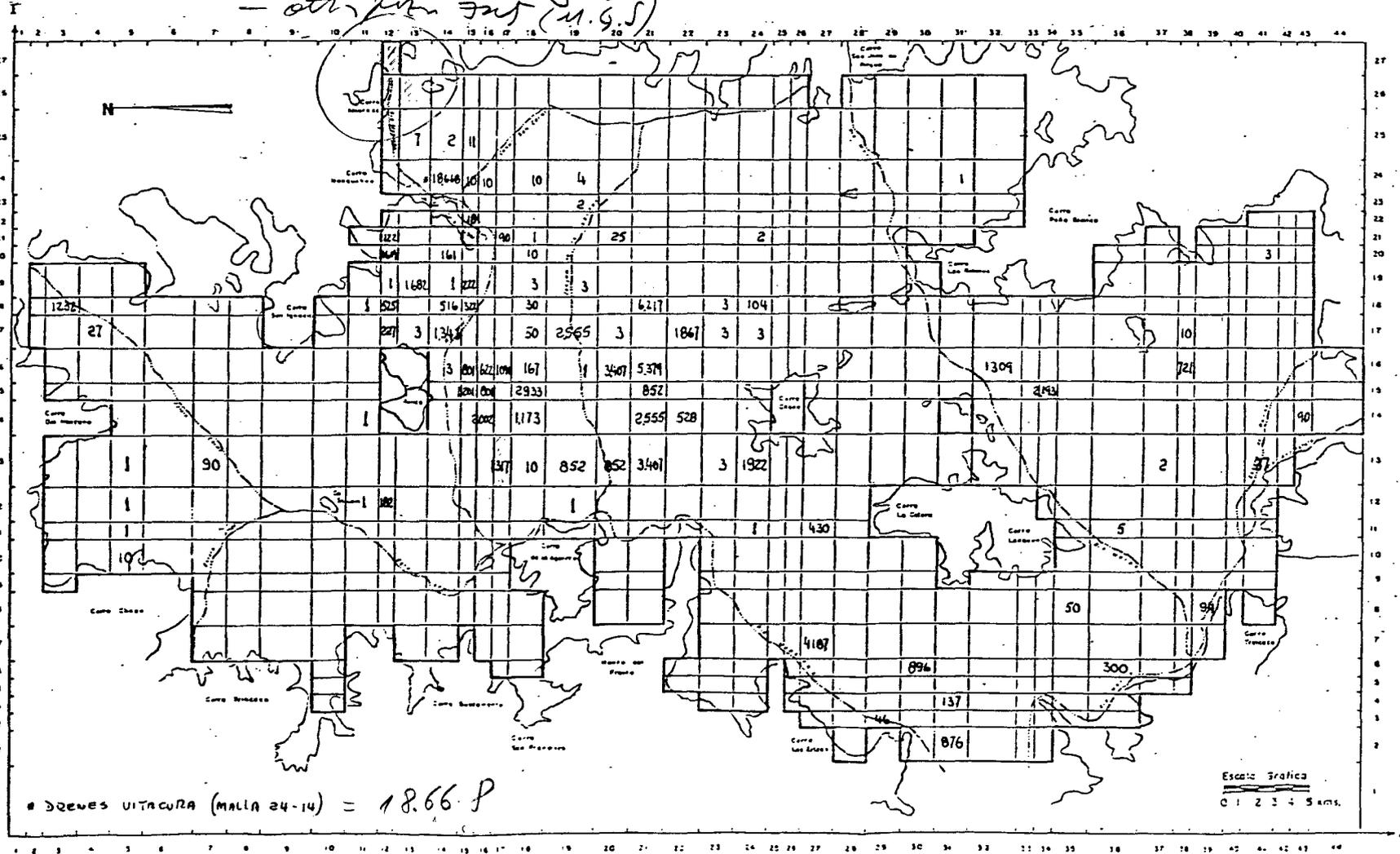
DATOS DE ENTRADA

BOMBEO PARA AGUA POTABLE

(miles m³/año)

MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

- Ar. La Catilla?
- otro por 705 (u.g.s)



DRENAS VITICULTURA (MALLA 24-14) = 18.66 P

Escala grafica
0 1 2 3 4 5 kms.

6.- PROCESO DE AJUSTE

6.1. Introducción.-

El proceso de ajuste o calaje tiene como objetivo lograr una representación matemática del acuífero, lo más ajustado posible a su realidad física.

Para esto se procede por aproximaciones sucesivas, cambiando los valores de las características hidráulicas y de borde del acuífero, de manera de lograr una semejanza entre las variaciones piezométricas observadas en terreno con las obtenidas de salida del modelo, así como también de ajustar lo mejor posible los elementos del balance másico a la realidad observada.

Para efectuar este análisis, en cada una de las 7 pasadas de ajuste realizadas, se han empleado las siguientes tablas y planos, que se incluyen en cada caso:

- Tabla Resumen del Balance Másico.
- Plano del Balance Másico.
- Plano del Contraste Piezométrico.
- Planos con los cambios en los datos de entrada, efectuados para la pasada.

Su contenido puede sintetizarse en lo siguiente:

- La Tabla Resumen del Balance Másico consiste en un cuadro que condensa la información mensual y anual del acuífero simulado, para los distintos elementos que componen el balance volumétrico.
- El Plano del Balance Másico contiene el detalle, por cada malla del modelo, de los elementos del balance que la simulación entrega como resultados. Estos son: las entradas y salidas al área modelada desde y hacia otras cuencas, y los volúmenes aflorados desde las vertientes, junto con aquellos que salen directamente a los ríos o esteros.
- El Plano de Contraste Piezométrico incluye en el mallaje del modelo, los gráficos de variación de niveles medios y simulados para los piezómetros de contraste. Estos son la base de discusión del funcionamiento del modelo y, junto con el Balance Másico, determinan los cambios que se hacen de una pasada a otra.
- Los Planos con cambios corresponden a los nuevos valores, por cada malla, que los parámetros de modelación toman al ser modificados para mejorar el ajuste del modelo. Se entiende que aquellos parámetros no modificados permanecen sin variaciones respecto a la pasada anterior.

Para la obtención de elementos de contraste con mediciones de terreno, se han empleado los registros de variación piezométrica a nivel mensual, para el año de simulación elegido, a saber 1974-1975.

Sin embargo, el acuífero Maipo - Mapocho posee una serie de descargas naturales por medio de vertientes, localizadas en las cercanías de las riberas de las partes bajas de los ríos Maipo y Mapocho y a todo lo largo del estero Angostura. Dado que en volumen constituyen una descarga muy importante, se ha hecho necesario tenerlas en cuenta en el proceso de ajuste del modelo. Por desgracia, no se cuenta con una individualización de cada una de ellas ni tampoco con un registro periódico de los caudales. Debido a ello fue necesario efectuar un rápido inventario de las más importantes, procediendo a su localización y medida de caudales. Se eligió como mes de las medidas Julio y Agosto debido a que los caudales medidos no se encuentran afectados por los desagües de riego, siendo además más fácil su localización.

Esta prospección se encuentra detallada en un anexo aparte, y los resultados más importantes se pueden resumir como sigue:

- Salidas sector Mapocho = $7,7 \text{ m}^3/\text{s}$
- Salidas estero La Berlina, antes junta con Angostura = $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Salidas estero Angostura entre confluencia con La Berlina y río Maipo = $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Salidas sector Bajo Maipo, estero El Gato, Gatica = $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Todos estos datos se han tenido en cuenta en el proceso de ajuste, constituyendo un elemento de referencia muy útil y en cierto modo indispensable.

6.2 Relación de Pasadas.-6.2.1 Pasada N° 1

Se efectuó el 28/10/83 con los datos de entrada preparados según lo descrito en el Capítulo 5.

Del Balance Másico se obtiene el cuadro que sigue:

	<u>VOL (Mm³/año)</u>
<u>ENTRADAS AL ACUIFERO</u>	
- RIO	10.670
- INFILTRACIONES DE RIEGO	550
- INFILTRACIONES POR LLUVIAS	199
- INF. DESDE RED AGUA POTABLE	136
TOTAL	<u>11.555</u>
<u>SALIDAS DESDE EL ACUIFERO</u>	
- BOMBEOS	206
- MALLAS EXTERIORES	10
- VERTIENTES	390
TOTAL	<u>606</u>
<u>VARIACIONES DE ALMACENAMIENTO</u>	<u>1.958</u>

Como se ve las infiltraciones de río son exorbitantes, entrando al acuífero un volumen incluso superior al que circula por los cauces desde donde se produciría estas infiltraciones. Es evidente que esta situación es irreal y queda reflejado tanto en el Balance Másico como en el Contraste Piezométrico.

En este último puede verse en el plano correspondiente, que para las mallas ubicadas bajo cauces de esteros o ríos que infiltren, el nivel permanece constante e igual al nivel del espejo de agua del río. Esto significa que el río infiltra tanto como para conectar la superficie de la napa subterránea, con la del espejo de agua de su cauce.

Este exceso de infiltraciones de río se traduce también en un descuadre del balance másico, es decir, en que la diferencia de las entradas y salidas del acuífero no resulte igual a las variaciones de almacenamiento. La explicación del fenómeno está en que la precisión con que el modelo trabajó en esta pasada, no admite tan violentas infiltraciones, como las del río en este caso. La solución al problema está en afinar el criterio de convergencia en el programa de computación, lo que se ~~hará de ser~~ necesario.

Ahora bien, para resolver los problemas vistos en esta pasada se han planteado los cambios que siguen.

- a) Eliminar como mallas con relación río-acuífero, todas aquellas en que se ha supuesto que el río infiltra. De aquí en adelante este efecto se simulará como una infiltración fija, calculada según las pautas dadas en el informe IPLA : "Estudio de Aguas Subterráneas de Santiago " 1974. Allí se ha obtenido para las infiltraciones del río Maipo entre La Obra y la Puntilla de Lonquén, una curva de caudal infiltrado en función del caudal pasante en La Obra. Con ella y la estadística de los caudales medios mensuales en la sección indicada, se ha determinado que el volumen infiltrado en el período 1974/75 para el río Maipo sería de

$$V = 140,0 \text{ (Mm}^3\text{/año)}$$

Esta infiltración se distribuiría mensualmente según los siguientes factores,

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
α%	5	0	0	5	5	0	0	5	25	25	25	25

y ha sido discretizada para cada malla del río en forma proporcional al área que éste ocupa en la malla correspondiente.

Para los demás cauces infiltrantes de la cuenca, que son el río Mapocho entre su entrada al área modelada (Las Condes) y la zona de Renca, y los Esteros Colina y Lampa en su parte alta, no se cuenta con estudios como el del río Maipo.

En vista de ello, y a falta de mayores antecedentes, se han supuesto para el río Mapocho una infiltración proporcional a la del río Maipo, en un factor que corresponde a la relación de caudales medios anuales del período 1940/70.

Con esto se obtiene un volumen anual de infiltración de $V = 8,0$ ($Mm^3/año$), que se distribuiría mensualmente según los coeficientes que siguen:

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
d%	0	0	0	10	15	5	5	15	25	20	5	0

En forma análoga al río Maipo, la distribución por mallas se ha hecho proporcional al área ocupada por el río en cada malla de río.

Para el caso del Estero Colina se ha supuesto una infiltración del 10% del caudal medio anual, lo que da un volumen de $V = 3,0$ ($Mm^3/año$). Este se distribuiría mensualmente de igual forma que en el río Mapocho.

Para el Estero Lampa, se ha supuesto una infiltración del 10% de su caudal medio anual, lo que da un volumen de $V = 2,1 \text{ (Mm}^3\text{/año)}$, distribuidos mensualmente de acuerdo a los siguientes factores:

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
$\alpha\%$	0	0	0	25	25	25	25	0	0	0	0	0

- b) Para las zonas donde el río recibiría aguas desde el acuífero, se ha replanteado la cota del lecho en cada malla de acuerdo a perfiles longitudinales de los ríos, trazados a partir de los planos 1 : 10.000 de la CNR. Asimismo se ha bajado el coeficiente de permeabilidad del lecho, para permitir que los afloramientos de la napa ocurran más bien a las vertientes que a los ríos directamente. Con esto se pretende obtener del modelo mayores salidas por vertientes, tratando que sus valores sean más parecidos a los medidos en el terreno.
- c) Para reforzar esto último, se ha estudiado más a fondo la piezometría inicial y las cotas de terreno en las zonas de descarga del acuífero. De este análisis se ha concluido que las cotas de terreno de los pozos según catastro , tienen serias diferencias con las cotas que se obtienen de las planchetas IGM 1 : 50.000 .

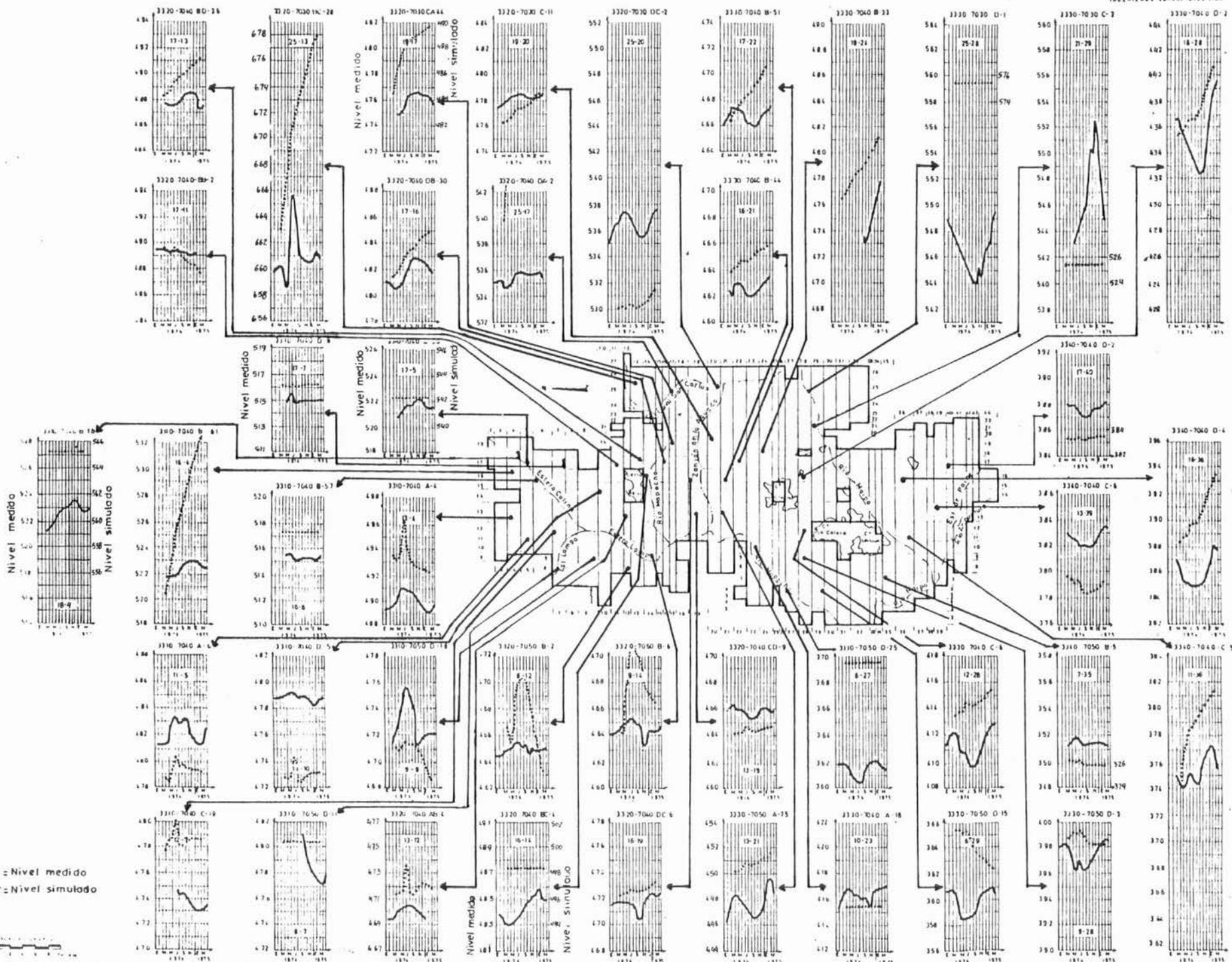
Esto conduce a imprecisiones particularmente importantes en las zonas de descarga del acuífero, donde los niveles piezométricos son poco profundos. La situación podría corregirse solamente mediante una nivelación adecuada, pero como esto escapa a los límites del trabajo, se ha optado por considerar como correctas las isopiezas de los datos de entrada, y deducir las cotas de terreno a partir de ellas superpuestas a un plano de isoprofundidad.

Estos son los cambios principales para la 2^a Pasada, que es la que se analiza a continuación.

MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

CONTRASTE PIEZOMETRICO PASADA N° 1

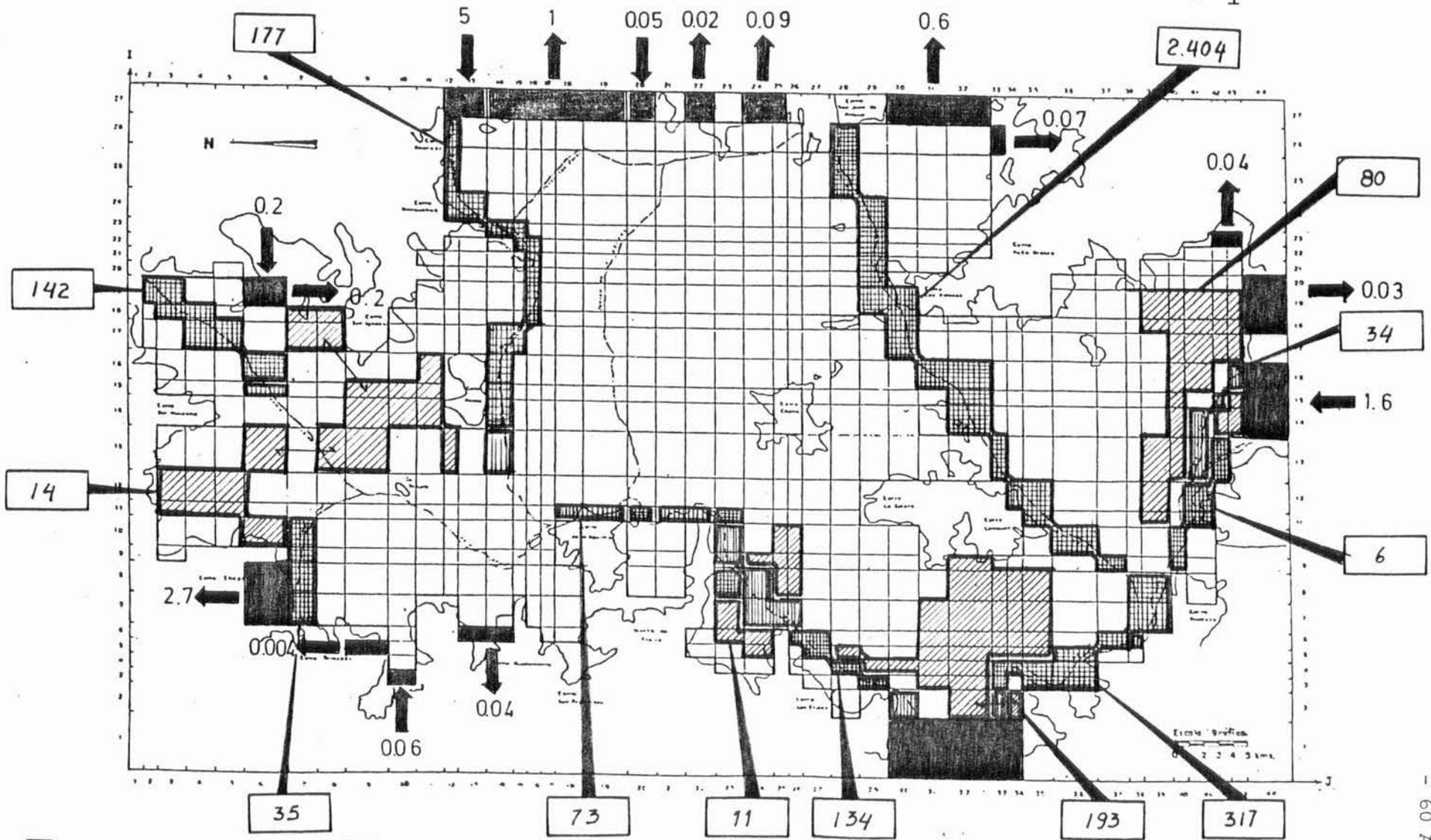
ALAMOS Y PERALTA
INGENIEROS CONSULTORES LTDA



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

BALANCE MASICO (Mm³/año)

PASADA N° 1



- = Río recibe
- = Vertientes
- = Río infiltra
- = Mallas exteriores

6.2.2 Pasada N° 2

Se efectuó el 24/11/83 dando para el balance másico el cuadro que sigue.

	<u>VOL (Mm³/año)</u>
<u>ENTRADAS AL ACUIFERO</u>	
- INFILTRACIONES DE RIEGO.	550
- INFILTRACIONES POR LLUVIAS.	199
- INF. DESDE LA RED DE AGUA POTABLE.	136
- INF. DESDE RIOS Y ESTEROS.	153
TOTAL	<u>1.038</u>
 <u>SALIDAS DESDE EL ACUIFERO</u>	
- BOMBEOS.	206
- MALLAS EXTERIORES.	45
- VERTIENTES.	158
- RIO.	171
TOTAL	<u>580</u>
 <u>VARIACIONES DE ALMACENAMIENTO</u>	 449

De estos valores, están bajo lo esperado las salidas por mallas exteriores, por vertientes y por el río. En cambio, el almacenamiento parece ser excesivo.

Esto queda ciertamente reflejado en los piezómetros de contraste, notándose en la zona Centro y Sur de la cuenca que los niveles simulados o suben o se mantienen fijos, mientras que los medidos descienden durante los meses de invierno.

La interpretación del fenómeno está en que en los meses de invierno el acuífero descarga, lo que faltaría reflejar en la ^{fase de} simulación y que produce el exceso de almacenamiento y el déficit de salidas antes mencionados.

En todo caso la mejoría respecto de la 1ª Pasada es evidente, y podría decirse que en la zona Norte del acuífero la simulación tiene un cierto parecido con la realidad.

Los cambios planteados para la 3ª Pasada son los que siguen, y tienen como finalidad principal corregir la situación de las zonas Centro y Sur, planteada anteriormente.

- a) Cambio generalizado de la transmisividad, tendiendo a darle más salida al acuífero hacia las zonas de descarga.

- b) Trazado de nuevas isopiezas y ajuste de las curvas de nivel del terreno, en los sectores donde se han medido salidas por vertientes. La intención de este cambio es reforzar lo hecho con las transmisividades para que salga más agua por vertientes.

Cabe señalar que estas nuevas isopiezas respetan todos los puntos con medidas utilizados en el trazado original de ellas, pero por existir amplias zonas sin información se ha tenido que suponer la situación en estos sectores.

- c) Aumento del coeficiente de almacenamiento en parte de la zona Norte, de modo de conseguir fluctuaciones más amortiguadas para los niveles del sector.

Los planos con los nuevos valores de la transmisividad, el coeficiente de almacenamiento, piezometría inicial y cota de terreno, pueden verse al final del análisis de la 3^a Pasada.

RESUMEN BALANCE MASICO PASADA N° 2

VALORES EN MILLONES M3

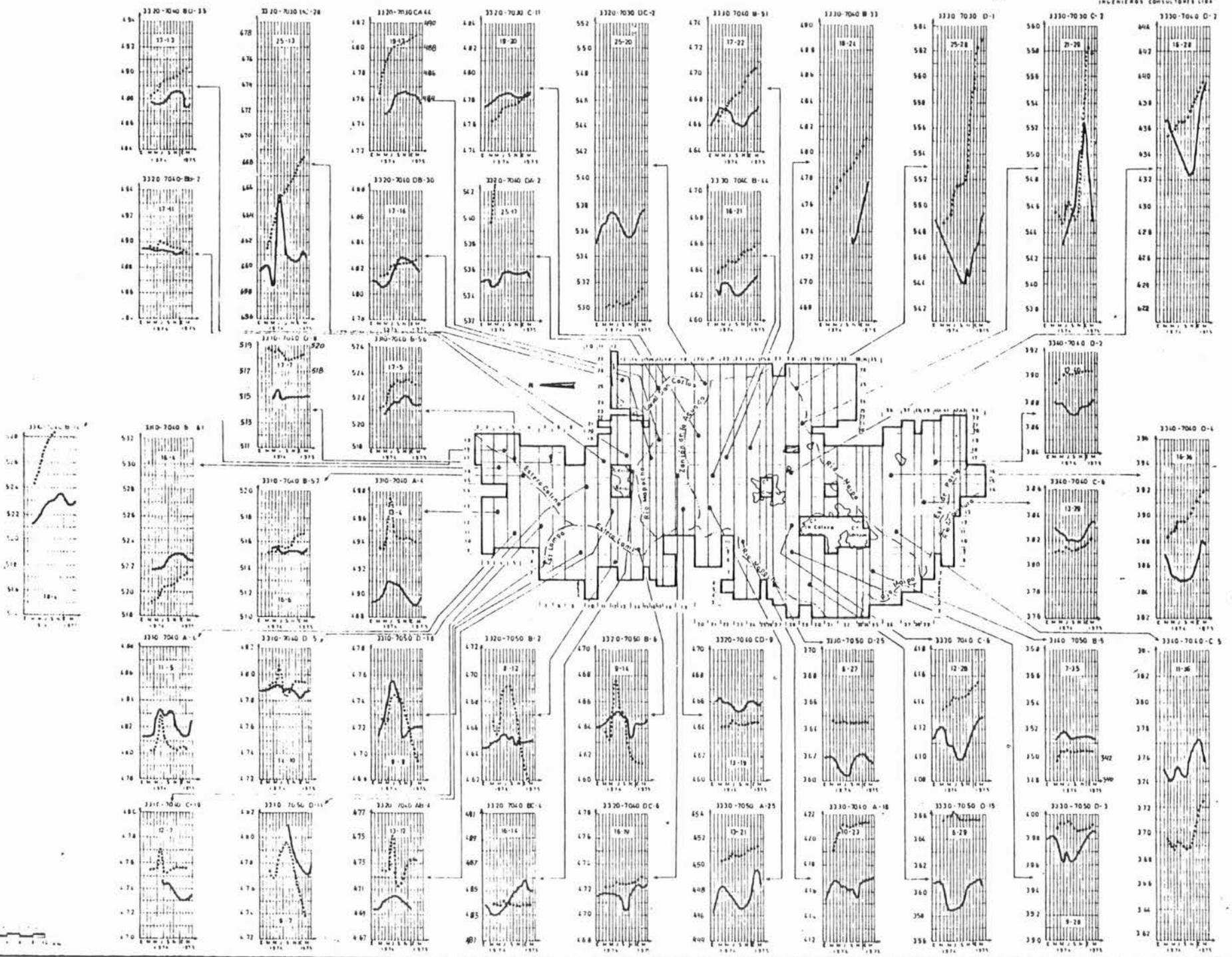
MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	TOTAL ANUAL
MALLAS EXTERIDRES	-4.48	-4.10	-3.89	-3.86	-3.79	-3.67	-3.59	-3.54	-3.51	-3.49	-3.48	-3.46	-44.87
RIO	-34.83	-17.39	-13.62	-15.47	-12.44	-9.86	-9.84	-10.51	-11.25	-11.65	-11.84	-11.94	-170.65
VERTIENTES	-5.40	-6.28	-10.46	-25.13	-16.49	-9.63	-10.77	-12.74	-14.34	-15.06	-15.62	-16.26	-158.19
ALMACENAMIENTO	9.39	16.81	12.90	123.85	-22.88	-20.86	14.17	37.39	78.02	77.15	75.26	45.31	448.53
BOMBEO DE RIEGO	-10.11	-10.11	0.0	0.0	0.0	0.0	-8.09	-12.13	-15.16	-15.16	-15.16	-15.16	-101.10
BOMBEO DE AGUA POTABLE	-7.40	-6.58	-5.76	-5.35	-4.94	-5.76	-6.17	-6.56	-7.40	-8.64	-9.46	-8.23	-82.27
BOMBEO DE INDUSTRIAS	-1.67	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.67	-22.50
INF. DE RIEGO POR CANALES	53.25	53.25	0.0	0.0	0.0	0.0	42.60	63.90	79.87	79.87	79.87	79.87	522.50
INF. DE RIEGO POR AGUAS SUB	1.73	1.73	0.0	0.0	0.0	0.0	1.36	2.08	2.60	2.60	2.60	2.60	17.31
INFILTRACIONES DE LLUVIAS	0.0	0.0	39.71	158.84	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	198.55
INF. DESDE LA RED DE A.P.	12.21	10.85	9.50	8.82	8.14	9.50	10.17	10.85	12.21	14.24	15.60	13.57	135.66
INFILTRACIONES ESTERCO LAMPA	0.0	0.0	0.0	0.52	0.52	0.52	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.10
INFILTRACIONES ESTERCO COLIN	0.0	0.0	0.0	0.30	0.45	0.15	0.15	0.45	0.75	0.60	0.15	0.0	3.02
INFILTRACIONES RIO MAPOCHO	0.0	0.0	0.0	0.80	1.20	0.40	0.40	1.20	2.00	1.60	0.40	0.0	8.00
INFILTRACIONES RIO MAIPO	6.98	0.0	0.0	6.98	6.98	0.0	0.0	6.98	34.89	34.89	34.89	6.98	135.55
BALANCE TOTAL	0.68	0.69	0.71	0.73	0.64	0.64	0.74	0.76	0.77	0.79	0.80	0.79	8.60

VALORES POSITIVOS INDICAN ENTRADAS AL ACUIFERO

MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

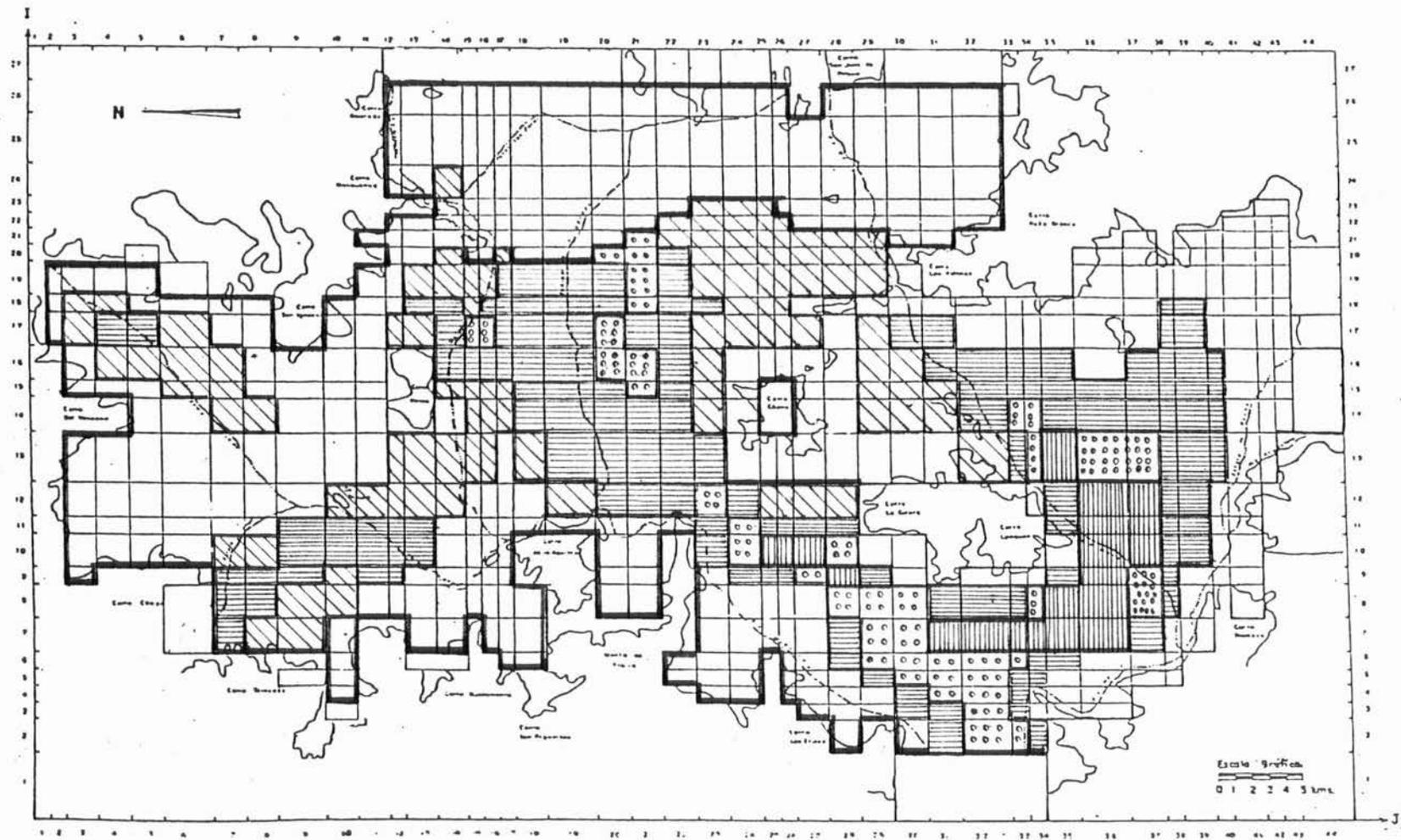
CONTRASTE PIEZOMETRICO PASADA N° 2

ALAMOS Y PERALTA
INGENIEROS CONSULTORES LTDA



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

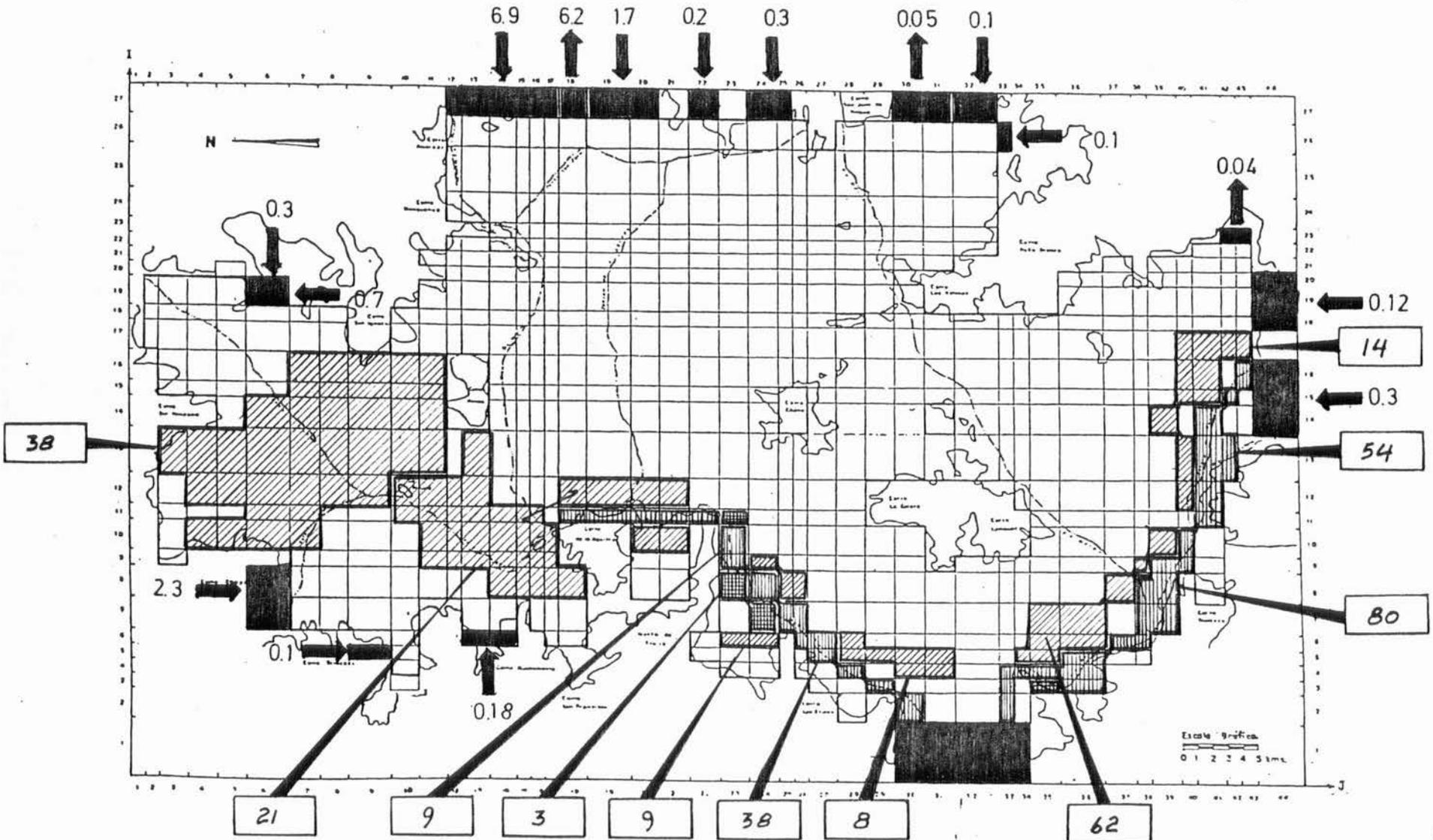
TRANSMISIVIDAD (MILES M²/DIA) PASADA N2



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

BALANCE MASICO (Mm³/año)

PASADA N° 2



- Río recibe
- = Vertientes
- Río infiltra
- = Mallas exteriores

52.2

6.2.3 Pasada N° 3

Se efectuó el 15/12/83 y sus elementos del balance másico se resumen a continuación.

	<u>VOL (Mm³/año)</u>
<u>ENTRADAS AL ACUIFERO</u>	
- INFILTRACIONES DE RIEGO	550
- INFILTRACIONES POR LLUVIAS	199
- INF. DESDE LA RED DE AGUA POTABLE	136
- INF. DESDE RIOS Y ESTEROS	153
TOTAL	<u>1.038</u>
<u>SALIDAS DESDE EL ACUIFERO</u>	
- BOMBEOS	206
- MALLAS EXTERIORES	4
- VERTIENTES	383
- RIO	157
TOTAL	<u>750</u>
<u>VARIACIONES DE ALMACENAMIENTO</u>	277

Respecto de la Pasada N° 2 se nota una disminución apreciable del almacenamiento, así como también un importante incremento en las salidas por vertientes.

Las salidas al río permanecen casi iguales, mientras que las que se tienen por mallas exteriores parecieran disminuir. Esto sin embargo ocurre porque el resultado que se entrega es un balance entre las entradas y salidas laterales, y al aumentar la transmisividad, como se ha hecho, suben las entradas manteniéndose el volumen original de las salidas. Esto queda particularmente claro en el plano del Balance Másico que se acompaña al final de la pasada. Allí puede verse también, que las vertientes de la zona Sur comienzan a concentrarse precisamente en los sectores donde se ha registrado su presencia en las salidas a terreno. Falta aún por reproducir los volúmenes que se espera salgan por ellas, estando ya cerca de la realidad lo que ocurre en la zona del Estero El Gato, frente a la puntilla de Naltahua.

En efecto, allí se midió en julio de 1983 un caudal de $Q = 4,4 \text{ (m}^3/\text{s)}$. El modelo por su parte, da allí vertientes por un volumen $V = 110 \text{ (Mm}^3/\text{año)}$, equivalentes a un caudal continuo cercano a los $3,5 \text{ (m}^3/\text{s)}$.

En cuanto a los piezómetros, hay cambios relevantes respecto de la pasada anterior, en la zona Norte donde se cambió el valor del coeficiente de almacenamiento, y en el sector Malloco - Talagante donde se subió la transmisividad. En ambos casos se observa una mejoría. En el resto de la cuenca no hay grandes variaciones, manteniéndose en gran medida la situación de la Pasada N° 2.

Para subsanar estos problemas se han planteado para la 4^a Pasada los cambios que siguen.

- a) Nuevos valores de transmisividad, subiéndola en los sectores donde debe haber vertientes.

La idea es producir un mayor tiraje del agua almacenada en el acuífero en las zonas media y alta de la cuenca para que salga por las vertientes. Con esto aumentarían los volúmenes vertidos y bajarían, como ocurre en la realidad, los niveles de invierno.

- b) Aumento de la infiltración de riego al doble en la región ubicada al sur de la línea que une el cerro Los Ratones, los cerros de Chena y Padre Hurtado. La intención de este cambio es aumentar los volúmenes aflorados por vertientes, y aquellos que salen subterráneamente desde la cuenca hacia el poniente.

La región afectada por este cambio, denominada sector Sur, queda claramente indicada en uno de los planos ubicado al final del análisis de la 4ª Pasada.

- c) Nueva distribución de las infiltraciones de riego. Esta quedaría de la siguiente manera:

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
α%	0	0	0	0	0	0	10	20	30	30	10	0

Esto se hace después de analizar más a fondo la situación de los niveles medidos y comprobar que en general la recarga de riego está más concentrada que lo supuesto hasta ahora.

- d) Desfase de la lluvia en un sector que incluye el de riego Sur, sumado a una franja que va desde la línea que une el cerro Chena y el cerro Renca hasta la Cordillera, en el sentido poniente - oriente y que llega hasta el cerro Renca por el Norte.

Este sector está indicado con mayor claridad en el plano correspondiente, al final del análisis de la 4ª Pasada.

La nueva distribución de lluvias/es:

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
α %	0	0	0	0	0	0	20	80	0	0	0	0

- e) Aumento de las infiltraciones del río Mapocho en las mallas que se ubican frente al cerro Renca, de modo de conseguir que los niveles en esta zona suban como lo hacen los medidos, en vez de bajar como lo hacen los simulados.
- f) Eliminación de las infiltraciones por lluvias en parte de la zona Norte, para tratar de disminuir los volúmenes que salen por vertientes en la región y que parecen excesivos.

De todas formas si realmente no hay vertientes en la zona, sí existe evapotranspiración, fenómeno que en este caso quedaría simulado como vertientes.

La región donde se eliminan las lluvias está claramente indicada en el plano correspondiente, al final del análisis de la 4^a Pasada.

RESUMEN BALANCE MASICO PASADA N° 3

VALORES EN MILLONES M3

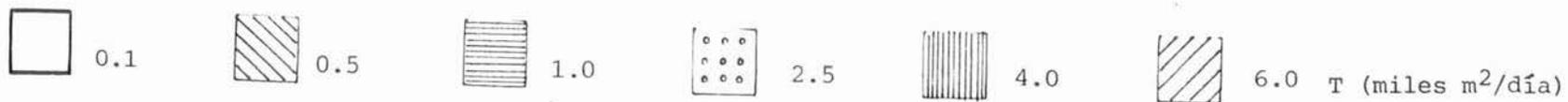
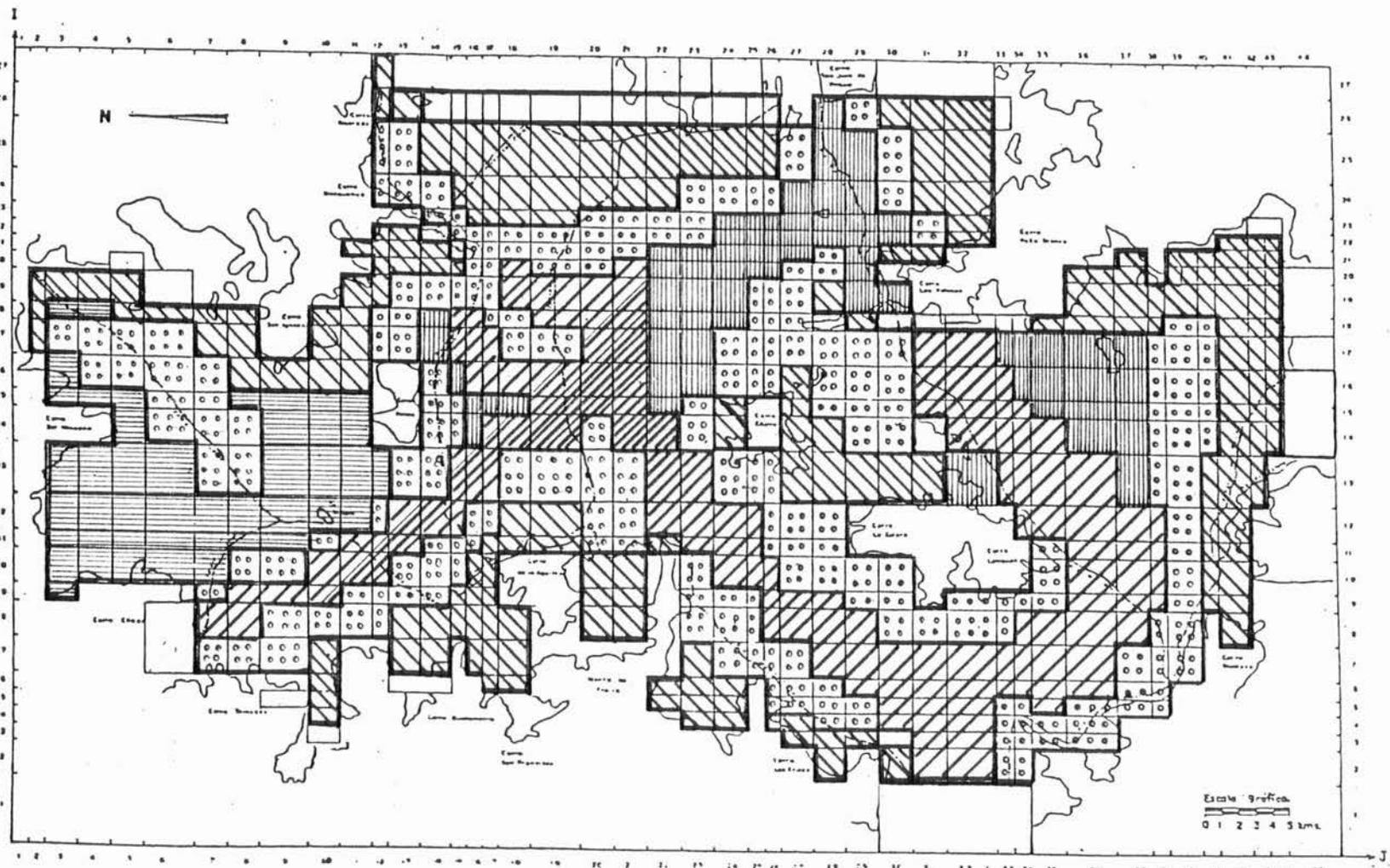
MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	TOTAL ANUAL
MALLAS EXTERIORES	-0.56	-0.52	-0.42	-0.45	-0.41	-0.55	-0.27	-0.23	-0.19	-0.15	-0.11	-0.06	-3.70
RIJ	-6.29	-11.41	-12.03	-14.81	-13.65	-12.26	-12.57	-13.64	-14.62	-15.08	-15.34	-15.53	-157.25
VERTIENTES	-29.62	-30.38	-32.56	-44.66	-36.53	-28.61	-26.75	-29.65	-30.59	-30.63	-30.48	-30.37	-363.22
ALMACENAMIENTO	17.30	4.11	-4.29	106.31	-40.86	-39.20	-3.26	20.67	61.74	61.51	60.34	31.06	277.43
BOMBEO DE RIEGO	-10.11	-10.11	0.0	0.0	0.0	0.0	-6.09	-12.13	-15.16	-15.16	-15.16	-15.16	-101.10
BOMBEO DE AGUA POTABLE	-7.40	-6.58	-5.76	-5.35	-4.94	-5.70	-6.17	-6.50	-7.40	-8.64	-9.40	-8.23	-82.27
BOMBEO DE INDUSTRIAS	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-22.50
INF. DE RIEGO POR CANALES	53.25	53.25	0.0	0.0	0.0	0.0	42.00	63.90	75.87	79.87	75.87	79.87	532.50
INF. DE RIEGO POR AGUAS SUB	1.73	1.73	0.0	0.0	0.0	0.0	1.36	2.06	2.60	2.60	2.60	2.60	17.31
INFILTRACIONES DE LLUVIAS	0.0	0.0	39.71	158.84	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	198.55
INF. DESDE LA RED DE A.P.	12.21	10.85	9.50	8.82	8.14	9.50	10.17	10.85	12.21	14.24	15.60	13.57	135.60
INFILTRACIONES ESTERIO LAMPA	0.0	0.0	0.0	0.52	0.52	0.52	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.10
INFILTRACIONES ESTERIO COLIN	0.0	0.0	0.0	0.30	0.45	0.15	0.15	0.45	0.75	0.60	0.15	0.0	3.02
INFILTRACIONES RIO MAPOCHU	0.0	0.0	0.0	0.80	1.20	0.40	0.40	1.20	2.00	1.60	0.40	0.0	8.00
INFILTRACIONES RIO MAIPO	6.98	0.0	0.0	6.98	6.98	0.0	0.0	6.98	34.89	34.89	34.89	6.98	139.55
BALANCE TOTAL	0.52	0.65	0.86	0.81	0.78	0.75	0.76	0.70	0.76	0.76	0.70	0.72	9.32

VALORES POSITIVOS INDICAN ENTRADAS AL ACUIFERO

MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

TRANSMISIVIDAD (miles m²/día)

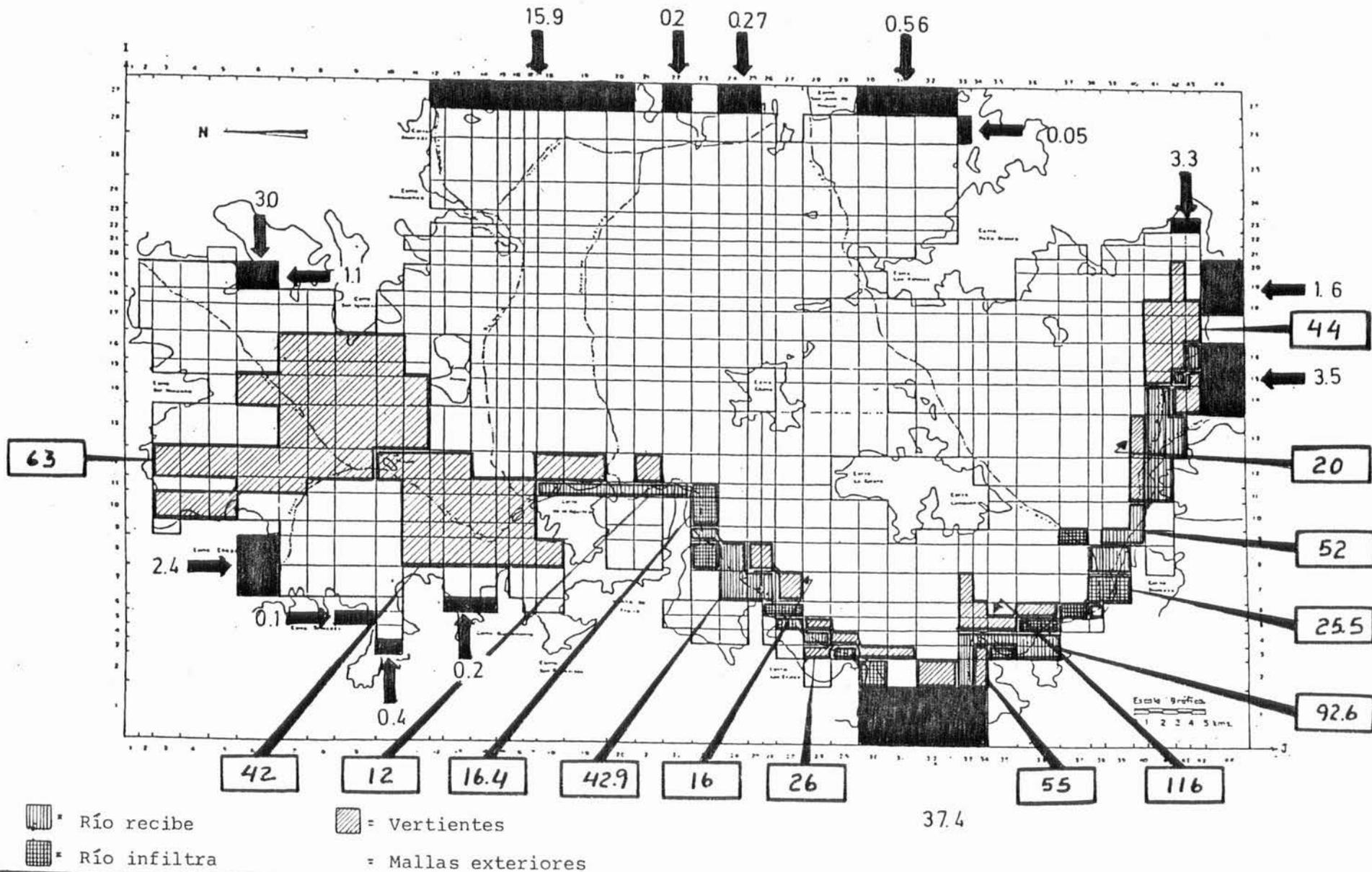
PASADA N° 3



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

BALANCE MASICO (Mm³/año)

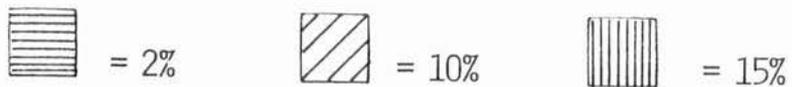
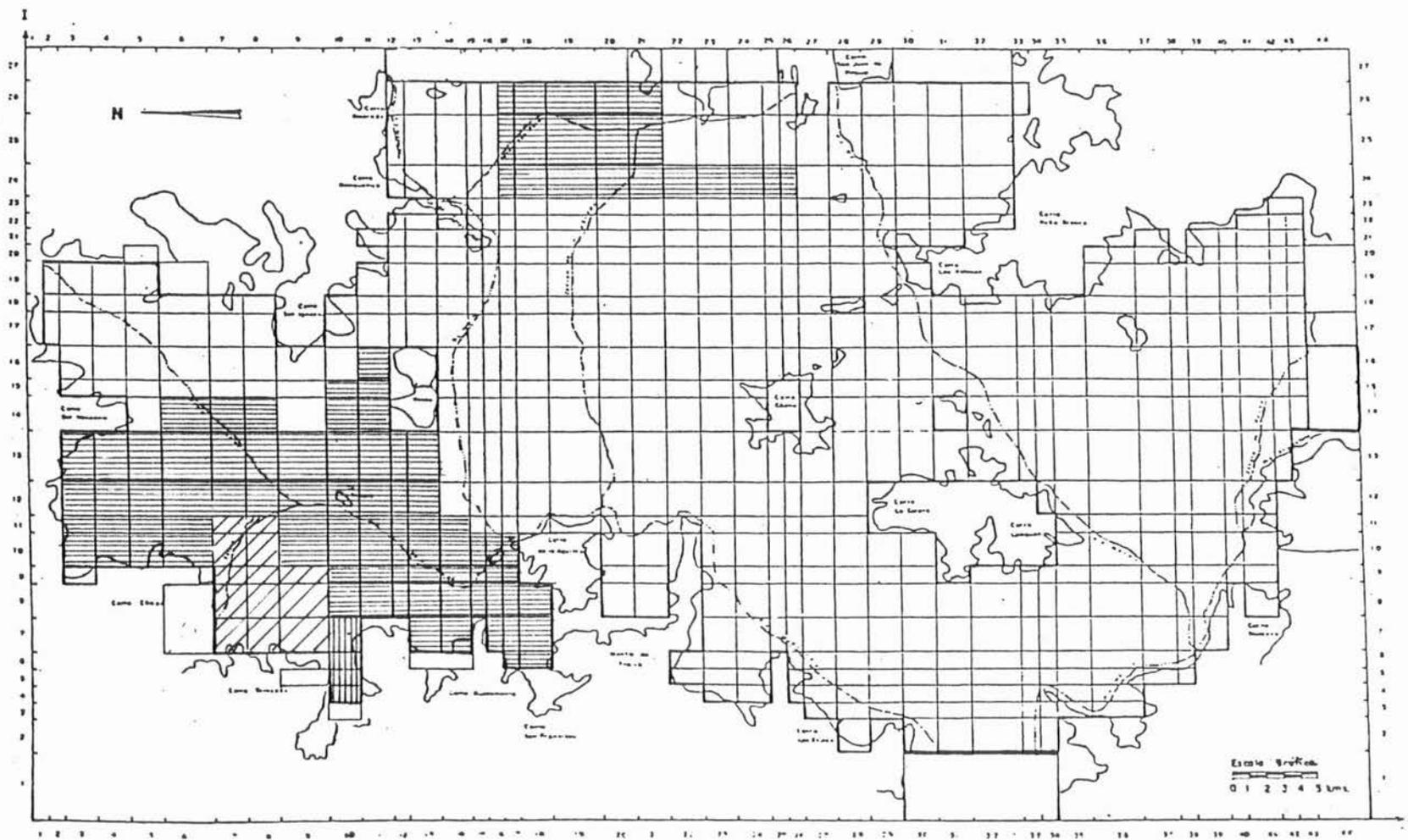
PASADA N° 3



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO

PASADA N° 3



6.2.4 Pasada N° 4

Se efectuó el 20/12/83 con los siguientes resultados para el Balance Másico.

	<u>VOL (Mm³/año)</u>
<u>ENTRADAS AL ACUIFERO</u>	
- INFILTRACIONES DE RIEGO	864
- INFILTRACIONES POR LLUVIAS	188
- INF. DESDE LA RED DE AGUA POTABLE	136
- INF. DESDE RIOS Y ESTEROS	<u>153</u>
TOTAL	1.341
<u>SALIDAS DESDE EL ACUIFERO</u>	
- BOMBEOS	206
- MALLAS EXTERIORES	10
- VERTIENTES	450
- RIO	<u>200</u>
TOTAL	866
<u>VARIACIONES DE ALMACENAMIENTO</u>	473

Un análisis de estos valores indica que de los 300 (Mm³/año) de infiltraciones de riego adicionales incluidos en esta pasada, cerca del 65% se queda almacenado en el acuífero, mientras que el resto sale por las vertientes y al río. Esto indica que la medida de doblar el riego en la zona Sur, no ha cumplido plenamente su objetivo, que es, obtener mayores salidas por vertientes, ríos y mallas exteriores. Esto último tampoco se ha logrado, ya que se tiene un volumen de salidas subterráneas muy parecido al de la pasada anterior.

En cuanto a la localización de vertientes, puede verse en el Plano del Balance Másico que hay aumentos significativos en los volúmenes que salen en los sectores de Peñaflor y Paine. En este sentido sí que se ha tenido un avance, ya que precisamente son estos los lugares donde se han medido grandes vertientes. Sin embargo, de acuerdo a los aforos realizados en estos sitios, se debería esperar volúmenes aún mayores para estas vertientes.

Para los piezómetros de contraste, como puede verse en el plano correspondiente, hay importantes mejorías en la zona sur - poniente de la cuenca. Aquí se ha logrado que los niveles simulados desciendan en los meses de invierno y

suban en la primavera, como lo hacen los niveles medidos. Para el resto de la cuenca no hay mayores diferencias con la 3^a Pasada, manteniéndose un alza sostenida de los niveles en el sector Oriente de la cuenca y en la zona de Calera de Tango.

Ahora, para la 5^a Pasada, se ha planteado como objetivo principal reforzar los cambios hechos para la pasada que se analiza, es decir, aumentar las salidas por vertientes y disminuir el exceso de almacenamiento. Junto con esto, ya como modificaciones de mayor detalle, se han estudiado algunos cambios para la zona de Lampa Alto, donde parece haber bombeo excesivo o falta de recarga, y otros para el centro de la ciudad de Santiago, donde da la impresión de existir una fuerte recarga desde el río Mapocho.

El resumen de estos cambios se entrega a continuación, pudiendo encontrarse los planos correspondientes al final del análisis de la 5^a Pasada.

Los cambios son:

- a) Nuevos valores de la transmisividad. El sentido de este cambio, además de los objetivos generales anteriores, es:
- abrir paso a la zona de Calera de Tango, para que descargue hacia Peñaflor y no a Buin como se suponía hasta ahora.
 - cerrar la zona de Las Condes, en la ciudad de Santiago, para evitar el excesivo descenso de niveles que allí se tiene.

- b) Nuevas isopiezas en las zonas de descarga del acuífero. Esta vez se han usado las planchetas IGM 1 : 25.000 para darle cota de terreno a los pozos. Por su parte, para las cotas de las vertientes se han usado las planchetas directamente.

Con este último ajuste se pretende considerar las isopiezas como correctas, y mantenerlas sin modificaciones para las pasadas que sigan.

Cabe señalar que en este último trazado se ha hecho un cambio importante, que consiste en permitir el paso de las aguas subterráneas de Calera de Tango a Peñaflor. Esta hipótesis se complementa con lo hecho al respecto con la transmisividad en ese sector, y aunque no puede ser comprobada, por no existir pozos en la zona, parece ser la más razonable. Esto queda reforzado especialmente por la morfología del sector, particularmente por los cerros ubicados al norte del cerro Lonquén, que no permitirían el paso del agua subterránea de Calera de Tango al sur.

- c) División en tres zonas para la distribución mensual de las infiltraciones por lluvias. Las nuevas distribuciones son en cada caso:

- Sector Norte

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
α%	0	0	0	40	30	20	10	0	0	0	0	0

- Sector Oriente

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
α%	0	0	0	0	0	0	0	0	60	30	10	0

- Sector Sur - Poniente

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
α%	0	0	0	0	0	0	60	30	10	0	0	0

Los límites de cada sector quedan claramente definidos en el plano correspondiente, junto con los demás que tienen los cambios para la 5^a Pasada.

- d) Modificación de las distribuciones mensuales de las infiltraciones de riego, en los mismos sectores definidos para las infiltraciones por lluvias, de acuerdo con:

- Sector Norte: se mantiene la actual, es decir,

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
α%	0	0	0	0	0	0	10	20	30	30	10	0

- Sector Oriente

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
α%	10	5	0	0	0	0	0	10	25	20	15	15

- Sector Sur

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
α%	0	0	0	0	0	0	10	15	20	20	20	15

- e) Redistribución de las infiltraciones del Estero Colina según los siguientes porcentajes:

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
α%	0	0	0	0	5	5	10	30	30	20	0	0

- f) Duplicación de las infiltraciones de riego en la zona de Lampa Alto. El detalle del sector involucrado se incluye en los planos de la 5^a Pasada.
- g) Aumento de las infiltraciones del río Mapocho en el tramo que va entre la Plaza Italia y el cerro Renca. El aumento es bastante significativo, duplicando las infiltraciones originales donde se suponía existía esta recarga, e incluyendo el tramo revestido como infiltrante.

La distribución mensual de estos volúmenes viene dada por:

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
∞%	0	0	5	20	20	15	15	10	10	5	0	0

- h) Para el resto del río Mapocho, es decir, el tramo que va desde la entrada oriente del modelo hasta la Plaza Italia, se ha supuesto la siguiente distribución mensual.

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
∞%	0	0	0	30	50	0	0	0	5	5	5	10

Esto significa que en este caso se estaría considerando en el río un régimen predominantemente pluvial.

RESUMEN BALANCE MASICO PASADA N° 4

VALORES EN MILLONES M3

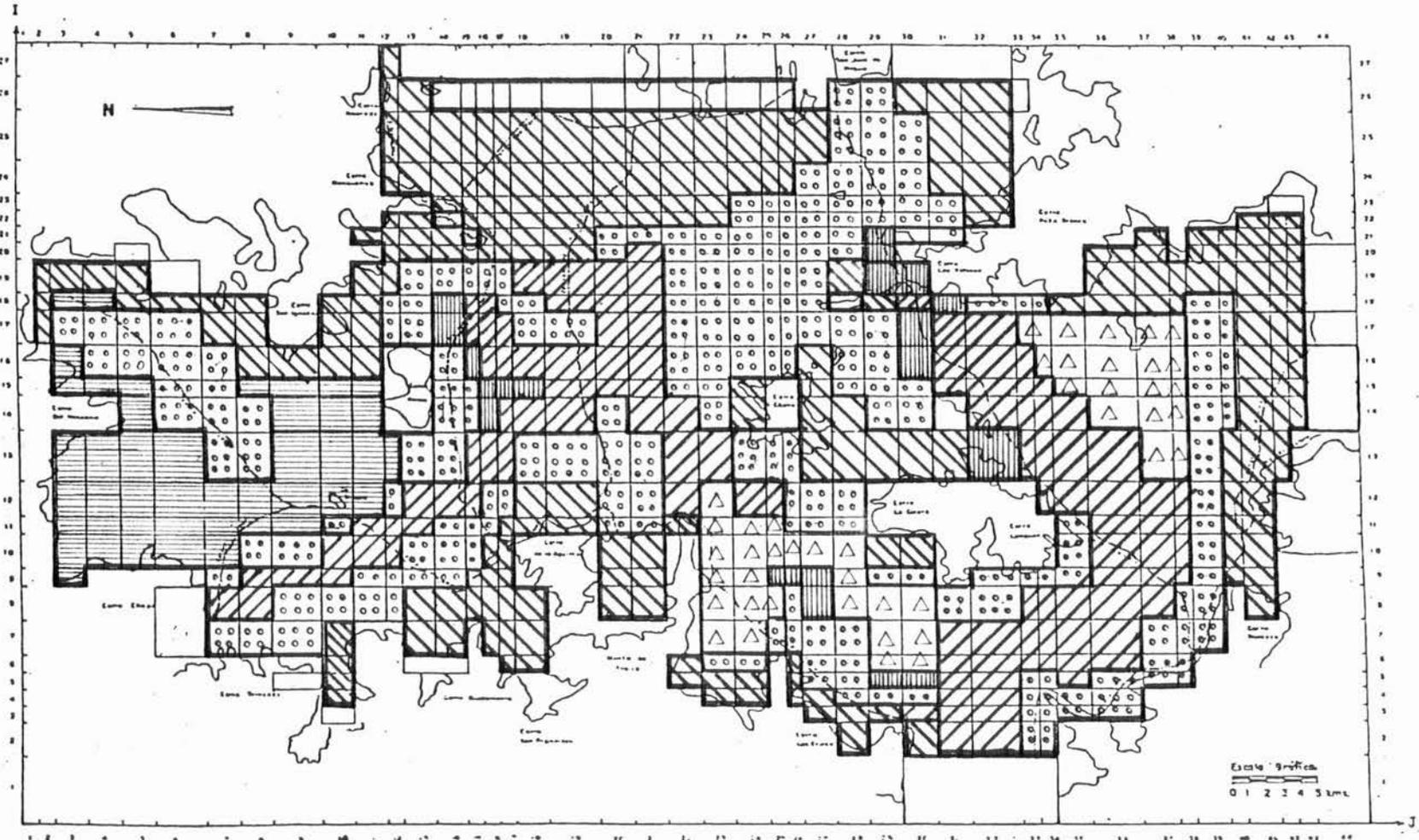
MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	TOTAL ANUAL
MALLAS EXTERIORES	-0.66	-0.75	-0.73	-0.75	-0.75	-0.73	-0.76	-0.88	-0.93	-0.93	-0.86	-0.79	-9.51
RIO	-5.77	-11.23	-12.39	-12.91	-12.39	-12.27	-14.86	-21.61	-25.63	-27.32	-23.86	-19.49	-159.74
VERTIENTES	-28.16	-26.74	-29.26	-33.04	-30.43	-27.44	-31.47	-43.65	-53.62	-61.42	-49.65	-35.01	-445.91
ALMACENAMIENTO	-25.27	-36.92	-31.66	1.30	-32.86	-37.79	60.15	209.93	190.09	180.57	41.26	-45.43	473.37
BOMBEO DE RIEGO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-10.11	-20.22	-30.33	-30.33	-10.11	0.0	-101.10
BOMBEO DE AGUA POTABLE	-7.40	-6.58	-5.76	-5.35	-4.94	-5.76	-6.17	-6.58	-7.40	-8.64	-9.46	-8.23	-82.27
BOMBEO DE INDUSTRIAS	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-22.50
INF. DE RIEGO SECTOR SUR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.92	125.84	188.76	188.76	62.92	0.0	629.20
INF. DE RIEGO NORTE-CENTRO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.79	43.58	65.37	65.37	21.79	0.0	217.90
INF. DE RIEGO POR AGUAS SUB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.73	3.46	5.19	5.19	1.73	0.0	17.31
INF. LLUVIAS SECTOR SUR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.07	112.27	0.0	0.0	0.0	0.0	140.34
INF. LLUVIAS SECTOR NORTE	0.0	0.0	9.46	37.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	47.31
INF. DESDE LA RED DE A.P.	12.21	10.85	9.50	8.82	8.14	9.50	10.17	10.85	12.21	14.24	15.60	13.57	135.66
INFILTRACIONES ESTERIO LAMPA	0.0	0.0	0.0	0.52	0.52	0.52	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.10
INFILTRACIONES ESTERIO COLIN	0.0	0.0	0.0	0.30	0.45	0.15	0.15	0.45	0.75	0.60	0.15	0.0	3.02
INFILTRACIONES RIO MAPOCHO	0.0	0.0	0.0	1.34	2.00	0.67	0.67	2.00	3.34	2.67	0.67	0.0	13.35
INFILTRACIONES RIO MAIPO	6.98	0.0	0.0	6.98	6.98	0.0	0.0	6.98	34.89	34.89	34.89	6.98	139.55
BALANCE TOTAL	0.59	0.61	0.61	0.55	0.58	0.57	0.64	0.66	0.64	0.66	0.69	0.60	7.43

VALORES POSITIVOS INDICAN ENTRADAS AL ACUIFERO

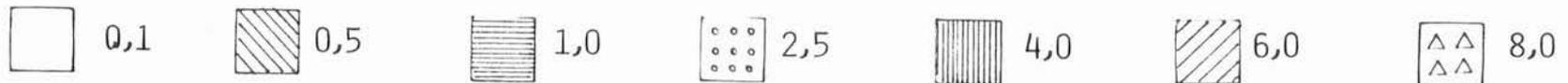
MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

TRANSMISIVIDAD (miles m²/día)

PASADA N° 4



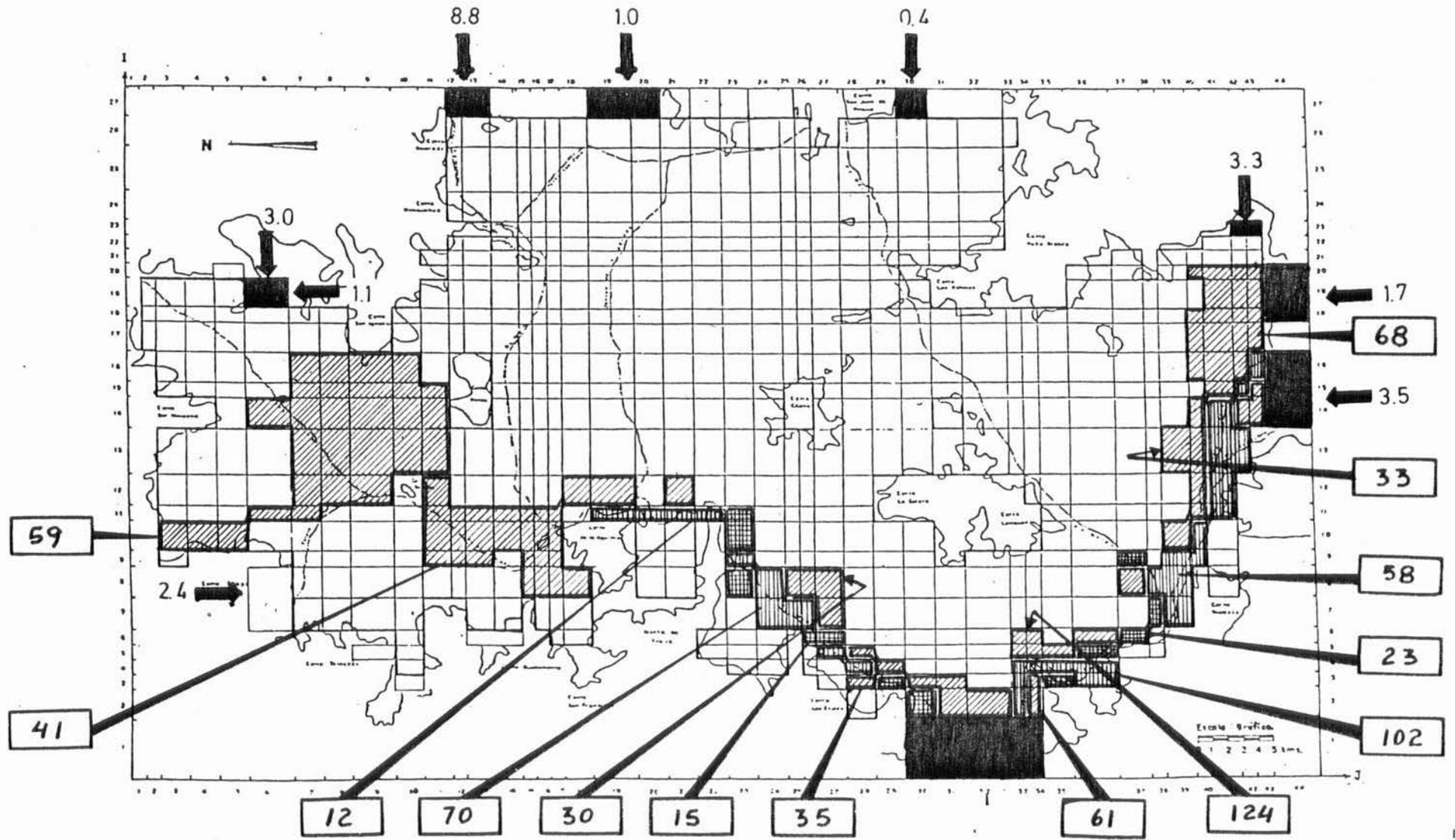
T (miles m²/día)



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

BALANCE MASICO (Mm³/año)

PASADA N° 4



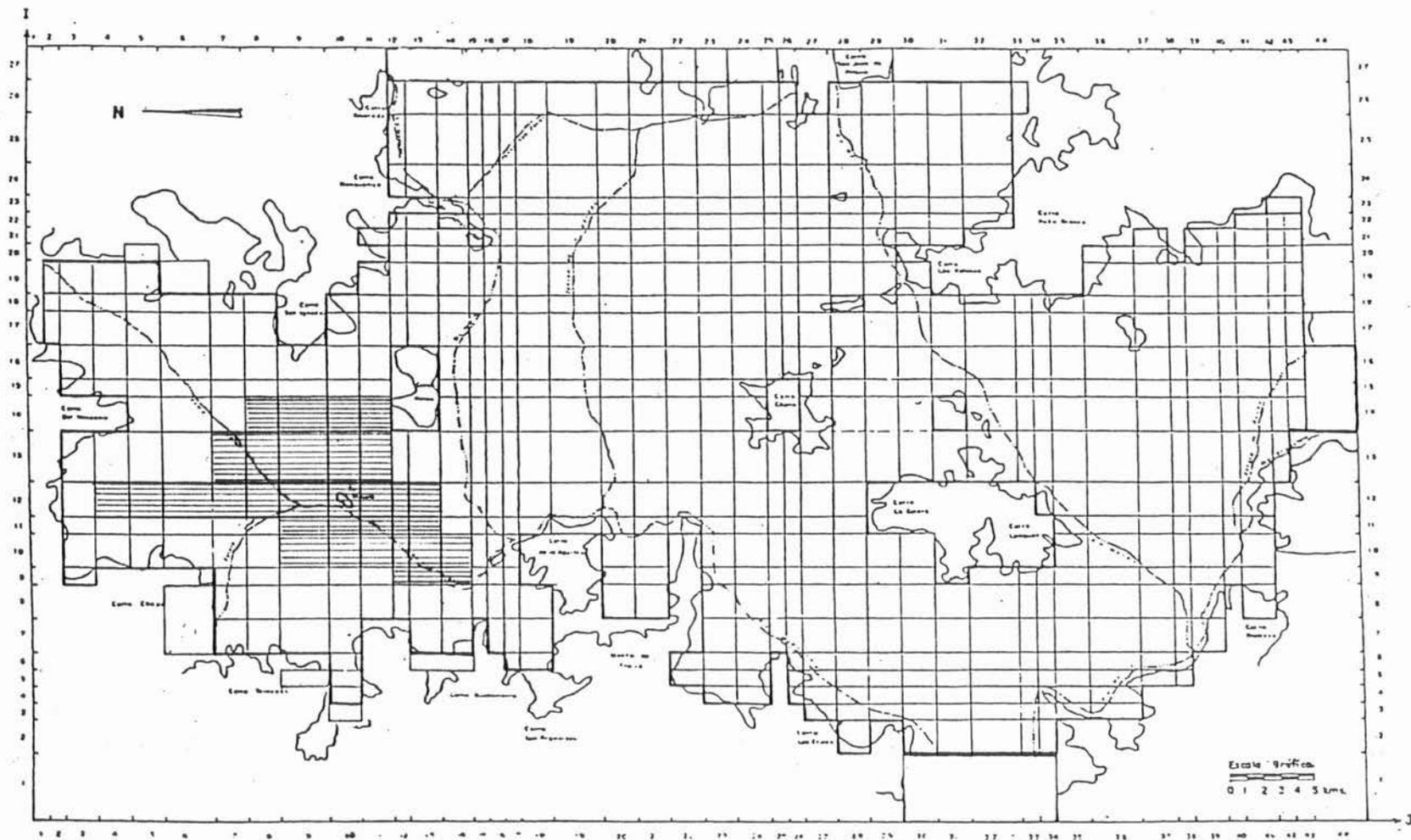
- = Río recibe
- = Vertientes
- = Río infiltra
- = Mallas exteriores

37.6

MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

SECTORES SIN LLUVIAS

PASADA Nº 4

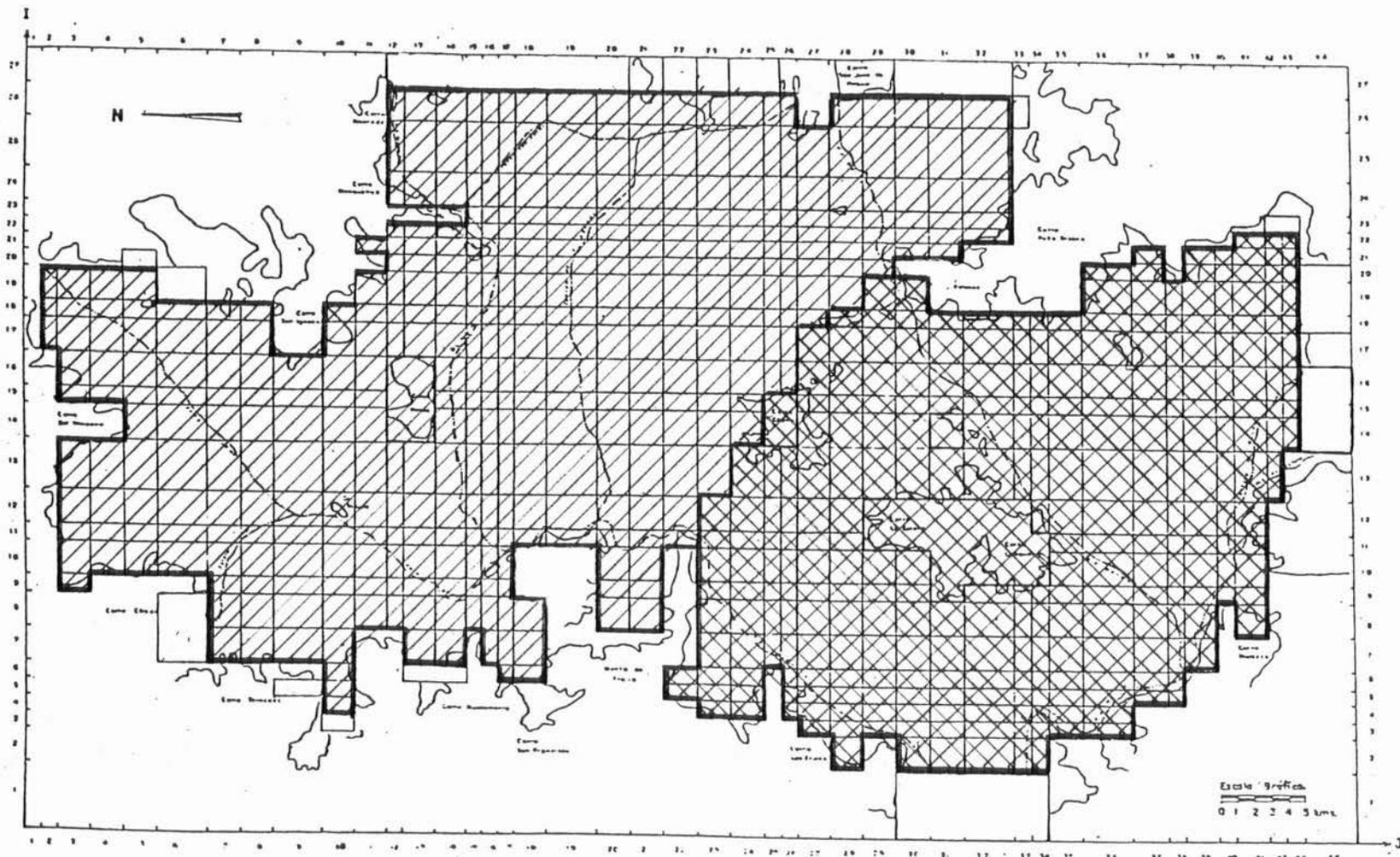


Sector sin lluvias.

MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

DIVISION POR SECTORES DE RIEGO

PASADA N° 4



Sector Norte



Sector Sur

6.2.5 Pasada N° 5

Se efectuó el 20/12/83 obteniéndose los siguientes resultados para el balance másico.

	<u>VOL (Mm³/año)</u>
<u>ENTRADAS AL ACUIFERO</u>	
- INFILTRACIONES DE RIEGO	839
- INFILTRACIONES POR LLUVIAS	239
- INF. DESDE LA RED DE AGUA POTABLE	136
- INF. DESDE RIOS Y ESTEROS	<u>181</u>
TOTAL	1.395
<u>SALIDAS DESDE EL ACUIFERO</u>	
- BOMBEOS	206
- MALLAS EXTERIORES	43
- VERTIENTES	456
- RIO	<u>119</u>
TOTAL	824
<u>VARIACIONES DE ALMACENAMIENTO</u>	564

Comparando estos valores con los de la pasada anterior, no hay cambios significativos.

Sin embargo, al entrar al Plano del Balance Másico se nota que las vertientes se han ubicado mucho mejor. Efectivamente, de una situación relativamente dispersa en la zona Sur para la Pasada N° 4, se ha pasado a una con sectores de descarga bien definidos, y que además coinciden con la realidad observada del fenómeno.

Otro avance notable consiste en las salidas subterráneas por El Monte que han subido al doble, alcanzando ya un volumen total de 76 (Mm³/año). Esto se acerca bastante más a la realidad estimada de 150 (Mm³/año), más aún si se considera que las vertientes justo antes de la salida totalizan 53 (Mm³/año) valor que, sumado a las descargas subterráneas propiamente tales, da un total de casi 130 (Mm³/año).

Por el lado del contraste piezométrico puede señalarse lo siguiente.

- Hay una notable mejoría para todos los piezómetros ubicados en las cercanías del río Mapocho, en la zona del centro de la ciudad de Santiago. Esto indica que efectivamente el río Mapocho tendría gran importancia como mecanismo de recarga del sector.

- Hay una mejoría leve, pero sostenida, para los piezómetros ubicados en la zona de Maipú y Malloco.
- Hay un empeoramiento en casi todos los piezómetros localizados al norte del río Mapocho (sector Norte).

En ellos se observa un alza de niveles en los meses de Noviembre a Enero. Este problema se debe sin embargo a un error en los datos de entrada, según se pudo comprobar, consistente en simular además de la lluvia de invierno, otra en los meses de verano.

Esta casual circunstancia ha servido de todas maneras para comprobar la sensibilidad del modelo en este sector, junto con indicar la necesidad de esta recarga en la zona alta del Estero Colina, donde curiosamente mejoró el ajuste de algunos piezómetros.

Para la 6^a Pasada se han planteado como objetivos principales los mismos de la pasada anterior, para lo cual se han hecho los cambios que siguen:

- a) Nuevos valores de la transmisividad.
- b) Corrección del error en las infiltraciones por lluvias en el sector Norte.

- c) Modificación de las infiltraciones en el Estero Colina, duplicándola en todas las mallas que corresponda, excepto en la (17,4) y (17,5) donde se ha cuadruplicado, y la (15,6) y (16,6) donde se ha disminuído su valor a la cuarta parte.

Esto se ha hecho para afinar el ajuste, y es consecuencia del error fortuito de hacer llover en Noviembre en la zona como se hizo en esta Pasada.

- d) Disminución a la mitad de las infiltraciones del río Mapocho, en su tramo revestido. La razón de este cambio es que se ha visto que en el sector los niveles medidos suben, pero no tanto como lo hacen los simulados.
- e) Eliminación total de las infiltraciones de riego en parte del Sector Norte, indicado en detalle en plano adjunto con el análisis de la Pasada N° 6.

Esta hipótesis quedaría justificada por la gran capa de arcilla que cubre la superficie del terreno, que no permitiría las infiltraciones. Esto mismo ocurriría para las infiltraciones por lluvias, las que, sin embargo, no se eliminarán. La razón de ello es que la lluvia ingresa al acuífero en esta zona por el piedemonte, pero, por estar la na-

pa confinada, el efecto de estas infiltraciones se nota casi simultáneo en todo el sector bajo la capa de arcilla. En estas condiciones, una forma de simular la situación es suponer infiltraciones de lluvias por toda el área, como se ha hecho.

Como respaldo a estas suposiciones están los niveles piezométricos, que registran el efecto de las infiltraciones por lluvias en invierno, y no se alteran en absoluto con las infiltraciones de riego.

- f) Desfase de las infiltraciones de riego en 5 meses en la zona Oriente. Con esto su distribución mensual queda:

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
Q%	20	15	15	10	5	0	0	0	0	0	10	25

y hace coherente esta situación con la planteada para las infiltraciones por lluvias en el sector. Este desfase de 5 meses responde a la situación de los niveles medidos, y tiene su justificación en la profundidad a que se encuentran los niveles de la napa respecto al terreno.

- g) Para el Sector Sur una nueva distribución mensual de las infiltraciones por lluvias, de acuerdo a:

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
Q%	0	0	0	0	10	20	30	30	10	0	0	0

RESUMEN BALANCE MASICO PASADA N° 5

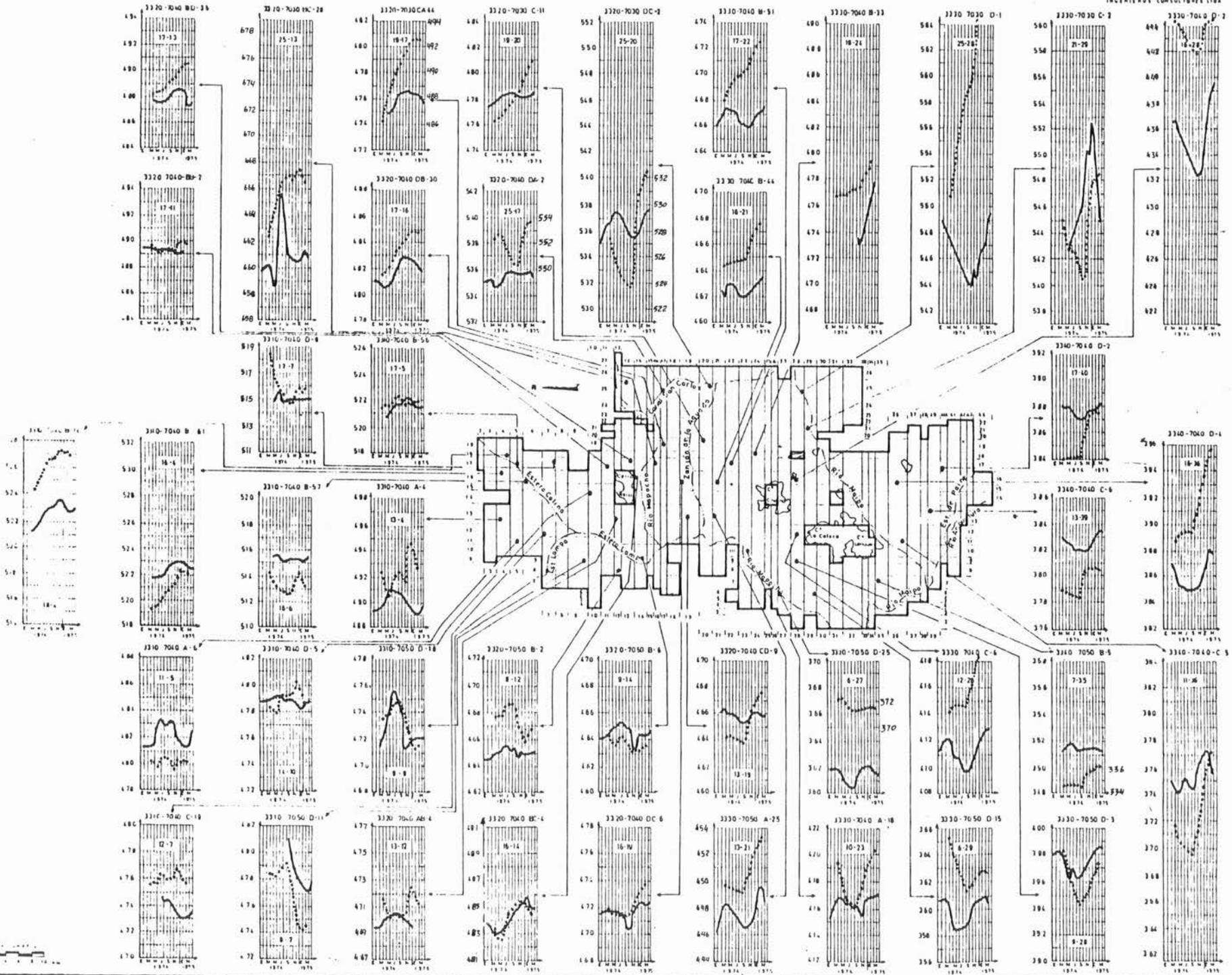
VALORES EN MILLONES M3

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	TOTAL ANUAL
MALLAS EXTFRIDRES	-3.42	-3.43	-3.39	-3.38	-3.38	-3.37	-3.48	-3.55	-3.72	-3.85	-3.94	-3.97	-42.87
RIO	0.11	-4.05	-5.04	-5.63	-5.96	-5.88	-10.96	-14.36	-16.14	-16.86	-17.48	-16.83	-119.09
VERTIENTES	-17.97	-25.86	-26.67	-29.89	-31.04	-29.44	-36.02	-41.61	-54.03	-57.96	-55.22	-50.50	-456.20
ALMACENAMIENTO	7.12	-22.07	-32.43	-6.15	-10.34	-23.85	70.25	80.86	196.00	139.36	112.57	52.46	563.78
BOMBEO DE RIEGO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-10.11	-20.22	-30.33	-30.33	-10.11	0.0	-101.10
BOMBEO DE AGUA POTABLE	-7.40	-6.58	-5.76	-5.35	-4.94	-5.76	-6.17	-6.58	-7.40	-8.64	-9.46	-8.23	-82.27
BOMBEO DE INDUSTRIAS	-1.97	-1.87	-1.87	-1.87	-1.37	-1.87	-1.87	-1.67	-1.37	-1.87	-1.87	-1.87	-22.50
INF. RIEGO SECTOR NORTE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.87	11.74	17.61	17.61	5.87	0.0	56.70
INF. RIEGO SECTOR ORIENTE	19.16	9.59	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.16	47.91	38.33	28.75	28.75	191.64
INF. RIEGO SECTOR SUR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	56.43	84.65	112.86	112.86	112.86	64.65	564.32
INF. DE RIEGO POR AGUAS SUB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.39	4.78	7.16	7.16	2.39	0.0	23.68
INF. LLUVIAS ZONA NORTE	0.0	0.0	0.0	16.29	12.22	8.15	4.07	0.0	24.44	12.22	4.07	0.0	40.73
INF. LLUVIAS ZONA ORIENTE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.60	19.80	6.60	0.0	66.00
INF. LLUVIAS ZONA SUR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	54.93	27.47	5.16	0.0	0.0	0.0	91.55
INF. DESDE LA RED DE A.P.	12.21	10.85	9.50	8.82	8.14	9.50	10.17	10.85	12.21	14.24	15.60	13.57	135.66
INFILTRACIONES ESTERO LAMPA	0.0	0.0	0.0	0.52	0.52	0.52	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.10
INFILTRACIONES ESTERO COLIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.15	0.15	0.30	0.91	0.91	0.60	0.0	0.0	3.02
INF. RIO MAPOCHO BAJO	0.0	0.0	1.46	5.86	5.86	4.39	4.39	2.93	2.93	1.46	0.0	0.0	29.30
INF. RIO MAPOCHO ALTO	0.0	0.0	0.0	2.01	3.35	0.0	0.0	0.0	0.34	0.34	0.34	0.67	6.70
INFILTRACIONES RIO MAIPO	6.98	0.0	0.0	6.98	6.98	0.0	0.0	6.98	34.84	34.84	34.84	6.98	134.55
BALANCE TOTAL	0.69	0.71	0.66	0.53	0.39	0.25	0.24	0.41	0.52	0.65	0.72	0.75	6.51

MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

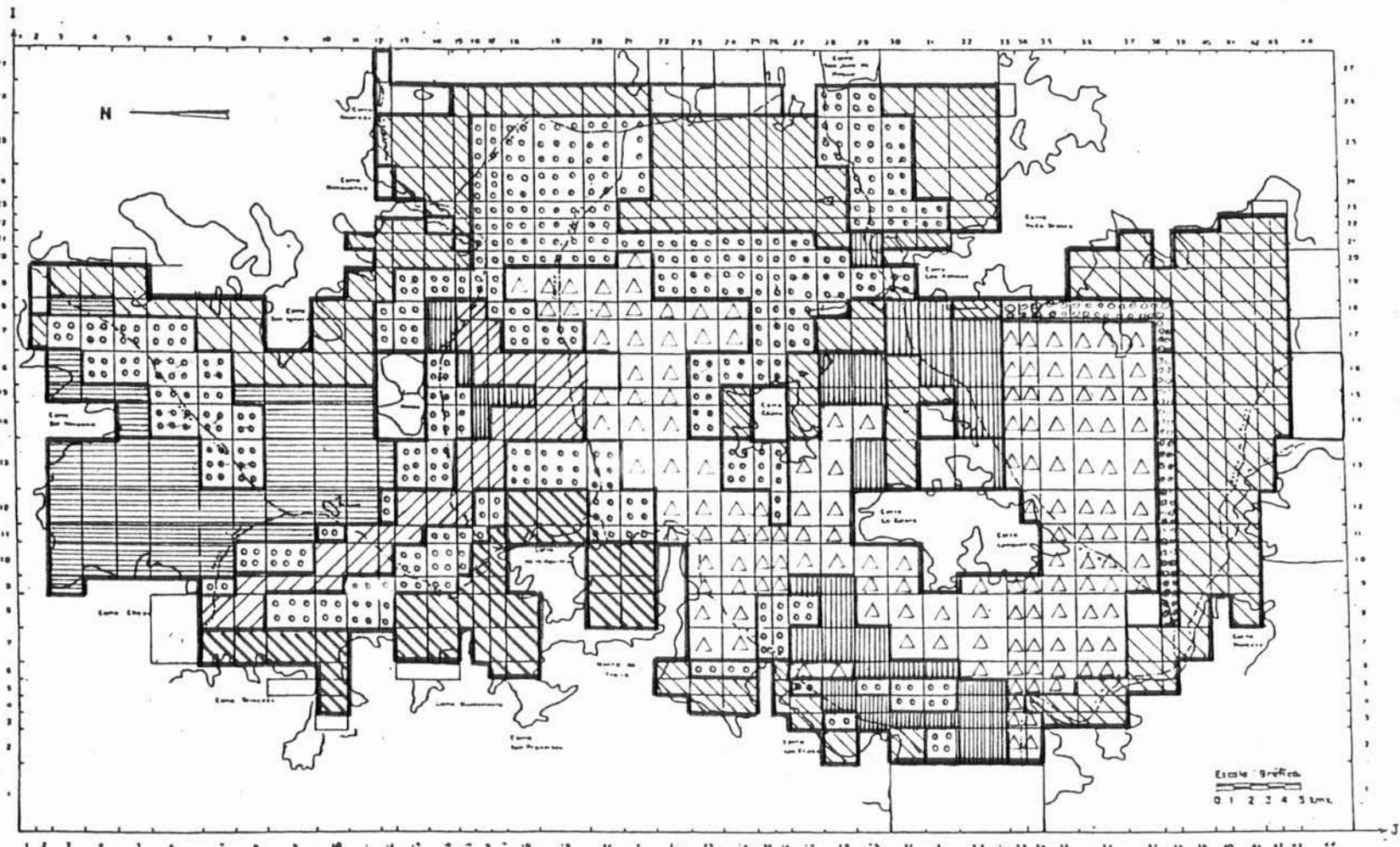
CONTRASTE PIEZOMETRICO PASADA N° 5

ALAMOS Y PERALTA
INGENIEROS CONSULTORES LTDA



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

TRANSMISIVIDAD (miles $m^2/día$) PASADA N° 5



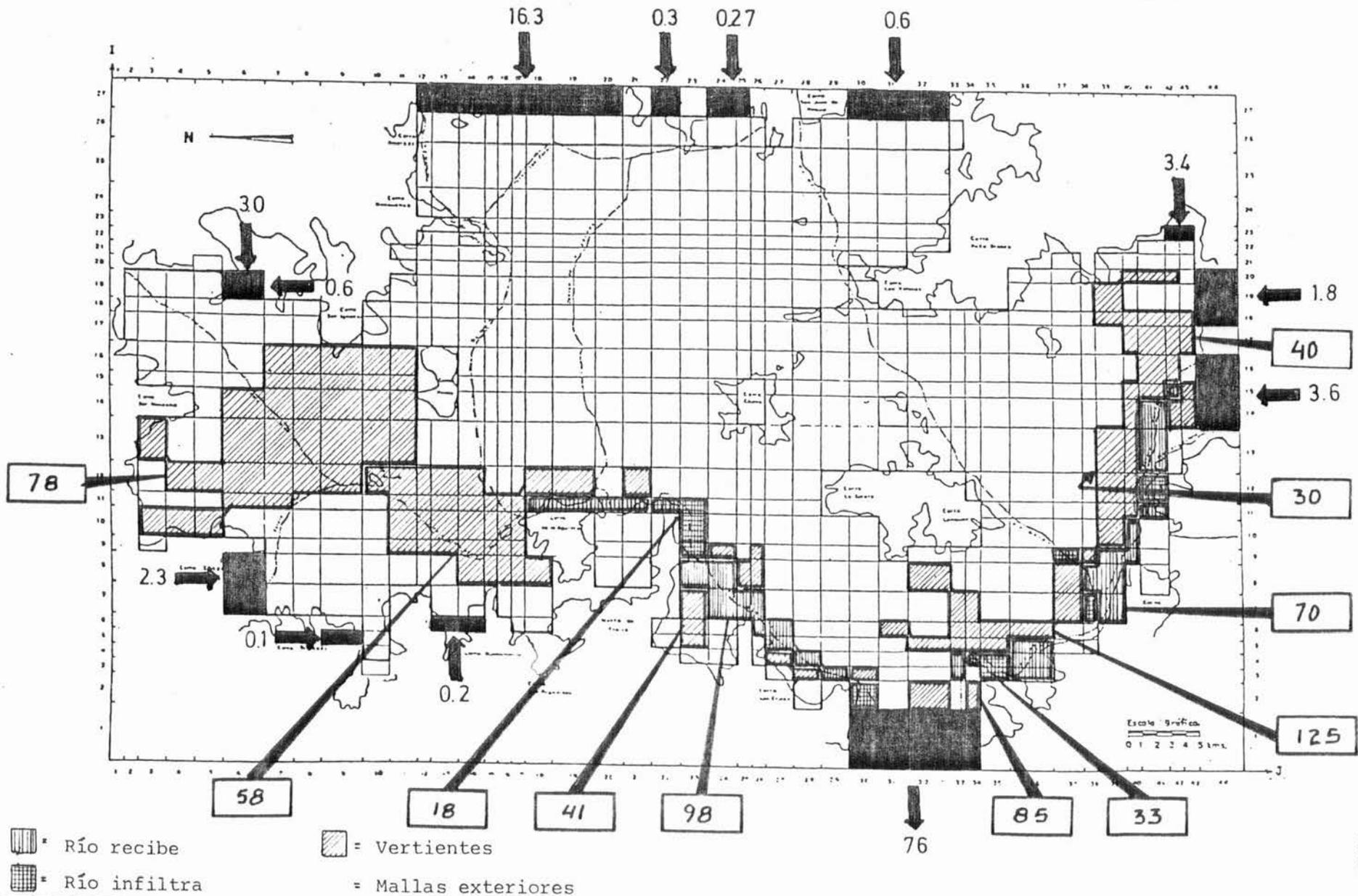
T (miles $m^2/día$)



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

BALANCE MASICO (Mm³/año)

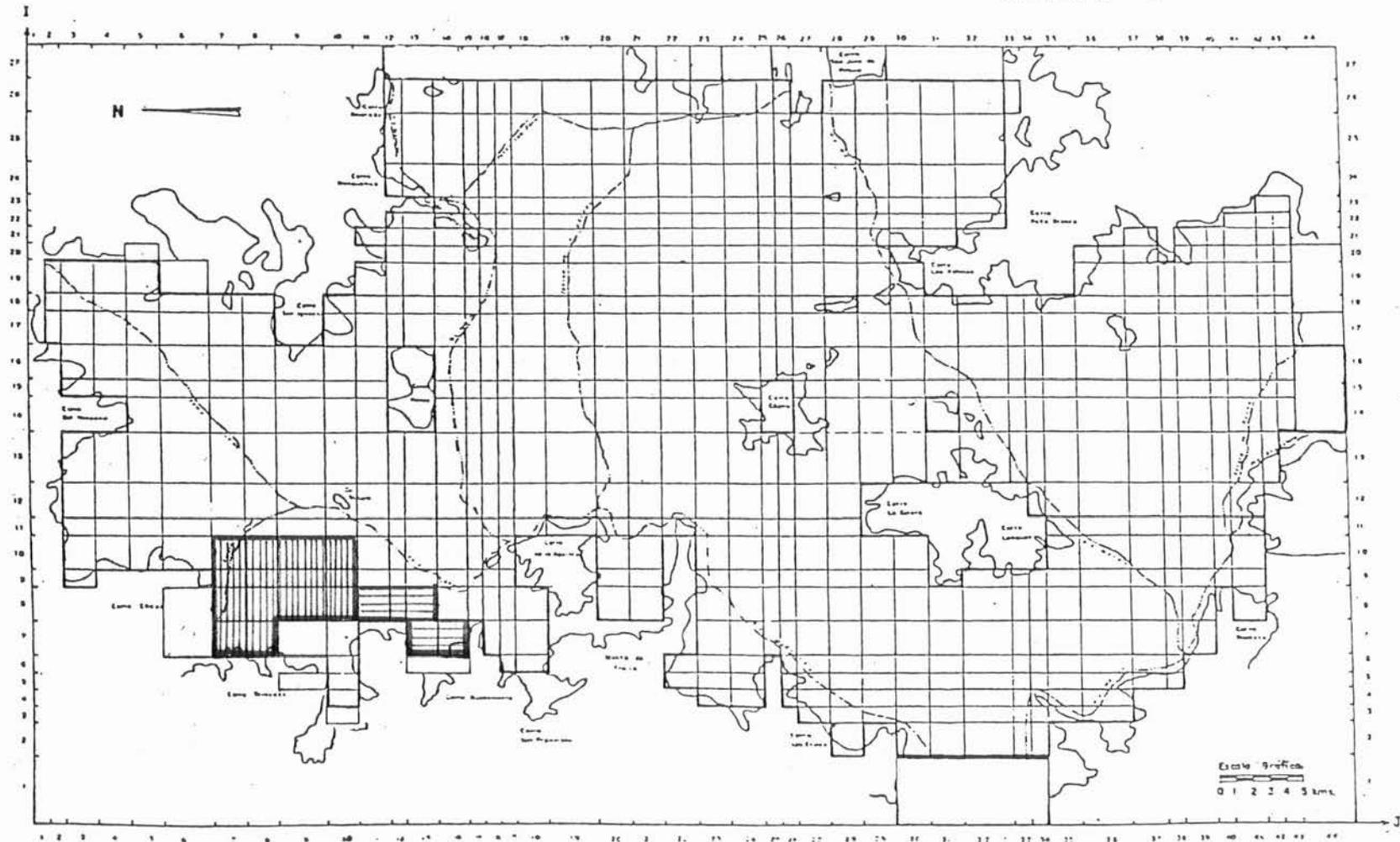
PASADA N° 5



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

MODIFICACIONES A INFILTRACIONES POR RIEGO Y COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO

PASADA N° 5



Zona con Riego x 2



Zona con Almacenamiento = 5%

6.2.6 Pasada N° 6

Se efectuó el 2/1/84 con los siguientes resultados para el balance másico.

	<u>VOL. (Mm³ /año)</u>
<u>ENTRADAS AL ACUIFERO</u>	
- INFILTRACIONES DE RIEGO	825
- INFILTRACIONES POR LLUVIAS	197
- INF. DESDE LA RED DE AGUA POTABLE	136
- INF. DESDE RIOS Y ESTEROS	<u>177</u>
TOTAL	1.335
 <u>SALIDAS DESDE EL ACUIFERO</u>	
- BOMBEOS	206
- MALLAS EXTERIORES	44
- VERTIENTES	497
- RIO	<u>153</u>
TOTAL	900
 <u>VARIACIONES DE ALMACENAMIENTO</u>	 430

31/7 4 35

Comparando estos resultados con los de la pasada anterior se nota una mejoría, que se refleja en el aumento de vertientes y salidas al río, y en la disminución del almacenamiento.

En el detalle del Balance Másico se ha tenido un notable avance en cuanto a la ubicación de las vertientes, pudiendo decirse que prácticamente todas las localizadas en terreno están representadas más o menos bien por el modelo.

El contraste piezométrico, por su parte, muestra el avance del ajuste en buena parte de los piezómetros. Es digna de destacar la mejoría del sector Santiago-Sur y Maipú, donde se ha disminuído el alza constante de niveles, insinuándose en la simulación el descenso observado en la primavera.

Para completar el proceso de ajuste se ha programado una 7^a Pasada, con los siguientes objetivos:

- disminuir el almacenamiento excesivo, que se manifiesta principalmente en los siguientes sectores: el que está al sur del río Maipo, en una franja que va desde el cerro Chena a Peñaflor, y en la zona alta de la cuenca entre la Quebrada de Macul y el río Maipo.

- aumentar todavía más las salidas por vertientes en Peñaflor, Paine y Viluco.

- tratar de afinar el ajuste de los piezómetros.

Para ello se han planteado los siguientes cambios:

- a) Nuevos valores de la transmisividad.
- b) Bajar las infiltraciones de riego a la mitad en el sector que está al sur del río Maipo.
- c) Poner como distribución de las infiltraciones por lluvias de los sitios con niveles de la napa relativamente superficiales (menores de 20 (m)), la siguiente:

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
$\alpha\%$	0	0	0	40	30	20	10	0	0	0	0	0

Estos sitios coinciden con el sector Sur, y se había supuesto hasta ahora que recibía las infiltraciones por lluvias a partir del mes de septiembre, ya que los niveles medidos no reflejan otra cosa. Actualmente se piensa que al acuífero llega rápidamente el efecto de las lluvias, como es razonable suponer dada la alta permeabilidad de estos terrenos

y lo poco profundo de los niveles de la napa.

Esta recarga no se notaría en los piezómetros debido a la altísima transmisividad del acuífero en este sector, que provocaría la rápida evacuación de estas aguas hacia las vertientes.

- d) Subir al doble las infiltraciones del río Mapocho alto, tratando de seguir las fluctuaciones del piezómetro de la malla (25,13).
- e) Poner como distribución de lluvias en la zona influenciada por las infiltraciones del río Mapocho bajo, la que sigue:

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
ℓ%	0	0	0	0	0	0	60	30	10	0	0	0

150

La intención del cambio es mejorar la situación de los piezómetros ubicados en la zona. Las mallas afectadas en este caso se indican en los planos al final de la 7ª Pasada.

- f) Disminución a la mitad las infiltraciones del río Maipo en las mallas (25,28) y (26,28).

- g) Eliminación de la infiltración de riego en la parte alta de la cuenca, en una franja que abarca desde el Zanjón de Aguada hasta Puente Alto en el sentido norte-sur, y desde el Canal San Carlos hasta la zona urbana de la ciudad de Santiago en la dirección oriente-poniente. La justificación de la medida estaría en avance de la ciudad hacia esta zona.

Los límites precisos precisos del área involucrada se incluyen en los planos al final del análisis de la 7^a Pasada.

RESUMEN BALANCE MASICO PASADA N° 6

VALORES EN MILLONES M3

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	TOTAL ANUAL
MALLAS EXTERIORES	-3.57	-3.60	-3.58	-3.59	-3.60	-3.61	-3.67	-3.71	-3.78	-3.83	-3.89	-3.96	-44.39
RIO	-1.25	-6.24	-7.56	-8.35	-9.26	-10.07	-13.20	-16.72	-19.12	-20.07	-20.73	-20.08	-152.67
VERTIENTES	-22.25	-30.71	-31.12	-34.51	-36.50	-36.56	-40.47	-45.96	-51.06	-54.50	-57.46	-56.22	-497.33
ALMACENAMIENTO	20.27	-10.24	-11.11	4.30	-1.67	-17.91	33.73	52.22	119.60	85.32	92.23	62.81	429.55
BOMBEO DE RIEGO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-10.11	-20.22	-30.33	-30.33	-10.11	0.0	-101.10
BOMBEO DE AGUA POTABLE	-7.40	-6.58	-5.76	-5.35	-4.94	-5.76	-6.17	-6.58	-7.40	-8.64	-9.46	-8.23	-82.27
BOMBEO DE INDUSTRIAS	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-22.50
INF. RIEGO SECTOR NORTE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.46	8.95	13.43	13.43	4.46	0.0	44.77
INF. RIEGO SECTOR ORIENTE	38.33	28.75	28.75	19.16	9.56	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.16	47.91	151.64
INF. RIEGO SECTOR SUR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	56.43	84.65	112.86	112.86	84.65	84.65	564.32
INF. DE RIEGO POR AGUAS SUB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.39	4.78	7.16	7.16	2.39	0.0	23.86
INF. LLUVIAS ZONA NORTE	0.0	0.0	0.0	16.29	12.22	8.15	4.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.73
INF. LLUVIAS ZONA ORIENTE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.41	19.71	6.57	0.0	65.69
INF. LLUVIAS ZONA SUR	0.0	0.0	0.0	0.0	9.00	17.99	6.99	26.99	9.00	0.0	0.0	0.0	69.96
INF. DESDE LA RED DE A.P.	12.21	10.85	9.50	8.82	8.14	9.50	10.17	10.85	12.21	14.24	15.60	13.57	135.66
INFILTRACIONES ESTEREO LAMPA	0.0	0.0	0.0	0.52	0.52	0.52	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.10
INFILTRACIONES ESTEREO COLIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.31	0.31	0.61	1.84	1.84	1.22	0.0	0.0	6.12
INF. RIO MAPOCHO BAJO	0.0	0.0	1.11	4.44	4.44	3.33	3.33	2.22	2.22	1.11	0.0	0.0	22.20
INF. RIO MAPOCHO ALTO	0.0	0.0	0.0	2.01	3.35	0.0	0.0	0.0	0.34	0.34	0.34	0.67	6.70
INFILTRACIONES RIO MAIPO	6.98	0.0	0.0	6.98	6.98	0.0	0.0	6.98	34.84	34.84	34.84	6.98	135.55
BALANCE TOTAL	0.87	0.84	0.57	0.26	0.04	-0.17	-0.21	-0.05	0.19	0.40	0.54	0.61	3.95

VALORES POSITIVOS INDICAN ENTRADAS AL SISTEMA

MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

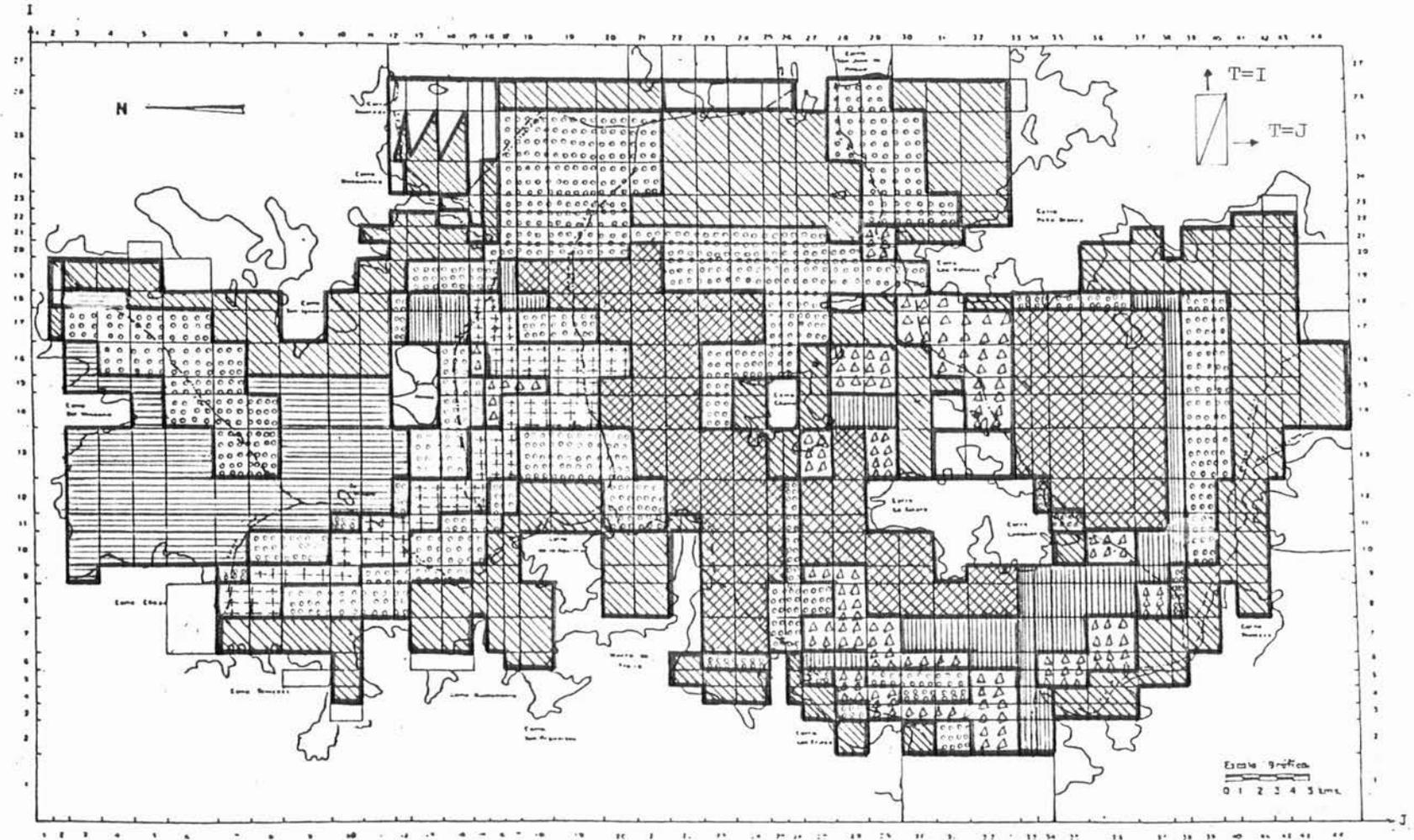
CONTRASTE PIEZOMETRICO PASADA N° 6

ALAMOS Y PERALTA
INGENIEROS CONSULTORES 1984



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

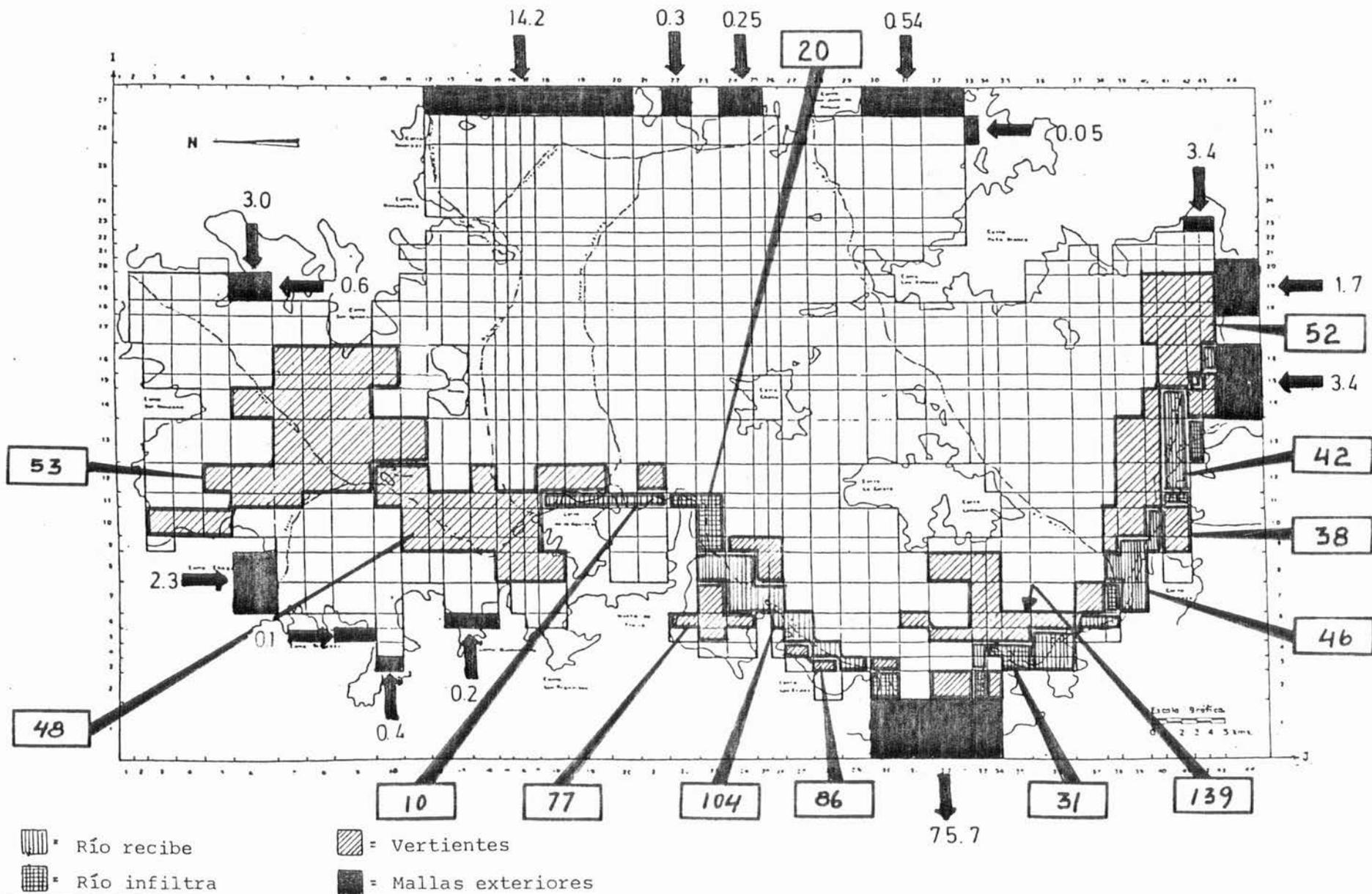
TRANSMISIVILIDAD (miles m²/día) PASADA N° 6



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

BALANCE MASICO (Mm³/año)

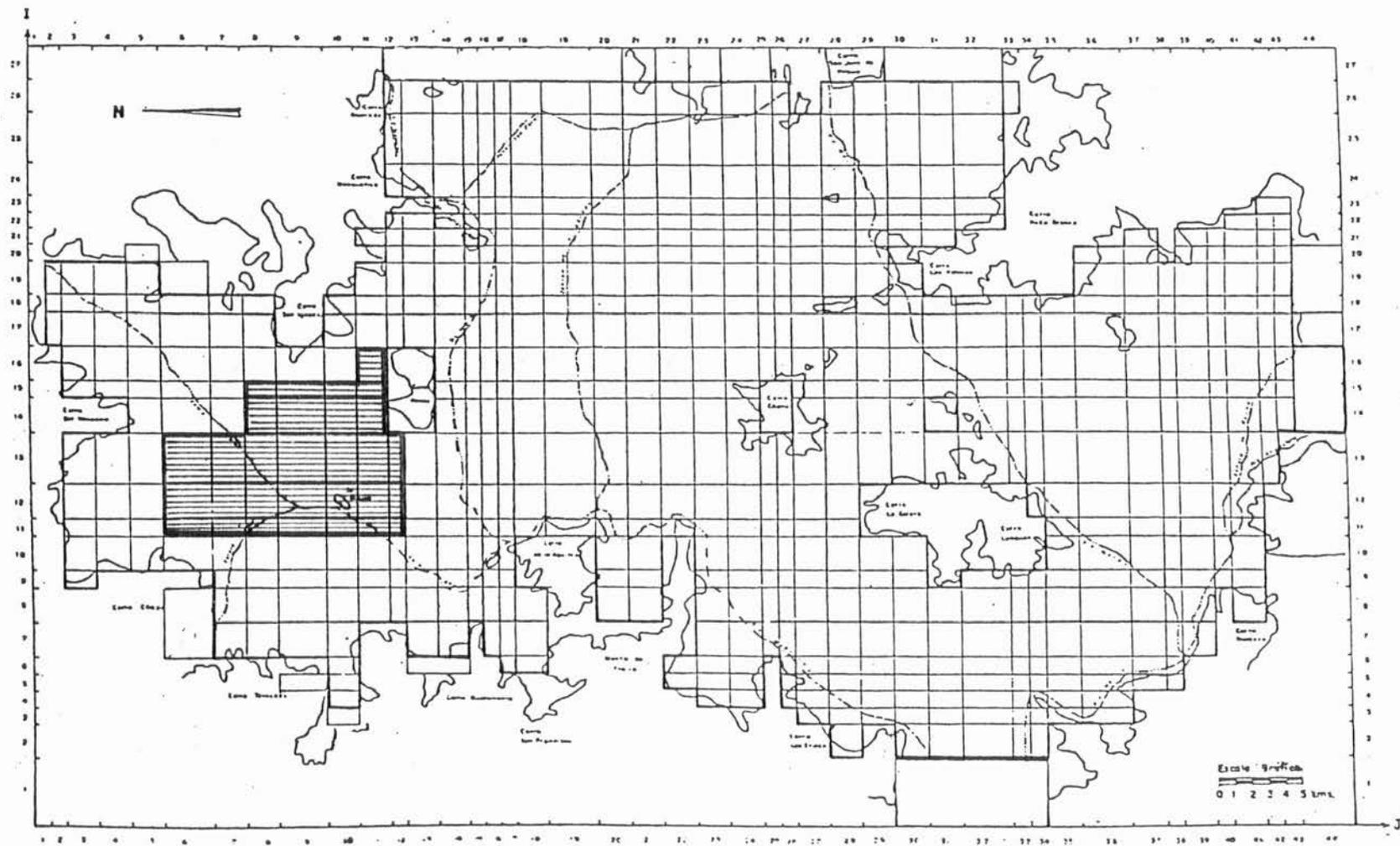
PASADA N° 6



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

SECTOR SIN RIEGO EN ZONA NORTE

PASADA N° 6



Sector sin Riego zona norte

6.2.7 Pasada N° 7

Se efectuó el 5/1/84 con los siguientes resultados para el balance másico.

	<u>VOL. (Mm³/año)</u>
<u>ENTRADAS AL ACUIFERO</u>	
- INFILTRACIONES DE RIEGO	687
- INFILTRACIONES POR LLUVIAS	197
- INF. DESDE LA RED DE AGUA POTABLE	136
- INF. DESDE RIOS Y ESTEROS	<u>177</u>
TOTAL	1.197
<u>SALIDAS DESDE EL ACUIFERO</u>	
- BOMBEOS	206
- MALLAS EXTERIORES	44
- VERTIENTES	491
- RIO	<u>208</u>
TOTAL	949
<u>VARIACIONES DE ALMACENAMIENTO</u>	244

Respecto de la pasada anterior es digno de destacar el descenso, casi a la mitad, del almacenamiento.

Por otro lado, el contraste piezométrico claramente representa, para los distintos sectores de comportamiento homogéneo del acuífero, los fenómenos de recarga y descarga, reflejados en la variación estacional de niveles. Más aún, el ajuste es óptimo en no pocos piezómetros, particularmente en los ubicados al norte y en las cercanías del río Mapocho.

Con esto se dará por ajustado el modelo. Es evidente que hay muchos aspectos que podrían ser mejorados, pero para ello sería necesario disponer de información más detallada y abundante que la que se ha tenido en este caso. Con esto se quiere decir que la modelación de acuíferos es un proceso dinámico, que permite poco a poco ir afinando la precisión del conocimiento y representación matemática de las napas subterráneas.

El modelo que aquí se ha desarrollado ha significado un rastreo zona a zona del comportamiento del acuífero, y permite así para más adelante un conocimiento más claro de dónde y qué es necesario investigar.

A continuación se entregan las conclusiones del proceso de ajuste del modelo. Allí se entrega, primeramente, un esquema del funcionamiento del acuífero, a la luz de los resultados obtenidos. Posteriormente se indican las pasadas de simulación que ha parecido interesante efectuar, para luego sugerir una lista de los aspectos en que sería necesario hacer nuevas investigaciones.

RESUMEN BALANCE MASICO PASADA N° 7

VALORES EN MILLONES M3

MESES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	TOTAL ANUAL
MALLAS EXTERIORES	-3.57	-3.58	-3.55	-3.61	-3.64	-3.63	-3.64	-3.64	-3.70	-3.74	-3.79	-3.85	-43.93
RED	-3.72	-11.00	-13.42	-16.26	-17.32	-17.03	-18.17	-19.56	-21.44	-22.72	-23.61	-23.36	-207.59
VERTIENTES	-25.46	-34.87	-34.61	-39.91	-42.80	-40.93	-41.26	-42.37	-45.36	-47.49	-48.31	-47.53	-490.89
ALMACENAMIENTO	8.76	-23.27	-24.56	25.57	3.28	-29.53	0.03	9.74	90.01	65.97	72.31	45.16	243.47
BOMBEO DE RIEGO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-10.11	-20.22	-30.33	-30.33	-10.11	0.0	-101.10
BOMBEO DE AGUA POTABLE	-7.40	-6.58	-5.76	-5.35	-4.94	-5.76	-6.17	-6.58	-7.40	-8.64	-9.46	-8.23	-82.27
BOMBEO DE INDUSTRIAS	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-22.50
INF. RIEGO SECTOR NORTE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.48	8.95	13.43	13.43	4.48	0.0	44.77
INF. RIEGO SECTOR ORIENTE	32.82	24.61	24.61	16.41	8.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.41	41.02	164.08
INF. RIEGO SECTOR PONIENTE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.54	48.81	65.08	65.08	65.08	48.81	325.42
INF. RIEGO SECTOR SUR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.87	19.30	25.73	25.73	25.73	19.30	128.65
INF. DE RIEGO POR AGUAS SUB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.39	4.78	7.16	7.16	2.39	0.0	23.88
INF. LLUVIAS ZONA NORTE	0.0	0.0	0.0	16.18	12.13	8.09	4.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.45
INF. LLUVIAS ZONA ORIENTE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	19.24	6.41	0.0	64.15
INF. LLUVIAS ZONA SUR	0.0	0.0	0.0	35.89	26.92	17.95	8.97	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	89.73
INF. LLUVIAS ZONA CENTRO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.26	0.63	0.21	0.0	0.0	0.0	2.10
INF. DESDE LA RED DE A.P.	12.21	10.85	9.50	8.82	8.14	9.50	10.17	10.85	12.21	14.24	15.60	13.57	135.66
INFILTRACIONES ESTERO LAMPA	0.0	0.0	0.0	0.52	0.52	0.52	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.10
INFILTRACIONES ESTERO COLIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.31	0.31	0.61	1.84	1.84	1.22	0.0	0.0	6.12
INF. RIO MAPOCHO BAJO	0.0	0.0	1.11	4.44	4.44	3.33	3.33	2.22	2.22	1.11	0.0	0.0	22.20
INF. RIO MAPOCHO ALTO	0.0	0.0	0.0	4.02	6.70	0.0	0.0	0.0	0.67	0.67	0.67	1.34	13.41
INFILTRACIONES RIO MAIPO	6.66	0.0	0.0	6.66	6.66	0.0	0.0	6.66	33.29	33.29	33.29	6.66	133.15
BALANCE TOTAL	0.90	0.84	0.58	0.38	0.19	0.02	-0.06	0.06	0.22	0.44	0.60	0.71	4.88

VALORES POSITIVOS INDICAN ENTRADAS DE AGUA

MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

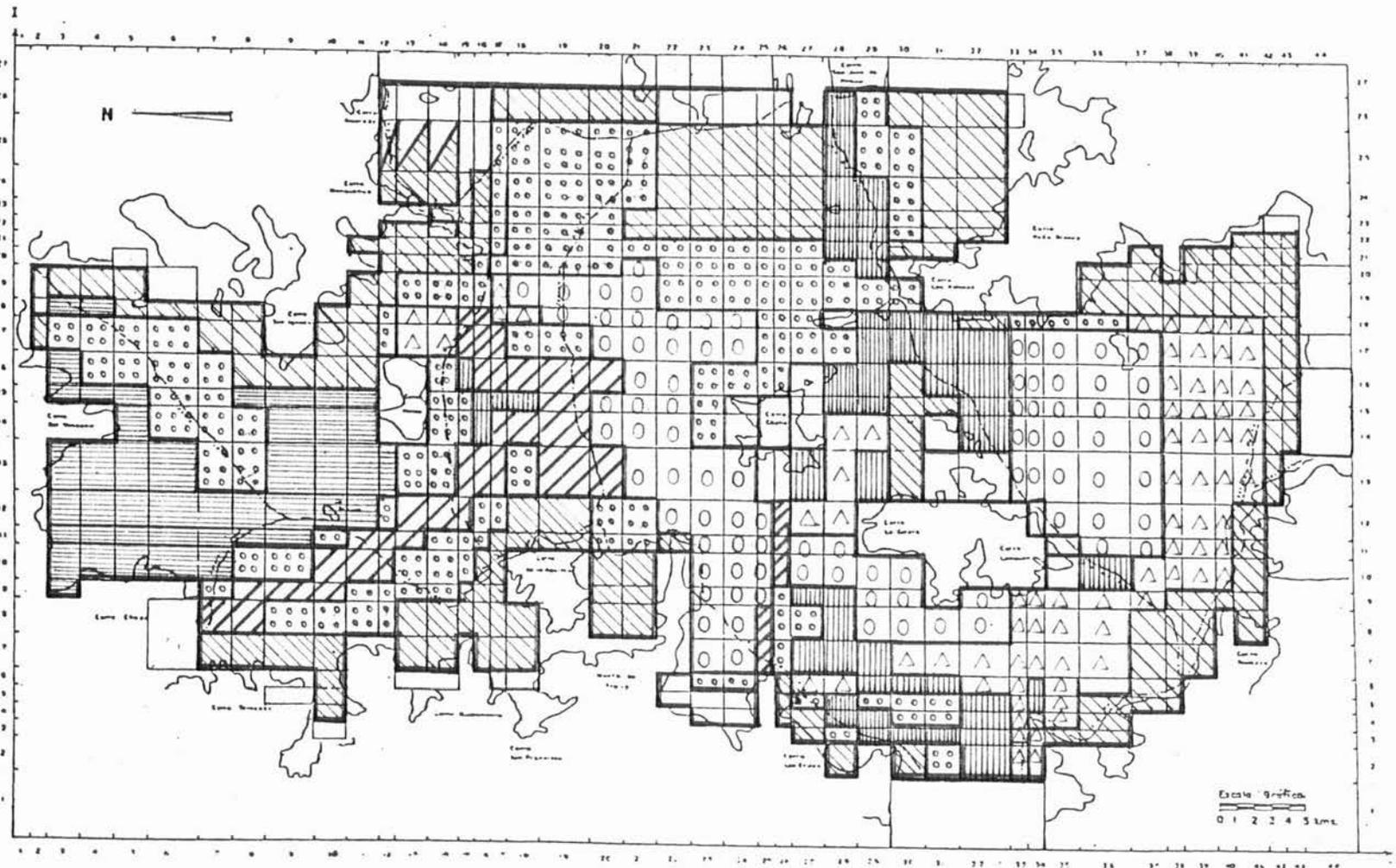
CONTRASTE PIEZOMETRICO PASADA N° 7

ALAMOS Y PERALTA
INGENIEROS CONSULTORES LTDA



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

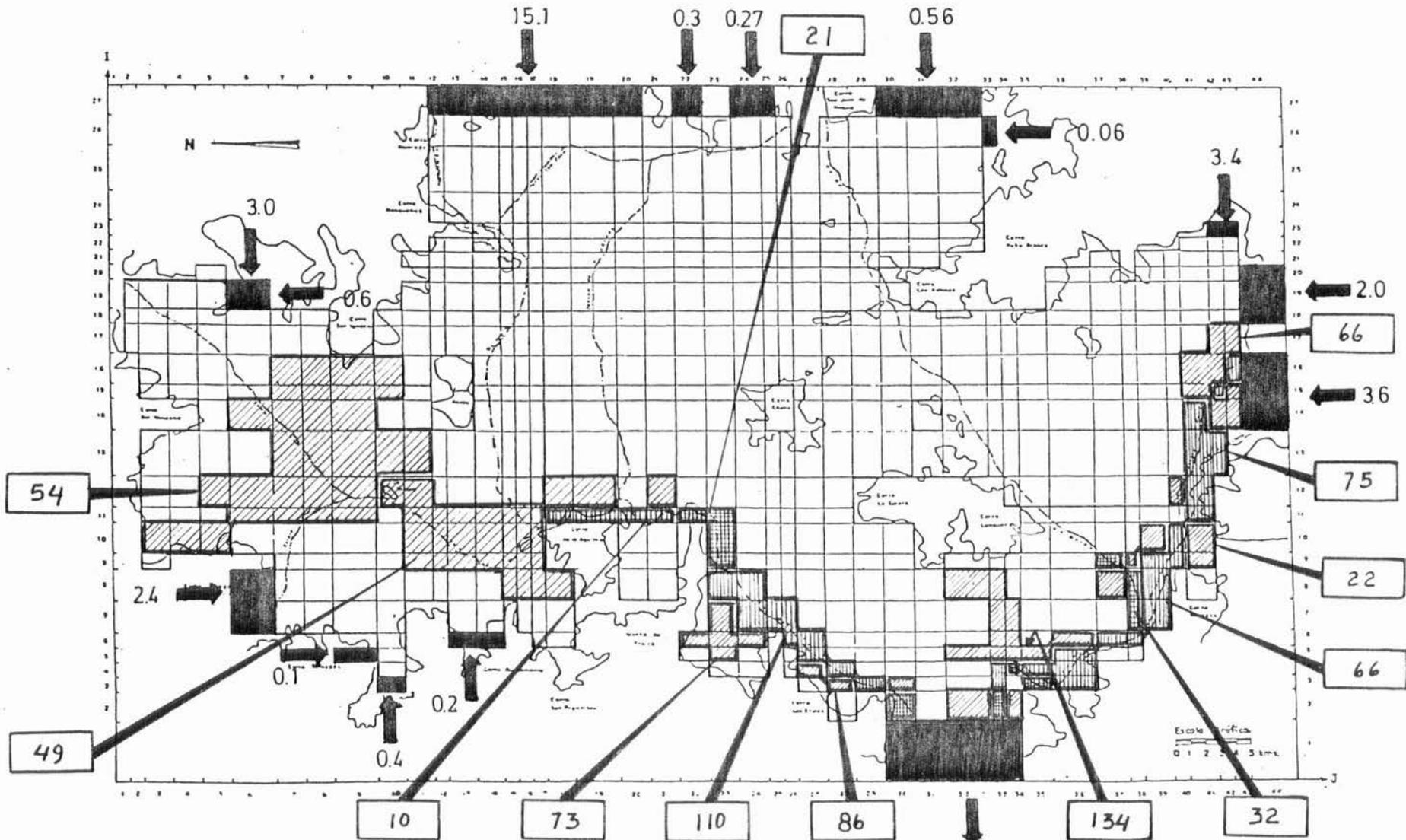
TRANSMISIVIDAD (miles m²/día) PASADA N° 7



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

BALANCE MASICO (Mm³/año)

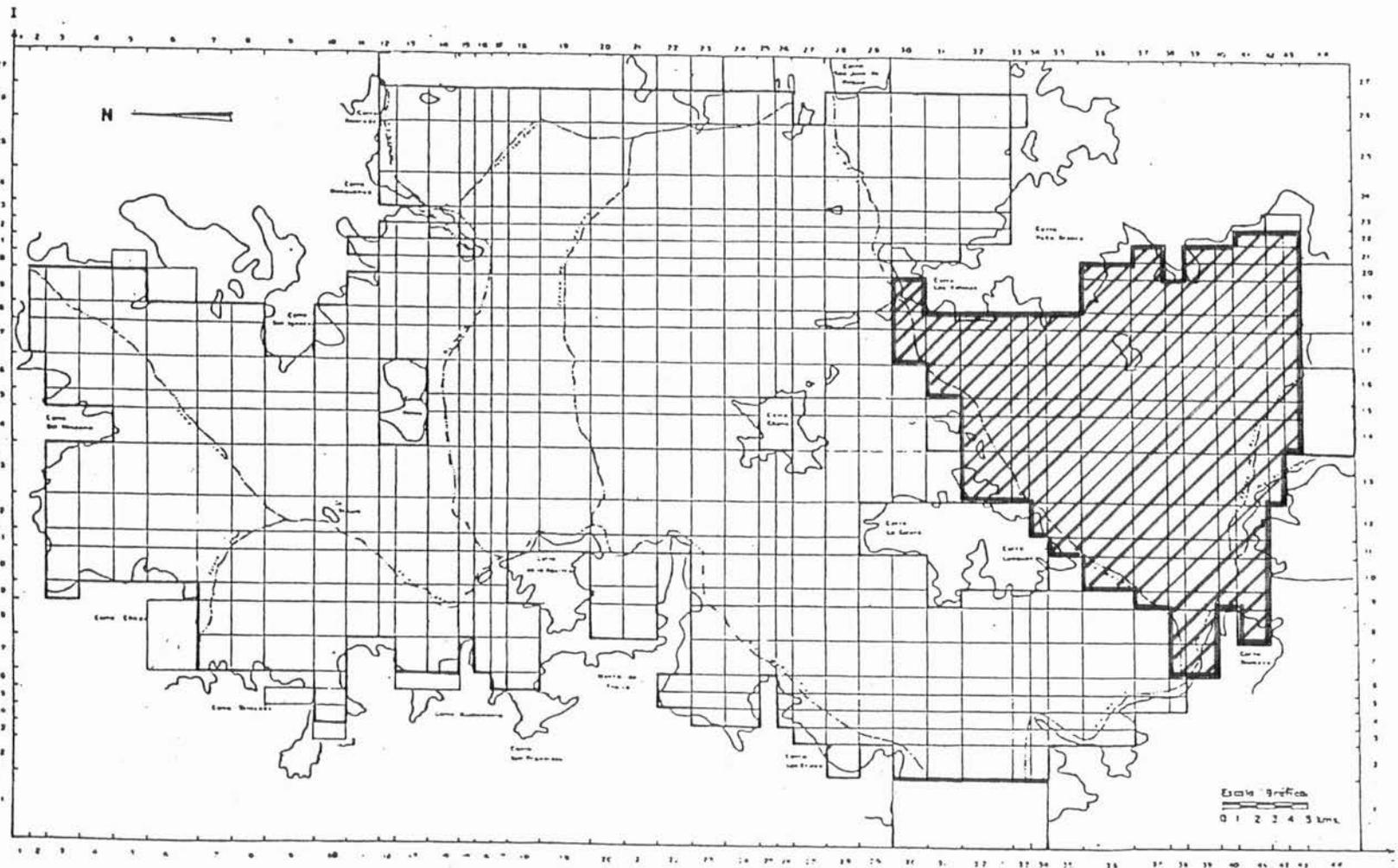
PASADA N° 7



- = Río recibe
- = Vertientes
- = Río infiltra
- = Mallas exteriores

MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

MODIFICACIONES A INFILTRACIONES POR RIEGO PASADA N° 7

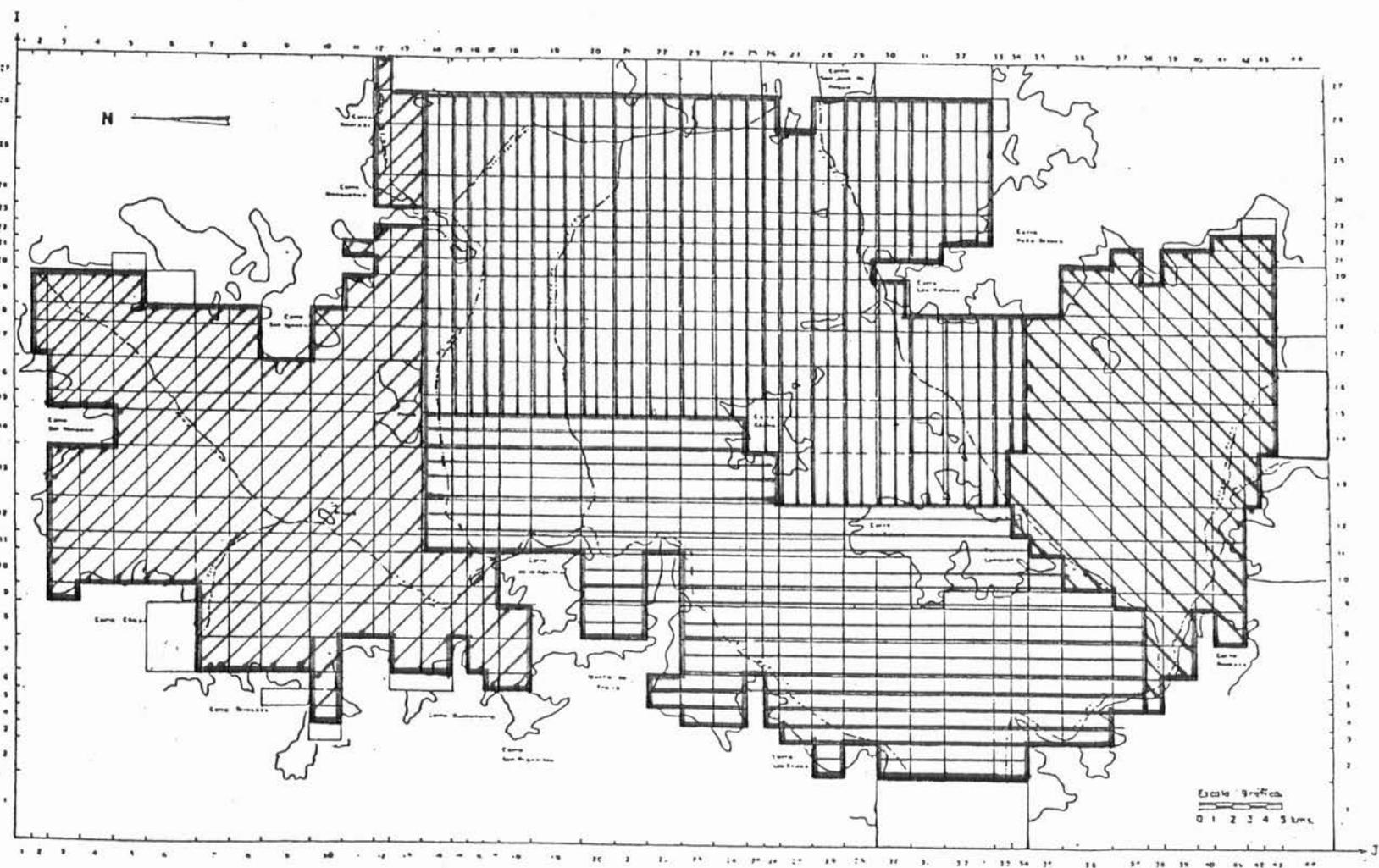


ZONA CON INFILTRACION DE RIEGO A LA MITAD.

MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

DIVISION POR SECTORES DE RIEGO

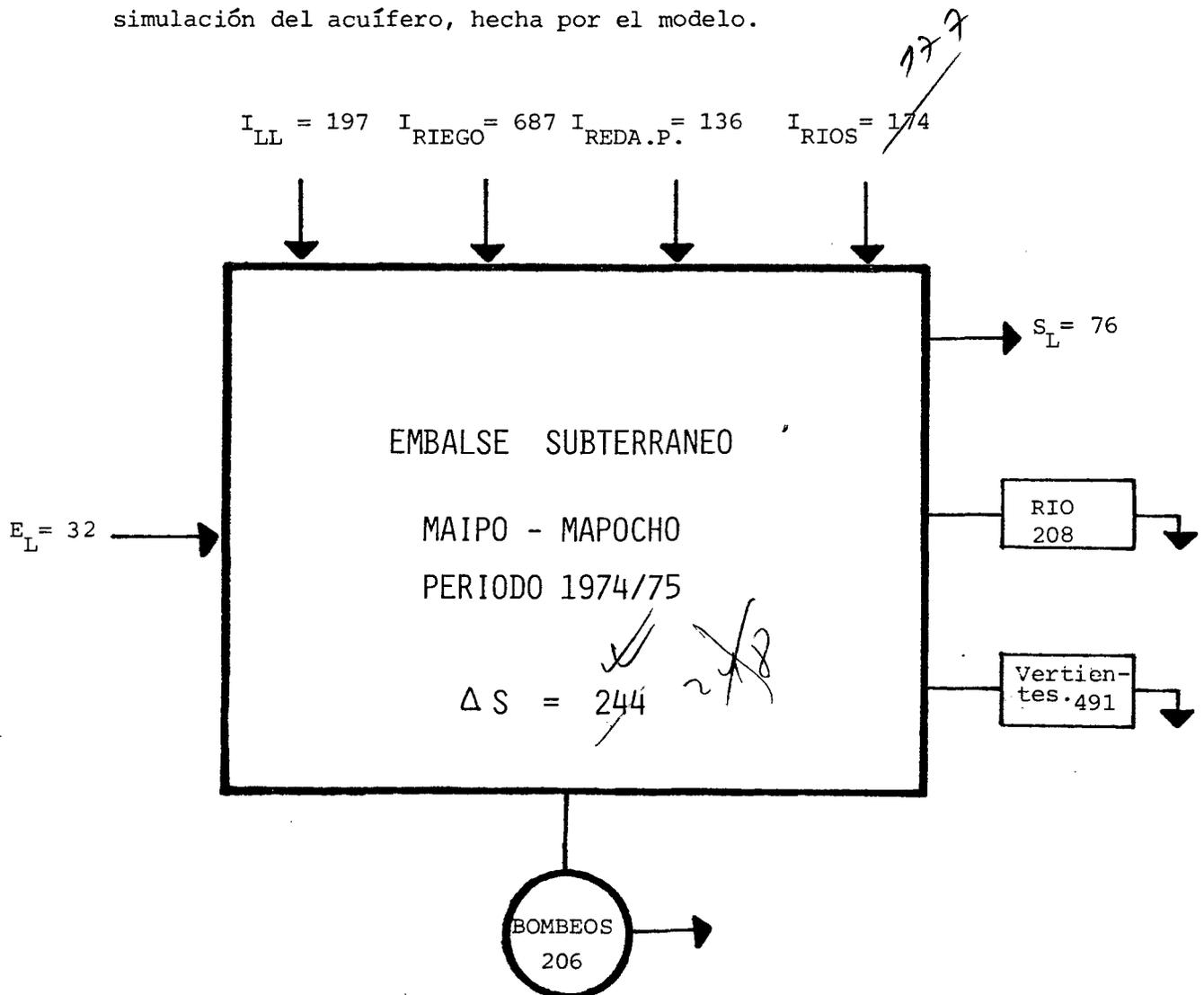
PASADA N° 7



6.3.- CONCLUSIONES

6.3.1. Esquema de funcionamiento del acuífero

El esquema de funcionamiento que se presenta a continuación, se basa exclusivamente en los resultados entregados por la simulación del acuífero, hecha por el modelo.



Valores en (Millones m³/año).

Donde :

I_{LL}	→	Infiltraciones por lluvias.
I_{RIEGO}	→	Infiltraciones de riego.
$I_{RED A.P.}$	→	Infiltraciones desde la red de Agua Potable.
I_{RIOS}	→	Infiltraciones desde ríos y esteros.
E_L	→	Entradas subterráneas al acuífero.
S_L	→	Salidas subterráneas desde el acuífero.
$RIOS$	→	Descargas directas de la napa a cauces de ríos y esteros.
$VERTIENTES$	→	Descargas de la napa a través de vertientes.
ΔS	→	Variaciones de almacenamiento.

Este esquema se refiere al comportamiento global del acuífero. Un análisis más profundo indica que en el acuífero pueden distinguirse 3 grandes sectores de funcionamiento relativamente homogéneo.

Estos coinciden con los sectores de lluvias, definidos para la Pasada N° 7, que pueden verse entre los planos al final del análisis de esa pasada.

Las principales características de cada uno de estos sectores se comentan a continuación.

- Zona Norte

Las fuentes de recarga más importantes serían:

- + Infiltraciones desde los esteros Colina y Lampa en su curso alto.
- + Infiltraciones por lluvias y riego en la zona del piedemonte. En la parte central de este sector la napa está confinada bajo una capa fuertemente impermeable, que impediría el ingreso de estos recursos al acuífero.

Las fuentes de descarga principales serían:

- + Extracciones por bombeos para riego.
- + Evapotranspiración, en aquellos lugares donde los niveles estáticos son poco profundos, es decir, casi todo el sector.
- + Afloramiento por vertientes.
- + Salidas subterráneas al resto de la cuenca.

- Zona Oriente

Las fuentes de recarga serían:

- + Infiltraciones por lluvias.
- + Infiltraciones por riego.
- + Infiltraciones desde el río Mapocho, que son muy influyentes en el comportamiento de la napa ubicada bajo el centro de Santiago.
- + Infiltraciones desde el río Maipo, que son muy importantes y constituyen una poderosa fuente de recarga para el tramo localizado al sur de la línea Puente Alto - Cerros de Chena.

- + Infiltraciones desde la red de Agua Potable.
- + Entradas laterales desde el piedemonte cordillerano.
- + Entradas subterráneas desde el resto de la cuenca.

Las descargas principales son:

- + Bombes para Agua Potable e Industria.
- + Salidas laterales hacia el resto de la cuenca.

Los niveles estáticos de este sector son los más profundos de la cuenca, presentándose siempre a más de 30 metros, y alcanzando máximos no menores de 150 metros.

Este hecho es de gran importancia en los mecanismos de recarga del acuífero, ya que el efecto de las infiltraciones desde la superficie viene a notarse en la napa subterránea varios meses después.

- Zona Sur

Las fuentes de recarga más importantes serían:

- + Entradas subterráneas desde el resto de la cuenca.
- + Infiltraciones por lluvias.
- + Infiltraciones por regadío.

Por el lado de las descargas destacan:

- + Salidas por vertientes.
- + Salidas a ríos y esteros.

Estos dos elementos constituyen, volumétricamente, la mayor fuente de egresos desde el embalse subterráneo, totalizando 700 millones de metros cúbicos por año.

- + Evapotranspiración, en los lugares donde los niveles estáticos son casi superficiales.
- + Salidas subterráneas hacia el poniente que, fuera de los límites del modelo, afloran a la superficie, constituyendo parte importante de los recursos del río Maipo aguas abajo de la localidad de El Monte.
- + Bombeos para riego.

Con esto se completa el esquema de funcionamiento del embalse subterráneo, sin pretender que ésta sea mas que una visión muy general y sintetizada del asunto.

A continuación se entrega el RESUMEN DEL BALANCE MASICO para la última pasada de ajuste, y los planos con los valores finales que los diferentes parámetros de modelación han tomado en definitiva.

RESUMEN BALANCE MASICO PASADA N° 7

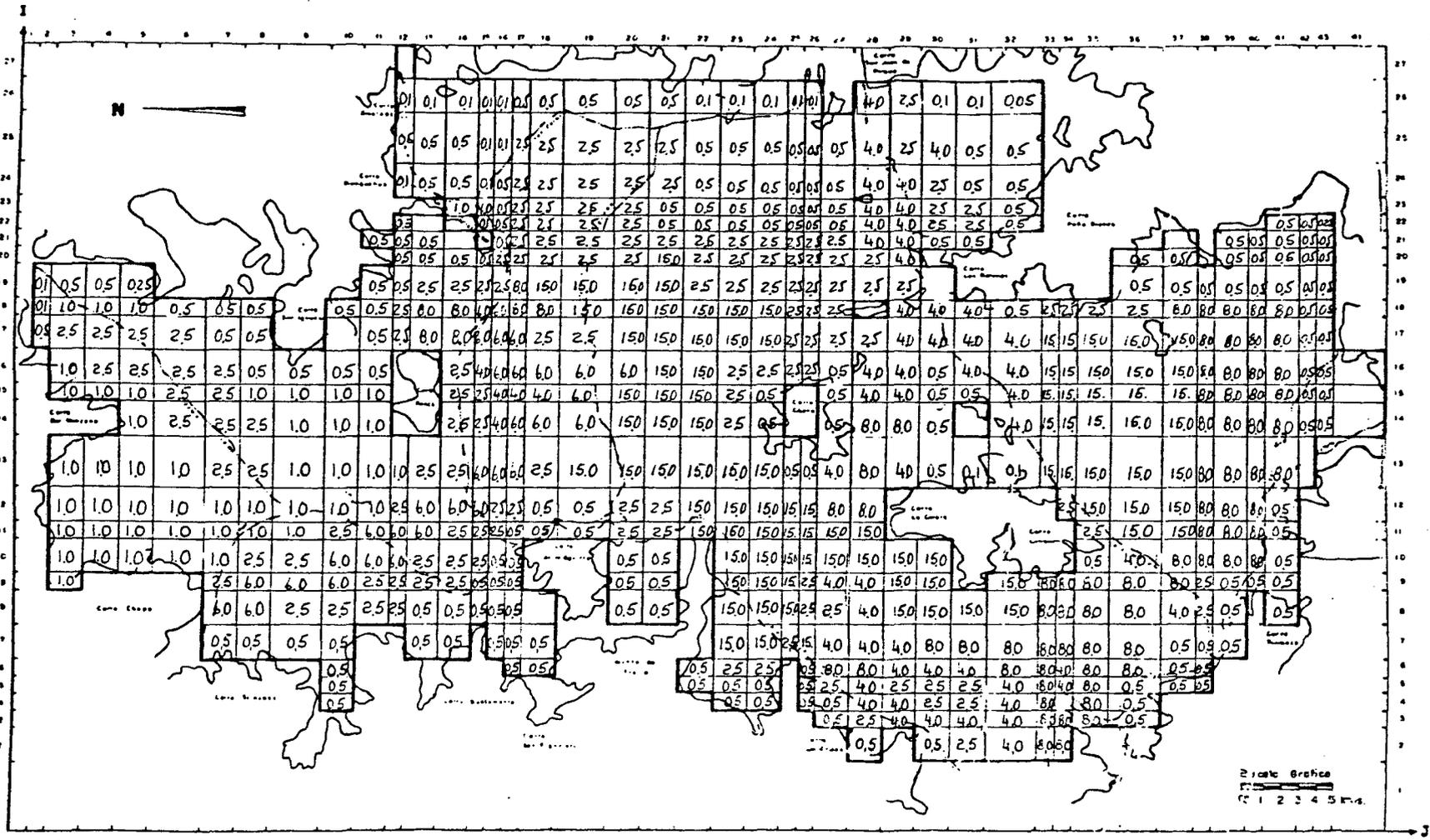
VALORES EN MILLONES M3

DES	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	TOTAL ANUAL
MALLAS EXTERIORES	-3.57	-3.58	-3.55	-3.61	-3.64	-3.63	-3.64	-3.64	-3.70	-3.74	-3.79	-3.85	-43.93
RIE	-3.72	-11.00	-13.42	-16.26	-17.32	-17.03	-18.17	-19.56	-21.44	-22.72	-23.61	-23.36	-207.59
VERTIENTES	-25.46	-34.87	-34.61	-39.91	-42.80	-40.93	-41.26	-42.37	-45.36	-47.49	-48.31	-47.53	-490.89
ALMACENAMIENTO	8.76	-23.27	-24.56	25.57	3.28	-29.53	0.03	9.74	90.01	65.97	72.31	45.16	243.47
BOMBEO DE RIEGO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-10.11	-20.22	-30.33	-30.33	-10.11	0.0	-101.10
BOMBEO DE AGUA POTABLE	-7.40	-6.58	-5.76	-5.35	-4.94	-5.76	-6.17	-6.58	-7.40	-8.64	-9.46	-8.23	-82.27
BOMBEO DE INDUSTRIAS	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-22.50
INF. RIEGO SECTOR NORTE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.48	8.95	13.43	13.43	4.48	0.0	44.77
INF. RIEGO SECTOR ORIENTE	32.82	24.61	24.61	16.41	8.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.41	41.02	164.08
INF. RIEGO SECTOR PONIENTE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.54	48.81	65.08	65.08	65.08	48.81	325.42
INF. RIEGO SECTOR SUR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.87	19.30	25.73	25.73	25.73	19.30	128.65
INF. DE RIEGO POR AGUAS SUB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.39	4.78	7.16	7.16	2.39	0.0	23.68
INF. LLUVIAS ZONA NORTE	0.0	0.0	0.0	16.18	12.13	8.09	4.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.44
INF. LLUVIAS ZONA ORIENTE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.49	19.24	6.41	0.0	26.14
INF. LLUVIAS ZONA SUR	0.0	0.0	0.0	15.89	26.92	17.95	8.97	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.73
INF. LLUVIAS ZONA CENTRO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.26	0.63	0.21	0.0	0.0	0.0	2.10
INF. RESERVA LA RED DE A.P.	12.21	10.85	9.50	8.82	8.14	9.50	10.17	10.85	12.21	14.24	15.60	13.57	135.46
INFILTRACIONES ESTERO LAMPA	0.0	0.0	0.0	0.52	0.52	0.52	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.10
INFILTRACIONES ESTERO COLIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.31	0.31	0.61	1.84	1.84	1.22	0.0	0.0	6.12
INF. RIO YAPOCHO BAJO	0.0	0.0	1.11	4.44	4.44	3.33	3.33	2.22	2.22	1.11	0.0	0.0	22.20
INF. RIO YAPOCHO ALTO	0.0	0.0	0.0	4.02	6.70	0.0	0.0	0.0	0.67	0.67	0.67	1.34	13.61
INFILTRACIONES RIO MAIPO	6.66	0.0	0.0	6.66	6.66	0.0	0.0	6.66	33.29	33.29	33.29	6.66	133.85
BALANCE TOTAL	0.93	0.86	0.58	0.38	0.19	0.02	-0.36	0.06	0.22	0.44	0.60	0.71	4.88

VALORES POSITIVOS INDICAN ENTRADAS AL SISTEMA

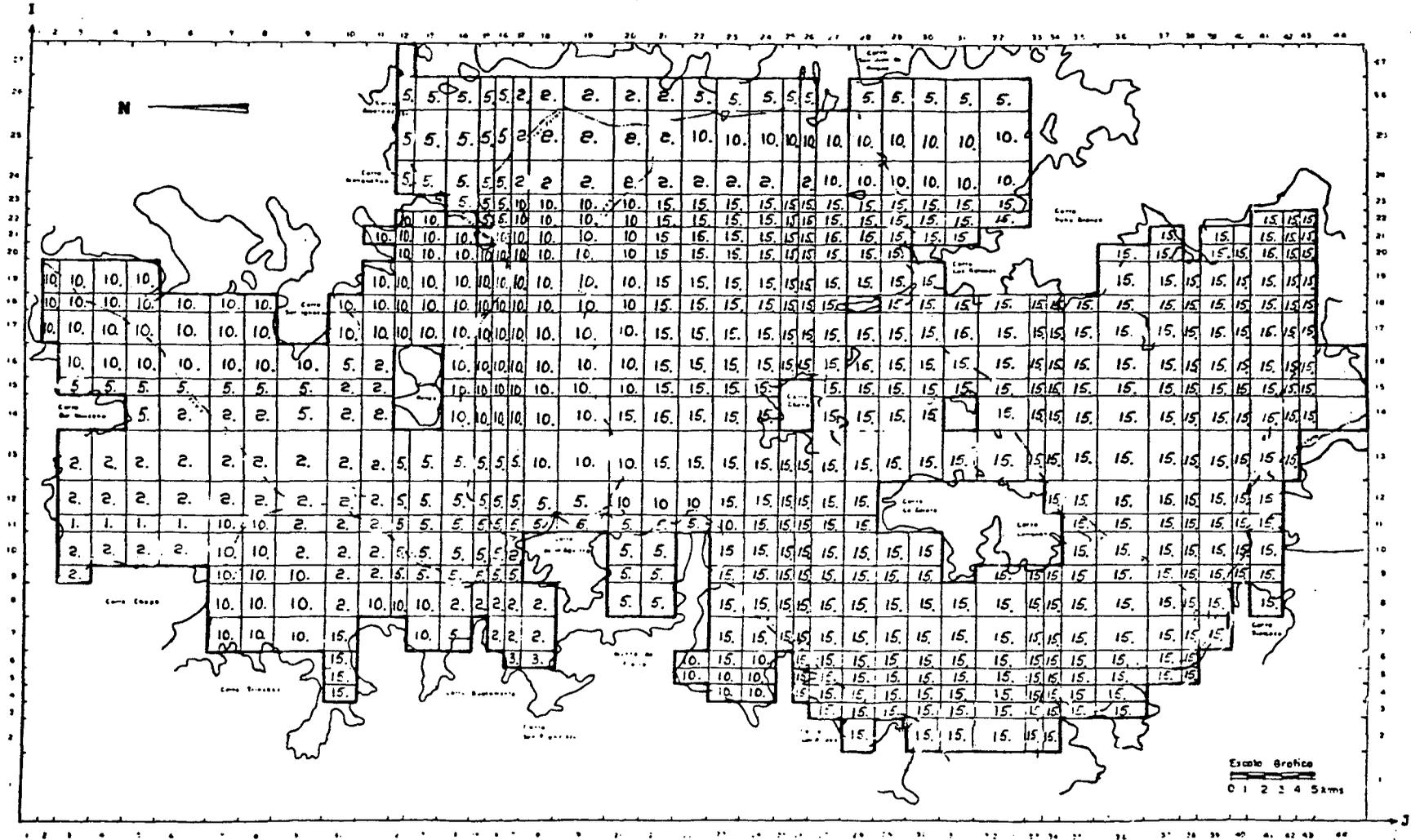
MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - NAPOCHO

VALORES FINALES AJUSTE
 TRANSMISIVIDAD
 (miles m²/día)



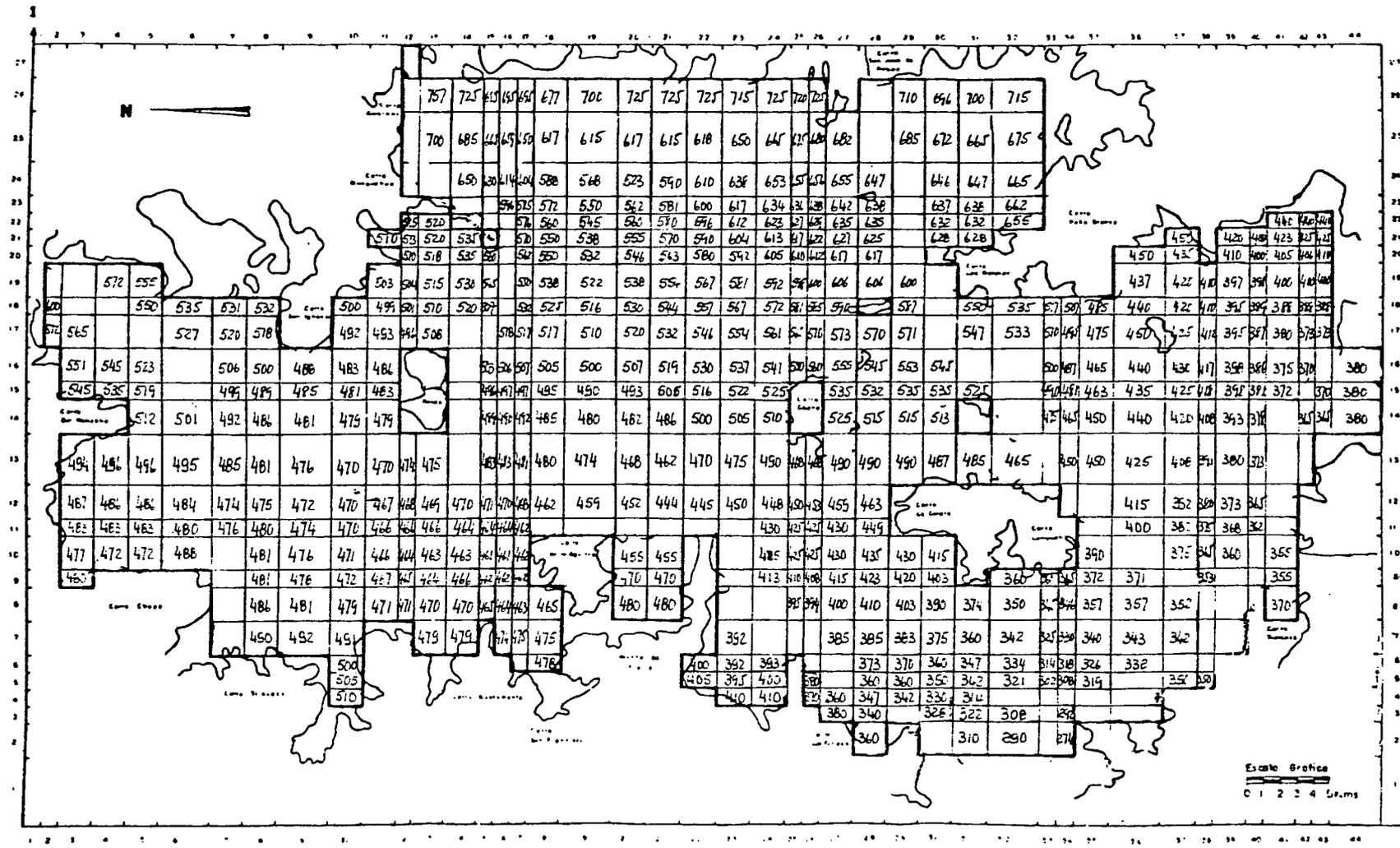
MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

VALORES FINALES AJUSTE
COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO S (%)



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

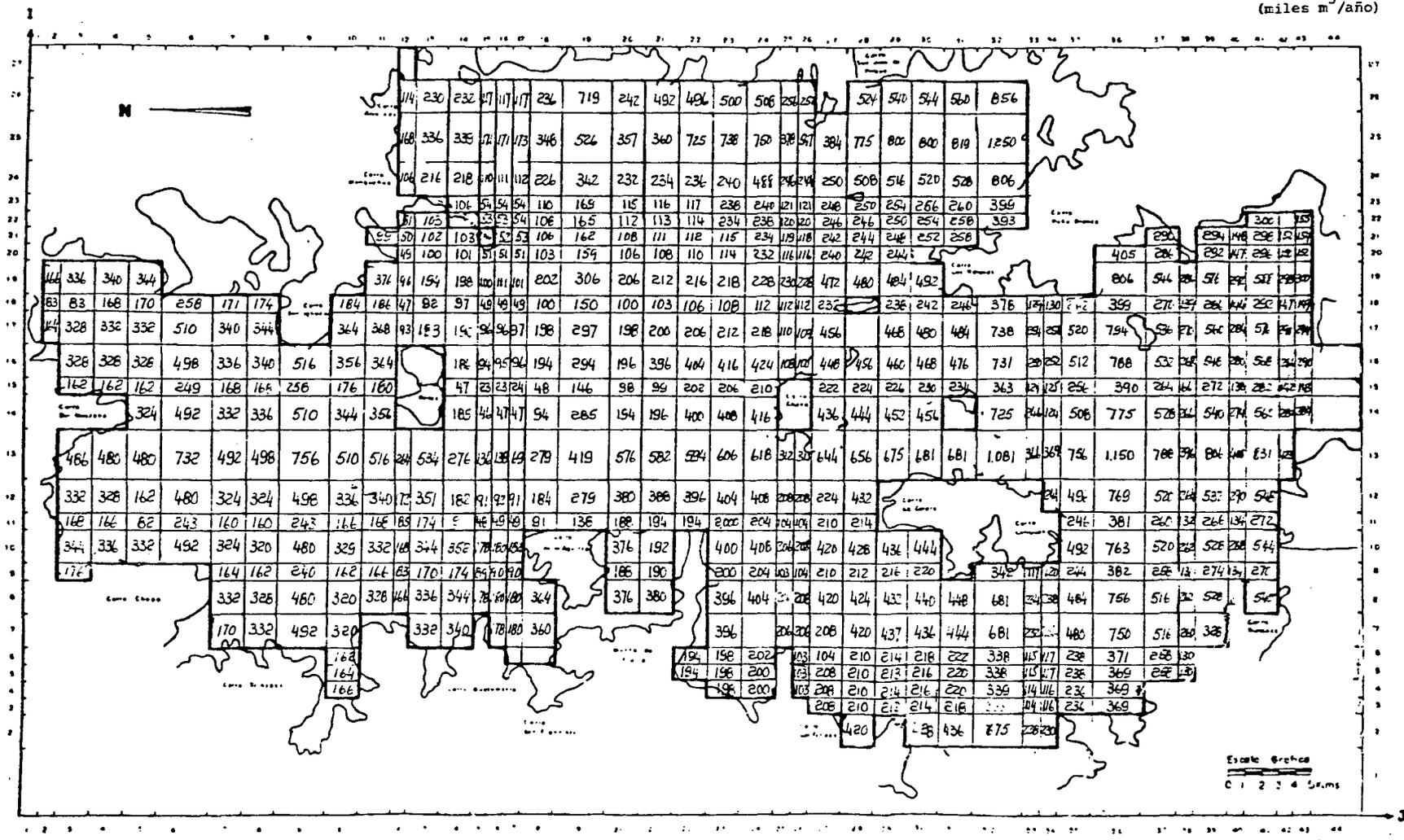
VALORES FINALES AJUSTE
 COTA TERRENO
 (metros)



Escala Grafica
 0 1 2 3 4 5,00ms

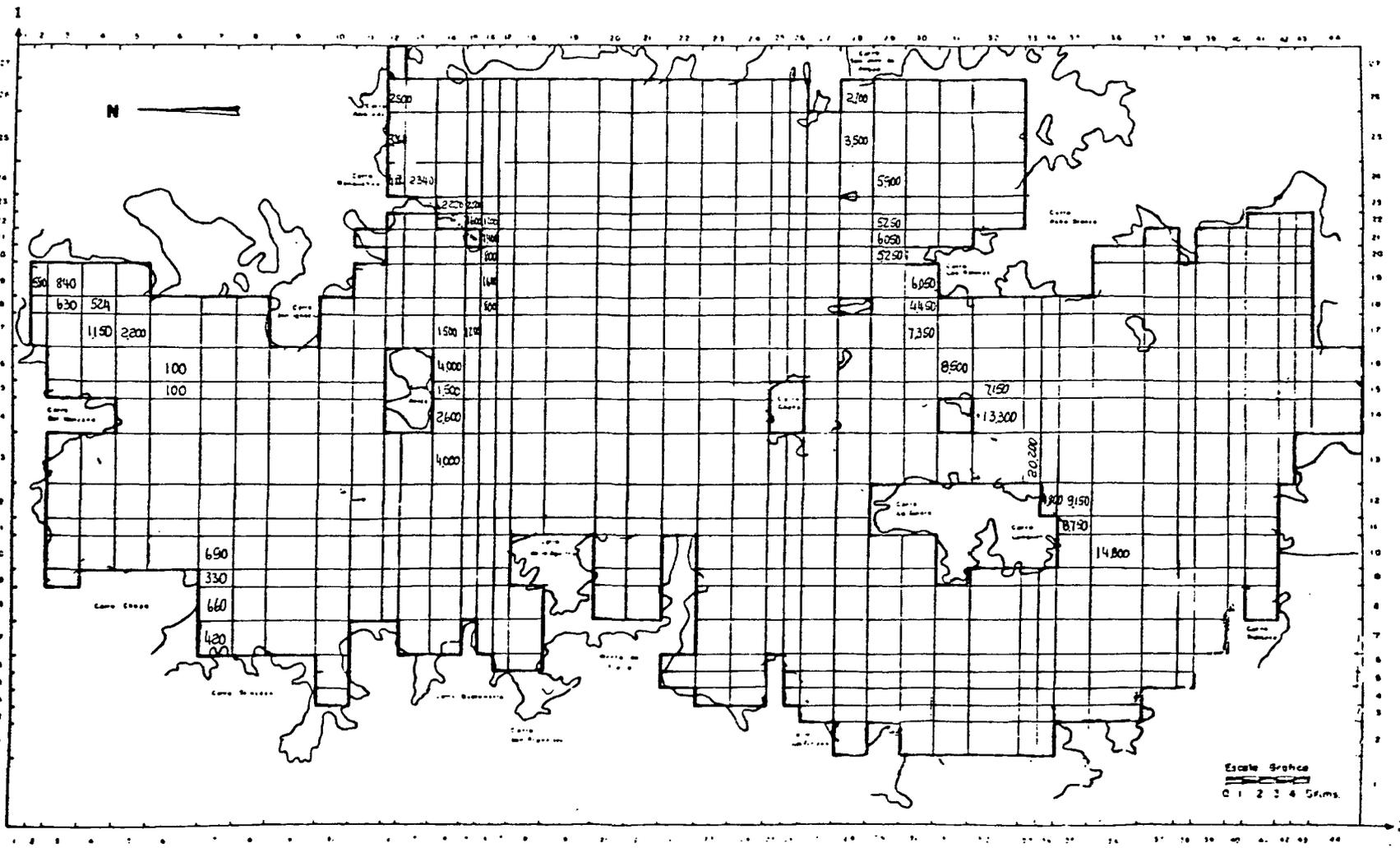
MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

VALORES FINALES AJUSTE
INFILTRACIONES POR LLUVIAS
(miles m³/año)



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

VALORES FINALES AJUSTE
INFILTRACIONES DE RIOS Y ESTEROS
(miles m³/año)



6.3.2. Proposición de pasadas de simulación

Para la simulación se ha considerado interesante conocer la respuesta del acuífero frente a 3 nuevas situaciones.

La primera corresponde a la puesta en riego de todas las tierras ubicadas al norte del río Mapocho. La segunda se refiere a una explotación mucho más intensa de las plantas de Agua Potable de la cuenca. Por último se quiere plantear un saneamiento global de las tierras de Paine y Viluco, que suelen convertirse en pantanos en los años lluviosos.

Ahora bien, conociendo las características del funcionamiento del embalse subterráneo de la cuenca, estas tres simulaciones pueden perfectamente realizarse en forma simultánea, por cuanto los sectores involucrados en ellos actúan en forma relativamente independiente el uno del otro.

En consecuencia, se sugiere hacer una sola pasada de simulación que junte las tres nuevas condiciones.

6.3.3. Sugerencias para la recopilación de antecedentes del acuífero

Tal como se ha dicho al finalizar el proceso de ajuste, para un mejor conocimiento del acuífero, es necesario contar con datos de terreno más completos, actuales, y medidos en un lapso común de tiempo.

Para el caso concreto del embalse subterráneo Maipo - Mapocho, el proceso de modelación del acuífero ha señalado como muy necesaria la siguiente información:

- Localización exhaustiva de norias y vertientes.
- Selección de las vertientes más importantes, y campaña de aforos mensuales de las mismas.
- Una Campaña ~~de~~ Geofísica de resistividad eléctrica a la escala 1:50.000, para definir la ubicación de la roca basal, límite inferior del acuífero, e identificar paquetes de mayor o menor permeabilidad dentro del acuífero.
- Una campaña de nivelación topográfica, con precisión de 1 cm., que incluya:
 - + Sondeos
 - + Pozos
 - + Norias
 - + Vertientes
 - + Fondos de ríos y esteros.
- Una campaña de medición sistemática de niveles estáticos en un número seleccionado de pozos y norias.

- Registro exhaustivo de volúmenes extraídos por pozos y sondeos.
- Perforación de algunos sondeos de reconocimiento en aquellos lugares donde se cuenta con muy poca información del acuífero.
- Construcción de algunas norias para la medición de niveles estáticos en los sectores donde éstos son poco profundos.
- Campaña de análisis del riego, que incluya:
 - + Medidas de caudales derivados por canales.
 - + Medidas de caudales aplicados a los predios, y caudales salientes como sobrantes.
 - + Experiencia de infiltraciones en canales y esteros, mediante aforos diferenciales, en sitios convenientemente elegidos.

7.- PROCESO DE SIMULACION

7.1. Introducción.-

De acuerdo a lo propuesto en el capítulo anterior, se ha programado una pasada de simulación.

Esta incluye simultáneamente, una explotación más intensiva del acuífero en el sector ubicado al norte del río Mapocho para incorporar al riego zonas sin cultivar, mayores bombeos para el abastecimiento de Agua Potable, y el drenaje de vegas y pantanos de las tierras de Paine y Viluco, en el extremo sur de la cuenca.

A continuación se describe la metodología seguida para obtener los nuevos datos de entrada.

Se acompaña al final los planos con los valores por malla de los nuevos datos de entrada.

7.2.- Metodología de Cálculo.-

7.2.1. Riego para el sector Norte.-

- a) En primer lugar se ha identificado todas las mallas que no se riegan, o bien aquellas donde sólo se hace parcialmente. Para cada una de ellas se ha medido la superficie total regable, como también la parte que es regada por canales.
- b) Luego se ha obtenido los volúmenes bombeados por malla, de acuerdo a lo indicado por la encuesta realizada para el presente estudio. Con este dato, y suponiendo que el riego con aguas subterráneas se efectúa con una dotación de 10.000 (m³/Há/año), se ha calculado el área que los pozos riegan en cada malla.
- c) A continuación, y con los datos de los dos puntos anteriores, se ha determinado la superficie sin riego. Posteriormente, y suponiendo también una dotación de 10.000 (m³/Há/año), se ha podido finalmente calcular los volúmenes adicionales de bombeo por malla.
- d) Las infiltraciones de riego para este sector se han calculado suponiendo que un 20% del volumen bombeado vuelve al acuífero por infiltración.

El detalle del cálculo de los volúmenes de bombeo adicionales se incluye a continuación en el cuadro 7.1.

CUADRO 7.1 : DETALLE DEL CALCULO DE LOS VOLUMENES DE BOMBEO ADICIONALES

MALLA I J	SUP. TOTAL REGABLE (Há)	SUP. REGADA POR CANAL (Há) //	VOL. BOMBEO DISPONIBLE (miles m ³ /año)	SUP. SIN RIEGO (Há)	VOL. BOMBEO ADICIONAL (miles m ³ /año)
17-10	220	110	-	110	-1.100
16-10	400	250	-	150	-1.500
16-9	550	250	-	300	-3.000
15-10	200	100	-	100	-1.000
15-9	300	25	-	275	-2.750
15-8	200	150	-	50	- 500
14-11	400	370	505	-	+ 205
14-10	400	200	-	200	-2.000
14-9	600	30	-	570	-5.700
14-8	400	200	-	200	-2.000
13-12	300	150	189	-	-1.300
13-11	600	400	315	168	-1.680
13-10	600	200	189	380	-3.800
13-9	900	200	-	700	-7.000
13-8	600	550	-	50	- 500
13-7	600	500	391	-	- 600
13-6	900	750	442	-	-1.058
13-5	600	350	2.018	-	- 480
13-4	600	450	981	-	- 500
13-3	450	300	-	150	-1.500
12-15	200	120	-	80	- 800
12-14	320	100	-	220	-2.200
12-13	220	150	372	-	- 330
12-12	120	60	-	60	- 600
12-11	400	110	1.640	-	-1.260
12-10	320	80	757	-	-1.640
12-9	600	200	2.094	-	-1.900
12-8	400	250	-	150	-1.500
12-7	400	200	-	200	-2.000
12-6	600	150	-	450	-4.500

NOTA : Los valores positivos del bombeo adicional indican que el volumen actualmente bombeado excede la demanda de riego requerida.

CUADRO 7.1 (CONT.)

MALLA		SUP. TOTAL REGABLE	SUP. REGADA POR CANAL	VOL. BOMBEO DISPONIBLE	SUP. SIN RIEGO	VOL. BOMBEO ADICIONAL
I	J	(Há)	(Há)	(miles m ³ /año)	(Há)	(miles m ³ /año)
12-5		230	30	-	200	-2.000
12-4		380	280	442	-	- 500
12-3		400	50	934	-	-2.570
11-16		60	40	-	20	- 200
11-15		100	10	-	90	- 900
11-14		200	-	-	200	-2.000
11-13		200	180	-	20	- 200
11-12		100	80	-	20	- 200
11-11		200	10	694	-	-1.200
11-10		200	110	-	90	- 900
11-9		300	225	-	75	- 750
11-8		200	-	-	200	-2.000
11-7		200	-	-	200	-2.000
11-6		300	-	-	300	-3.000
11-5		400	100	252	-	- 750
11-4		175	75	-	100	-1.000
11-3		175	10	-	165	-1.650
10-16		200	10	-	190	-1.900
10-15		200	-	-	200	-2.000
10-14		400	-	-	400	-4.000
10-13		400	100	631	-	-2.370
10-12		200	25	-	175	-1.750
10-11		400	-	820	-	-3.180
10-10		400	-	1.577	-	-2.420 ³
10-9		600	-	4.389	-	-1.600
10-8		400	-	971	-	-3.030
10-7		400	-	1.097	-	-2.900
10-6		600	-	2.838	-	-3.160
10-5		400	-	1.253	-	-2.750
10-4		300	-	-	300	-3.000

NOTA: Los valores positivos del bombeo adicional indican que el volumen actualmente bombeado excede la demanda de riego requerido.

CUADRO 7.1 (CONT.)

MALLA	SUP. TOTAL REGABLE	SUP. REGADA POR CANAL	VOL. BOMBEO DISPONIBLE	SUP. SIN RIEGO	VOL. BOMBEO ADICIONAL
I J	(Há)	(Há)	(miles m ³ /año)	(Há)	(miles m ³ /año)
10-3	350	-	505	-	-2.995
9-15	100	-	-	100	-1.000
9-14	200	80	1.260	-	+ 60
9-13	200	150	757	-	+ 260
9-12	100	15	-	85	- 850
9-11	200	-	1.261	-	- 740
9-10	200	-	-	200	-2.000
9-9	300	-	870	-	-2.130
9-8	200	-	3.784	-	+1.784
9-7	200	-	1.154	-	- 846
9-3	100	-	2.229	-	+1.229
8-12	190	100	946	-	+ 46
8-11	400	-	3.280	-	- 700
8-10	400	-	2.018	-	-1.980
8-9	600	-	2.914	-	-3.100
8-8	400	-	3.343	-	- 650
8-7	400	-	5.160	-	+1.160
7-10	350	-	1.943	-	-2.550
7-9	600	-	2.775	-	-3.220
7-8	375	-	-	375	-3.750
7-7	200	-	5.563	-	+3.563
6-10	175	-	-	175	-1.750
5-10	200	-	-	200	-2.000
4-10	150	-	-	150	-1.500

NOTA : Los valores positivos del bombeo adicional indican que el volumen actualmente bombeado excede la demanda de riego requerida.

7.2.2. Nuevas extracciones para Agua Potable.-

Pensando en una condición más o menos real respecto a las futuras demandas de Agua Potable, se ha decidido simular un bombeo tres veces superior al actual.

¿M? qm?

La localización de los nuevos pozos requeridos para este efecto, será la misma de los actuales. Con ello se simula una situación más desfavorable para el acuífero, aunque ajustada a la realidad, ya que hasta ahora los pozos de abastecimiento de Agua Potable se han concentrado sólo en los recintos contemplados para este fin.

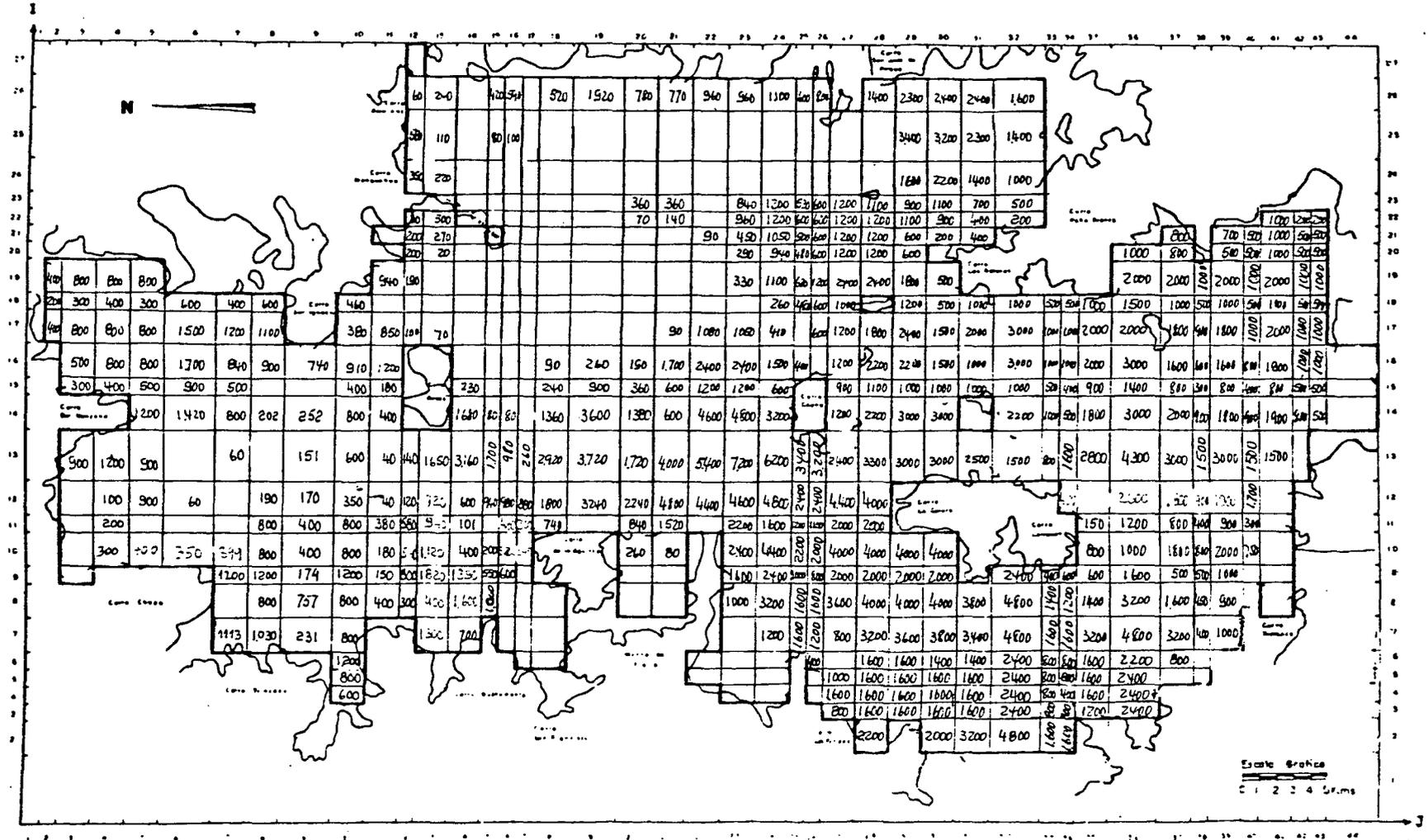
7.2.3. Drenaje de Paine y Viluco.-

Por ser frecuentes las ^{l,} reveniciones, ^{''} o inundaciones por efecto de las aguas subterráneas, en los años lluviosos, se ha considerado de interés estudiar el saneo de esta zona. 7

Para ello se ha bajado la cota de las vertientes en 3 metros, a lo largo de tres líneas de drenaje. Una de ellas coincide con el Estero La Berlina, que ya sirve de dren del sector Paine. Las otras dos serían grandes ^l canales que descargarán al Estero Paine. La ubicación precisa por malla de estos drenes se encuentra en el plano que va a continuación. N° 7.

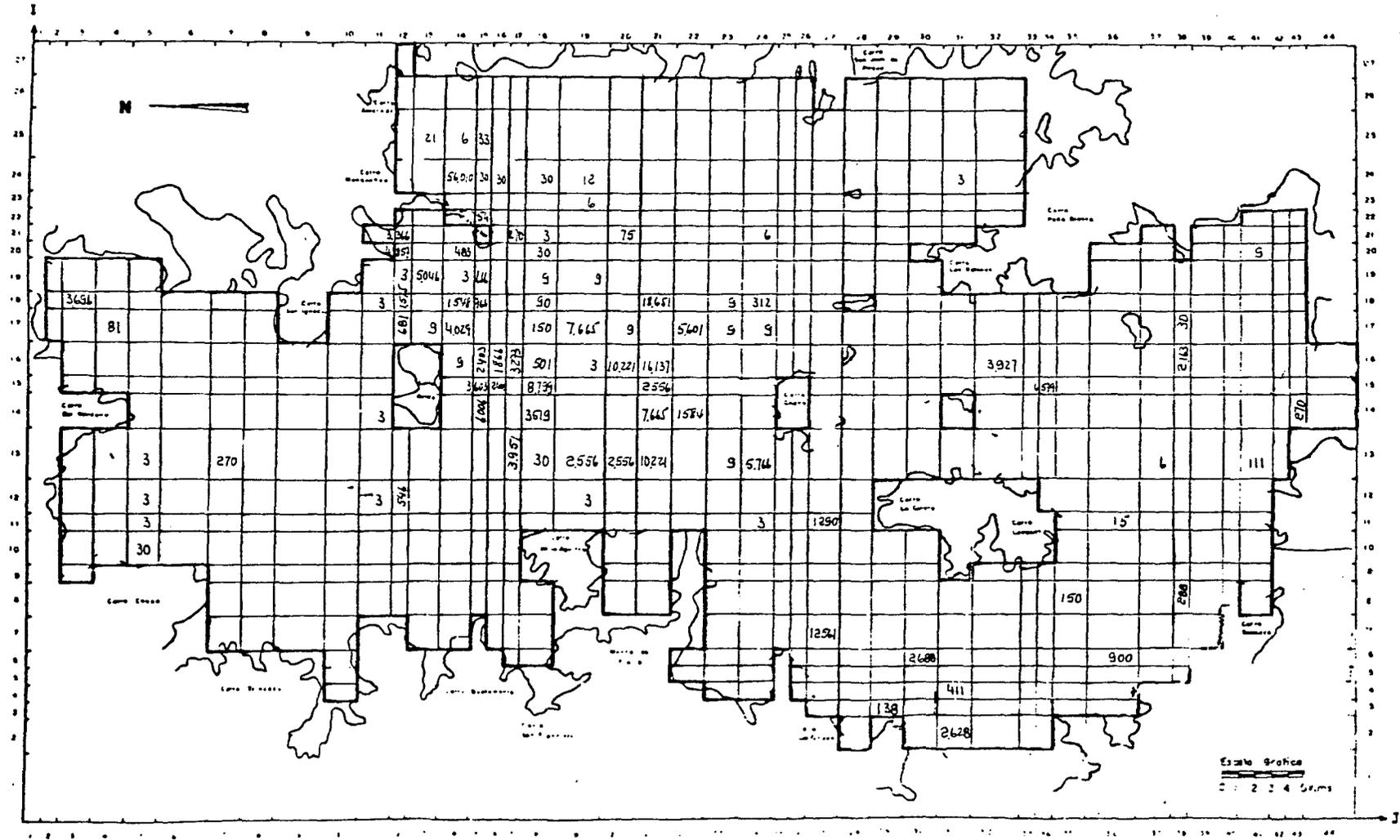
MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

PASADA DE SIMULACION
 INFILTRACIONES DE RIEGO
 (miles m³/año)



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

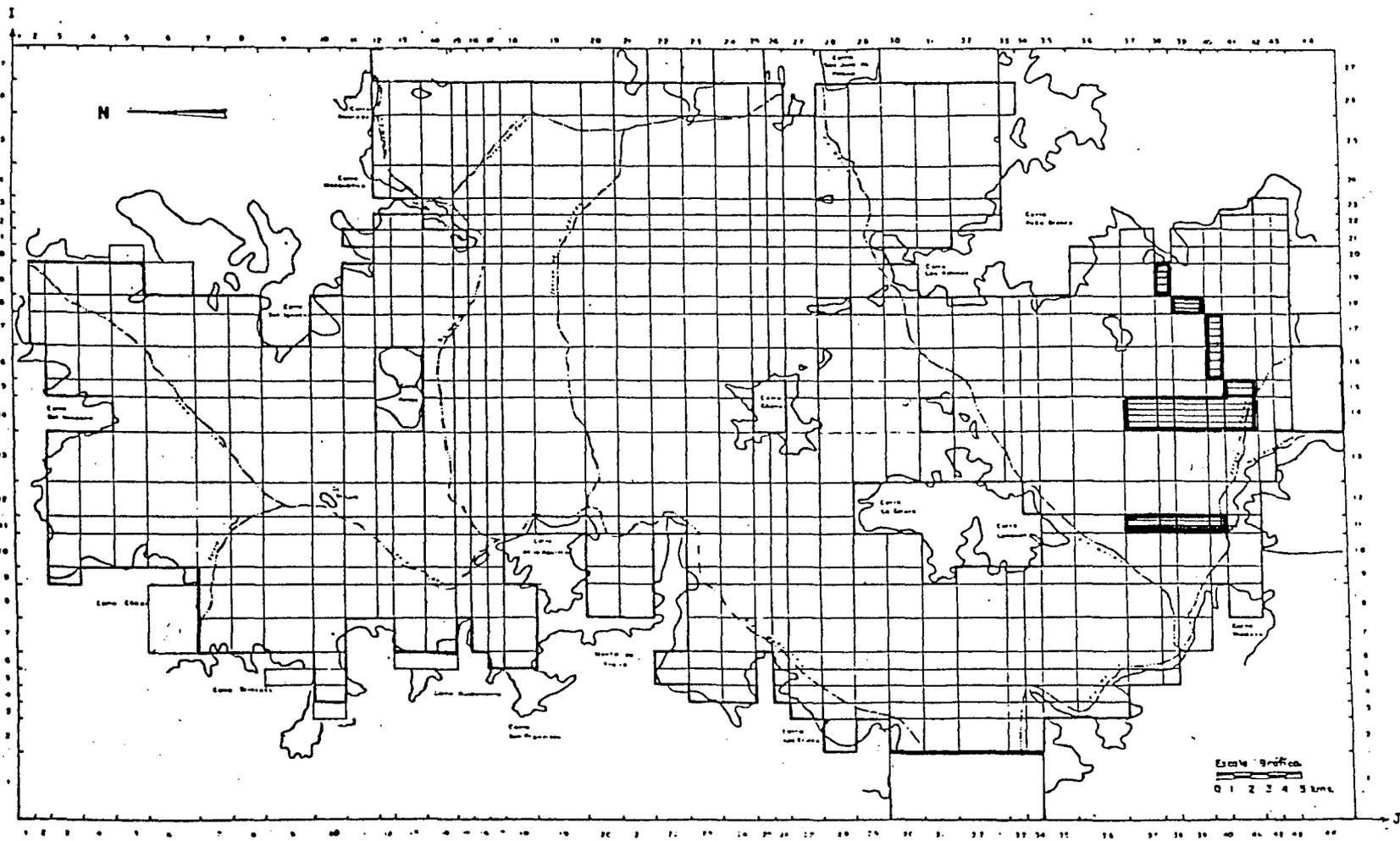
PASADA DE SIMULACION
 BOMBEO PARA AGUA POTABLE
 (miles m³/año)



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

DRENES PASADA DE SIMULACION

16-01-84



MALLAS CON SIMULACION DE DRENES

7.3. Relación de Pasadas.-

La pasada de simulación se efectuó el 16/1/84 con los siguientes resultados para el Balance Másico.

	<u>VOL (Mm³/año)</u>
<u>ENTRADAS AL ACUIFERO</u>	
- INFILTRACIONES DE RIEGO.	707
- INFILTRACIONES POR LLUVIAS.	196
- INF. DESDE LA RED DE AGUA POTABLE.	136
- INF. DESDE RIOS Y ESTEROS.	<u>177</u>
TOTAL	1.216
 <u>SALIDAS DESDE EL ACUIFERO</u>	
- BOMBEOS.	504
- MALLAS EXTERIORES.	43
- VERTIENTES.	469
- RIO	<u>195</u>
TOTAL	1.211

VARIACIONES DE ALMACENAMIENTO



154.-

De aquí sale que los 300 (Mm³/año) adicionales de bombeo que se ha solicitado al acuífero, son suplidos en un 82% por el almacenamiento, un 7% por las infiltraciones de riego, y el restante 11% por la merma de afloramientos a las vertientes.

El análisis del plano, que se adjunta, del descenso de niveles respecto de la Pasada N° 7, sin las nuevas explotaciones, indica lo siguiente:

- Los nuevos bombes de riego en el sector Norte del acuífero, producen que los niveles bajen entre 3 y 16 metros. La zona más crítica es la de Batuco, con descensos entre 10 y 16 metros. Esto no debería extrañar ya que este sitio es un rincón alejado de las recargas desde los esteros Lampa y Colina, y fuera del flujo subterráneo principal.

En el resto del sector los descensos no superan los 9 metros, siendo el valor promedio unos 6 metros.

Como conclusión se saca que en el sector podría explotarse más intensamente el recurso subterráneo. Debería tenerse cuidado eso sí, con la zona de Batuco. Los beneficios de un mayor bombeo son indudables. Podría en primer lugar ponerse en riego una extensa zona agrícola, actualmente improductiva, y que por añadidura se localiza muy próxima al gran centro de consumo que es la ciudad de Santiago. Adicionalmente, el descenso de niveles producidos por estas extracciones, significaría el saneo de vastas extensiones, que hoy se encuentran empantanadas debido a lo superficiales que se hayan los niveles freáticos.

- El bombeo adicional para el abastecimiento de Agua Potable significa un descenso que en promedio no pasa de los 3 metros, y que como máximo alcanza los 4 metros. El área cubierta por este efecto abarca la región al sur del río Mapocho hasta los cerros de Chena, en el sentido norte-sur, y al poniente de la Avda. Vicuña Mackenna hasta los Cerros de Lo Aguirre, en el sentido oriente-poniente.

Como conclusión, no habría ningún problema en explotar más intensamente el acuífero en todo este sector.

En cuanto a la concentración del bombeo que significa el sistema empleado por las empresas de Agua Potable, al parecer no produciría depresiones localizadas; por lo menos no a la escala empleada en este modelo.

- Los drenes simulados en el extremo sur de la cuenca no significan en absoluto alteraciones en los niveles del sector. Como consecuencia, no debería esperarse que una solución como ésta, de carácter supuestamente global, sea realmente efectiva.

Ahora, al comparar el plano del Balance Másico, que se incluye al final de este análisis, con el de la 7^a Pasada de ajuste, correspondiente a la situación sin explotación, se puede señalar lo siguiente:

- Los bombeos adicionales del sector Norte significan que las vertientes bajan al 70% de su valor original. Con seguridad, si la simulación durase dos años, estos afloramientos habrían disminuído aún mucho más.

- En cambio los mayores bombeos para Agua Potable no se reflejan en absoluto en el Balance Másico. Esto indica que su efecto queda confinado al área donde se efectúa la explotación, sin afectar el resto del acuífero.

- En cuanto a los drenes del sector sur, su efecto se manifiesta en mayores salidas por vertientes y menores por el río. Esto es precisamente lo esperado, ya que significa que los afloramientos se están recogiendo antes de salir al río, y por lo tanto dejan una franja paralela al río con los niveles más profundos.

En resumen, la pasada de simulación señala:

- a) Que el acuífero es perfectamente capaz de abastecer demandas futuras de Agua Potable, sin verse mayormente afectado. Más aún, la explotación más intensiva de los actuales recintos de bombeo tiene un radio de acción bien delimitado, y en ningún caso altera el acuífero más allá de un área restringida.

- b) Que las áreas no cultivadas del sector norte de la cuenca, bien podrían ser regadas con aguas subterráneas. El efecto de una medida de esta naturaleza quedaría confinado a la zona ubicada al norte del río Mapocho produciendo allí descensos plenamente aceptables. Estos descensos, sin embargo, lejos de ser perjudiciales, más bien son favorables, por permitir el saneo de muchas tierras no cultivables debido a lo superficial de los niveles de la napa. 1

- c) Que el drenaje de las localidades de Paine y Viluco requiere de obras mucho mayores que las planteadas en esta simulación.

RESUMEN BALANCE MASICO PASADA DE SIMULACION

VALORES EN MILLONES M3

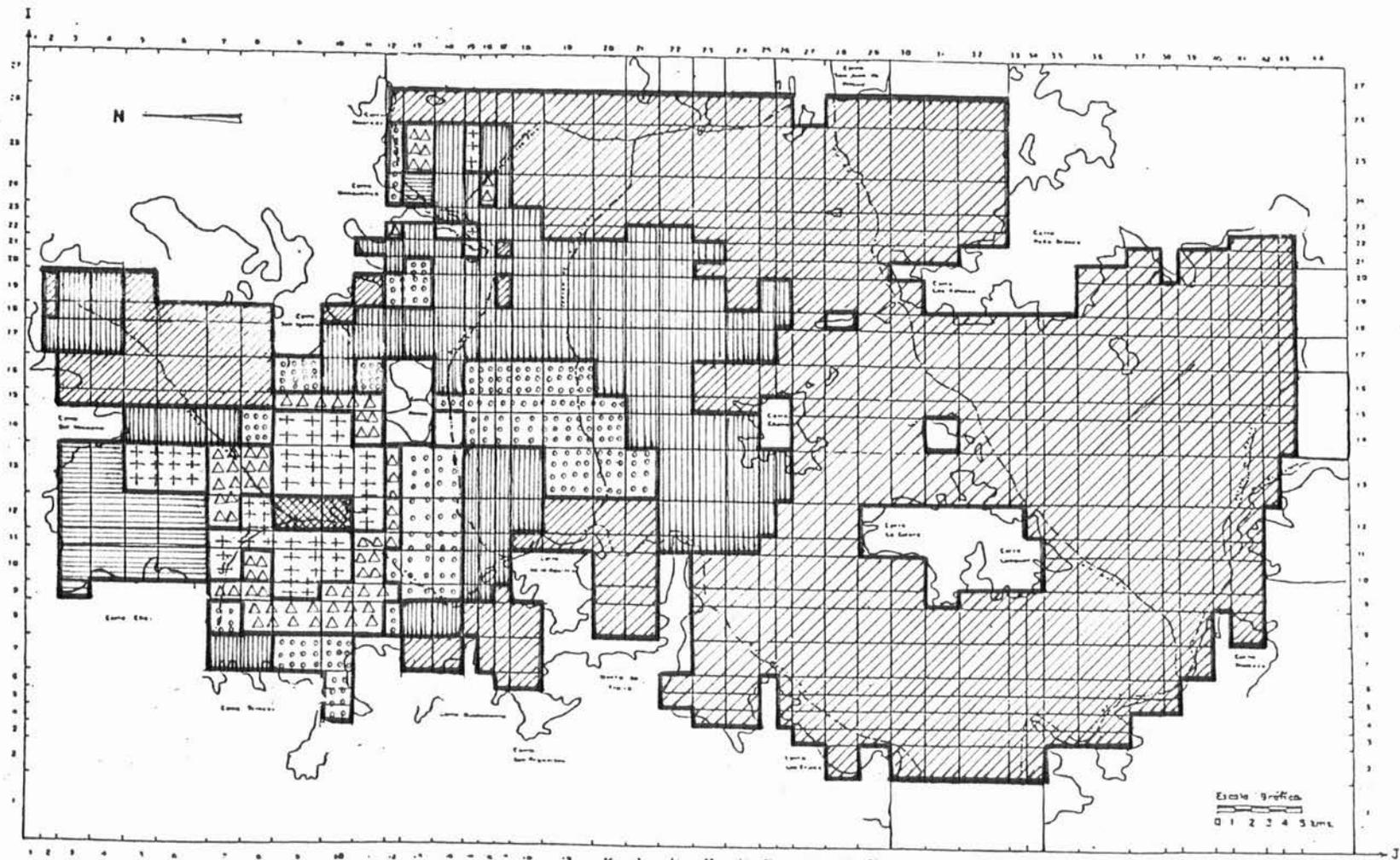
MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	TOTAL ANUAL
MALLAS EXTERIORES	-3.56	-3.56	-3.53	-3.58	-3.61	-3.59	-3.60	-3.58	-3.60	-3.60	-3.62	-3.66	-43.08
RIO	-3.41	-10.41	-12.66	-15.40	-16.42	-16.07	-17.16	-18.41	-20.16	-21.34	-22.12	-21.79	-195.34
VERTIENTES	-27.90	-35.68	-35.54	-40.64	-43.23	-41.44	-38.28	-37.62	-40.43	-42.51	-43.49	-42.71	-469.44
ALMACENAMIENTO	-8.15	-36.61	-36.20	15.06	-6.08	-40.54	-19.56	-20.08	47.58	21.28	48.61	35.34	0.64
BOMBEO DE RIEGO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-23.45	-46.91	-70.36	-70.36	-23.45	0.0	-234.53
BOMBEO DE AGUA POTABLE	-22.21	-19.75	-17.28	-16.04	-14.61	-17.28	-18.51	-19.75	-22.21	-25.92	-28.38	-24.68	-246.82
BOMBEO DE INDUSTRIAS	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	-22.56
INF. RIEGO SECTOR NORTE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.48	6.95	13.43	13.43	4.48	0.0	44.77
INF. RIEGO SECTOR ORIENTE	32.82	24.61	24.61	16.41	8.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.41	41.02	164.08
INF. RIEGO SECTOR PONIENTE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.54	48.81	65.08	65.08	65.08	48.81	325.42
INF. RIEGO SECTOR SUR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.87	19.30	25.73	25.73	25.73	19.30	126.65
INF. RIEGO AGUAS SUBT.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.41	8.83	13.24	13.24	4.41	0.0	44.15
INF. LLUVIAS ZONA NORTE	0.0	0.0	0.0	16.18	12.13	8.09	4.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.45
INF. LLUVIAS ZONA ORIENTE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.49	19.24	6.41	0.0	64.15
INF. LLUVIAS ZONA SUR	0.0	0.0	0.0	35.89	26.92	17.95	8.97	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.73
INF. LLUVIAS ZONA CENTRO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.26	0.63	0.21	0.0	0.0	0.0	2.10
INF. DESDE LA RED DE A.P.	12.21	10.85	9.50	8.82	8.14	9.50	10.17	10.85	12.21	14.24	15.60	13.57	135.66
INFILTRACIONES ESTERCO LAMPA	0.0	0.0	0.0	0.52	0.52	0.52	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.10
INFILTRACIONES ESTERCO COLIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.31	0.31	0.61	1.84	1.84	1.22	0.0	0.0	6.12
INF. RIO MAPOCHO BAJO	0.0	0.0	1.11	4.44	4.44	3.33	3.33	2.22	2.22	1.11	0.0	0.0	22.20
INF. RIO MAPOCHO ALTO	0.0	0.0	0.0	4.02	6.70	0.0	0.0	0.0	0.67	0.67	0.67	1.34	13.41
INFILTRACIONES RIO MAIPO	6.66	0.0	0.0	6.66	6.66	0.0	0.0	6.66	33.29	33.29	33.29	6.66	133.15
BALANCE TOTAL	0.89	0.81	0.55	0.37	0.18	-0.62	-0.69	0.04	0.21	0.46	0.55	0.65	4.54

VALORES POSITIVOS INDICAN ENTRADAS AL ACUIFERO

MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

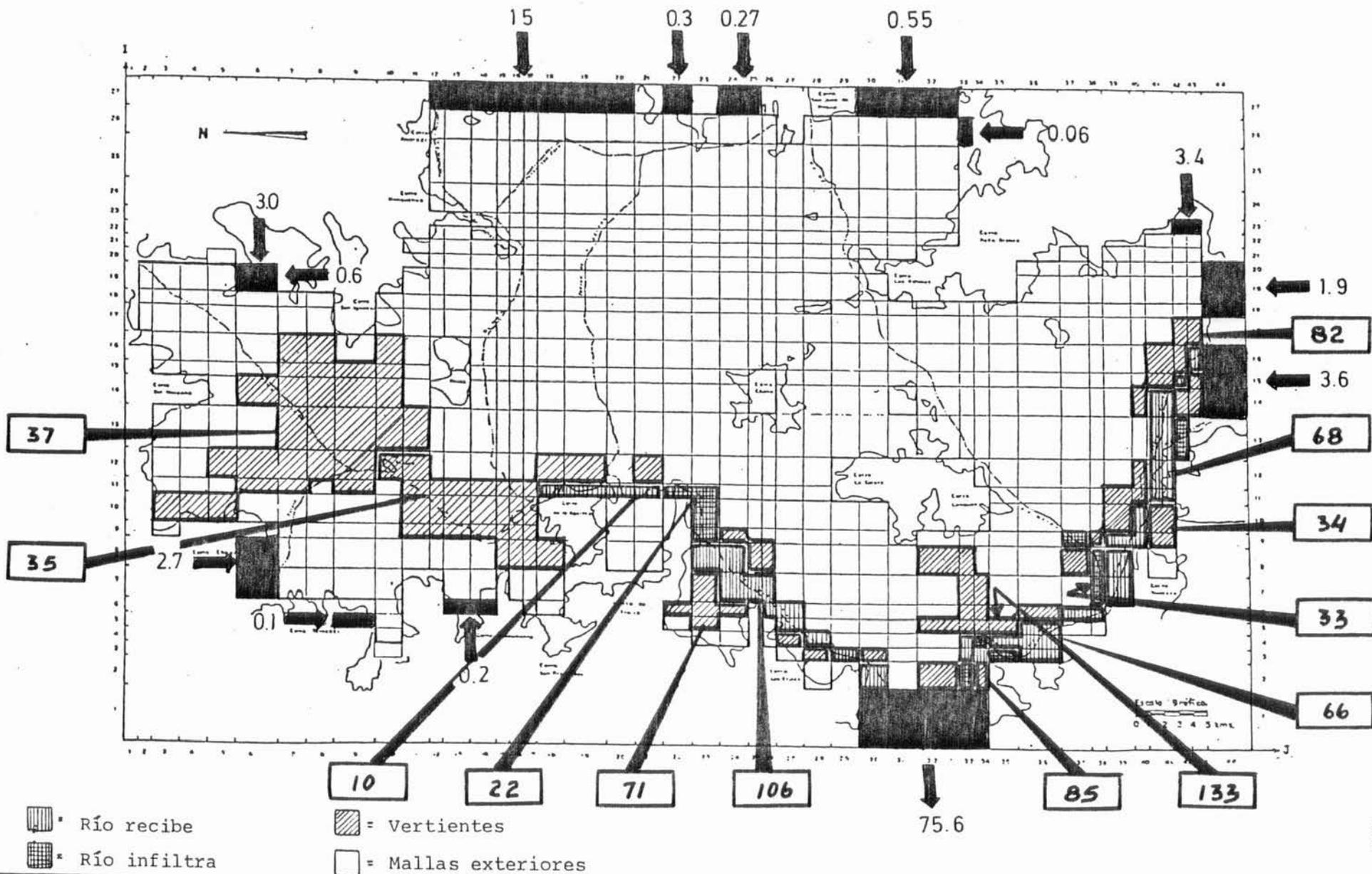
DESCENSOS DE NIVELES

PASADA DE SIMULACION



MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

BALANCE MASICO ($\text{Mm}^3/\text{año}$) - PASADA DE SIMULACION



8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-

8.1 Conclusiones.-

El modelo matemático construido para reproducir las características hidrogeológicas del acuífero de Maipo-Mapocho, es una herramienta adecuada y útil para estudiar el comportamiento actual y futuro del embalse subterráneo, frente a diversas condiciones de explotación.

Como resultado del proceso de ajuste se ha identificado para el acuífero, tres grandes zonas de comportamiento hidrogeológico relativamente homogéneo. Estas se han denominado Norte, Oriente y Sur, localizándose la primera al norte del río Mapocho, la segunda abarcando toda la ciudad de Santiago hasta San Bernardo, incluidos los faldeos precordilleranos, y la última tomando la superficie que está al sur de los Cerros de Chena, y al poniente de la ciudad.

La zona Norte se caracteriza por sus niveles subterráneos poco profundos y el confinamiento a que está sometida la napa en gran parte de su extensión. Las recargas ocurren fundamentalmente por las infiltraciones desde los esteros Lampa y Colina, y las producidas por las lluvias, que ingresan al acuífero esencialmente por el piedemonte. Las descargas se manifiestan tanto por bombeos, destinados principalmente al riego, como salidas por vertientes y evapotranspiración directa.

La zona Oriente presenta niveles estáticos más bien profundos, recargando el acuífero las lluvias, las infiltraciones de riego, las provenientes de los ríos Maipo y Mapocho, y las pérdidas desde la red de Agua Potable. Las descargas principales son el bombeo para Agua Potable e Industrias y las salidas subterráneas al resto de la cuenca.

La zona Sur, como la Norte, tiene niveles estáticos superficiales en su mayor parte. Su principal característica hidrogeológica es, sin embargo, constituir la región de descarga del embalse subterráneo, las que se verifican a través de numerosas vertientes. Como ingresos al acuífero, se cuentan las infiltraciones por lluvias y regadío, éstas últimas muy importantes, además de los aportes subterráneos provenientes del resto de la cuenca. Fuera de las vertientes, se cuentan como salidas desde el acuífero, los bombeos para regadío, y los egresos subterráneos hacia el poniente.

El proceso de simulación ha estudiado simultáneamente, una explotación más intensiva del acuífero en la zona Norte con fines de riego, el abastecimiento de futuras demandas de Agua Potable con recursos provenientes del embalse subterráneo, y el drenaje de tierras agrícolas en las localidades de Paine y Vilúco, en el extremo sur de la cuenca.

Como resultado se ha obtenido que la napa subterránea admite sin dificultades las nuevas explotaciones, provocando el riego de la zona Norte un descenso medio de niveles de 7 metros, mientras que el abastecimiento adicional de Agua Potable significaría sólo 3 metros promedio de desnivel.

En cuanto al saneo del sector sur, los drenes propuestos con este fin son claramente insuficientes. Esto indicaría la necesidad de una red de drenaje mucho más amplia, extensa y profunda que la actualmente disponible.

8.2 Recomendaciones.-

Tal como se ha comentado en el capítulo 6 de este informe, el proceso de modelación es por naturaleza dinámico y requiere, para mejorar la representación matemática del acuífero, de datos de terreno más completos y abundantes.

Es por ello que, a la luz del mayor conocimiento del acuífero que otorga el modelo desarrollado, se sugiere una serie de campañas de terreno para la recopilación de nuevos antecedentes, que permitan en el futuro un conocimiento más acabado del embalse subterráneo.

La información adicional que, a juicio nuestro debería recopilarse, implica lo siguiente:

- Ubicación de la roca basal e identificación de paquetes de mayor y menor permeabilidad dentro del acuífero. Para esto lo más adecuado es una campaña de Geofísica de resistividad eléctrica.
- Localización exhaustiva de norias y vertientes, para luego aforar y medir niveles estáticos en un número seleccionado de ellas.
- Cota de terreno precisa y concordante de sondeos, pozos, norias, vertientes y fondos de ríos y esteros. Para ello sería necesario el desarrollo de una campaña de nivelación.

- Medición sistemática de niveles estáticos en un número selecto de pozos y norias.
- Perforación de algunos sondeos y norias de reconocimiento, para los sectores con escasa información hidrogeológica.
- Una campaña de análisis del riego, que incluya: mediciones de los caudales derivados por canales y los aplicados a los predios, además de experiencias de infiltraciones en predios tipo.
- Una encuesta exhaustiva de los volúmenes extraídos por pozos, tanto en aquellos destinados a regadío, como los que se emplean en el abastecimiento de Agua Potable e Industrias.

Por último, cabe señalar como de gran importancia, el que las campañas de aforos de vertientes, de medida de niveles estáticos, análisis de riego y encuesta de los volúmenes bombeados, se hagan en forma simultánea y continuada, y por un período no inferior a 1 año.

165.-

ANEXO 1

LOCALIZACION Y AFOROS DE VERTIENTES

ANEXO 2 : LOCALIZACION Y AFOROS DE VERTIENTESA.1 Vertientes en Malloco, Peñaflore e Isla de Maipo

Como resultado de la salida a terreno de los días 27 y 28 de Julio para aforar las vertientes en las zonas de Peñaflore, Malloco e Isla de Maipo, puede indicarse:

- A.1.1. En la zona de Rinconada de Maipú y hasta la altura de El Bosque, bajando por el río Mapocho, no se observan afloramientos.
- A.1.2 En el tramo ubicado entre Padre Hurtado y Malloco, y entre la carretera a San Antonio y el río Mapocho, se localizan numerosas vertientes. La mayor parte de ellas van a parar al estero Aguas Frías (o Aguas Claras), que descarga a su vez en el río Mapocho a la altura del puente Pelvín. Este fue aforado 1,5 km aguas arriba de su desembocadura, obteniéndose un caudal de 7 (m³/s). Cabe señalar además que, aunque el estero recoge tanto agua de vertientes como derrames de riego, se pudo observar un agua bastante clara a lo largo de todo su recorrido.

La conductividad de estas aguas es de alrededor de 850 um/cm.

A.1.3 En la zona de Naltahue, junto al pueblo de Isla de Maipo, pudo aforarse los tres grandes esteros que drenan las vertientes del área.

Estos son:

- el Estero El Gato con 4,4 (m³/s).
- el Estero Aguas Claras con 1,0 (m³/s).
- el Estero Gatica con 1,2 (m³/s).

De estos tres, el Aguas Claras tiene aguas muy transparentes y más temperadas que los otros dos.

La conductividad de las aguas de estos esteros es: 900, 700 y 700 (um/cm) respectivamente.

En cuanto al Canal Carampangue que desemboca en el Estero El Gato poco aguas arriba del sitio de aforo, sus aguas provienen fundamentalmente del drenaje de las tierras de la zona.

A.1.4 El estero El Chancho, que va desde la puntilla de Lonquén hasta el río Maipo unos 2,5 km aguas abajo de su junta con el río Angostura, corresponde más bien a un canal de riego, y no lleva aguas de vertientes más que en años con niveles piezométricos muy altos, cuando sirve como dren natural.

A.1.5 En la zona de Valdivia de Paine se aforó 3 esteros con los siguientes resultados:

Estero Valdivia de Paine 1 = 0,5 (m³/s)

Estero Valdivia de Paine 2 = 1,0 (m³/s)

Estero Las Pataguas = 1,2 (m³/s)

La conductividad fue para los tres casos de 800 um/cm y se dió que estos esteros, aún cuando recogen también los derrames de riego, llevaban aguas muy claras.

A.1.6 Revisados los márgenes del río Maipo unos 2 km aguas arriba de Valdivia de Paine, no se encontró allí vertientes ni esteros que llegaran al río. Esto significa que el drenaje superficial del área descargaría fundamentalmente al río Angostura.

A.1.7 Se midió la conductividad de los ríos Maipo y Mapocho encontrándose los siguientes valores:

Mapocho en Puente Pelvín = 700 um/cm

Maipo en Puente Naltahue = 700 um/cm

A.2 Vertientes en Paine y Viluco

Como resultado de las salidas a terreno efectuadas los días 5 y 16 de Agosto para aforar vertientes en la zona de Paine, puede indicarse:

A.2.1 Las zonas de Paine y Viluco son, respecto al agua subterránea, esencialmente regiones de descarga siendo frecuentes de encontrar vegas y drenes profundos.

Los afloramientos de la napa se canalizan fundamentalmente por:

- el Estero La Berlina, entre Huelquén y su desembocadura al Estero Paine, poco aguas arriba de la Carretera Panamericana.
- el Estero Paine desde la desembocadura del anterior hasta su junta con el río Angostura.
- el río Angostura del punto anterior hasta su desembocadura en el río Maipo.

A.2.2 Las aguas del Estero La Berlina para las fechas de las visitas en terreno, provenían exclusivamente de afloramientos subterráneos.

Esto se puede asegurar porque:

- El cauce estaba seco bajo el puente del camino que une Alto Jahuel y Huelquén, punto de entrada del estero al valle.

170.-

- No se había tenido lluvias en las últimas tres semanas por lo menos.
- Aún no se daba el agua de los canales desde el río Maipo.

Es por ello que se prefirió realizar aforos sobre el estero mismo, obteniéndose para la sección ubicada 2 km antes de la desembocadura en el Estero Paine, un caudal de

$$1,6 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

La conductividad de estas aguas fue 750 (um/cm).

- A.2.3 Al Estero Paine aguas arriba de la Carretera Panamericana, llegan una serie de cauces menores que dieron un caudal total aforado de

$$1,3 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

La conductividad de estas aguas fue de 850 a 950 (um/cm).

- A.2.4 Aguas abajo de la Carretera Panamericana, unos 2 km antes de la junta con el río Angostura, llegan al Estero Paine dos grandes colectores de afloramientos.

Uno que corresponde al desagüe de un sistema de drenes, traía

$$1,2 \text{ (m}^3\text{/s)}.$$

El otro, que es un esterito que recolecta las aguas de la Colonia de Paine, traía un caudal de

$$1,5 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

En ambos casos la conductividad de las aguas se encontraba entre 2.000 y 1.100 (um/cm).

171.-

A.2.5 Al río Angostura, 1 km aguas abajo de su junta con el Estero Paine, llega un colector de aguas subterráneas cuyo caudal resultó ser de

$$0,5 \text{ (m}^3\text{/s)}.$$

con aguas de 950 ($\mu\text{m/cm}$) de conductividad.

A.2.6 En conclusión, al sistema compuesto por los Esteros La Berlina, Paine y río Angostura, descargaba la napa a la fecha de las salidas a terreno un total de :

$$6,1 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Esto sumado a lo obtenido en los aforos de 27 y 28 de Julio da un total de descargas al sistema de los ríos Mapocho, Maipo y Angostura de

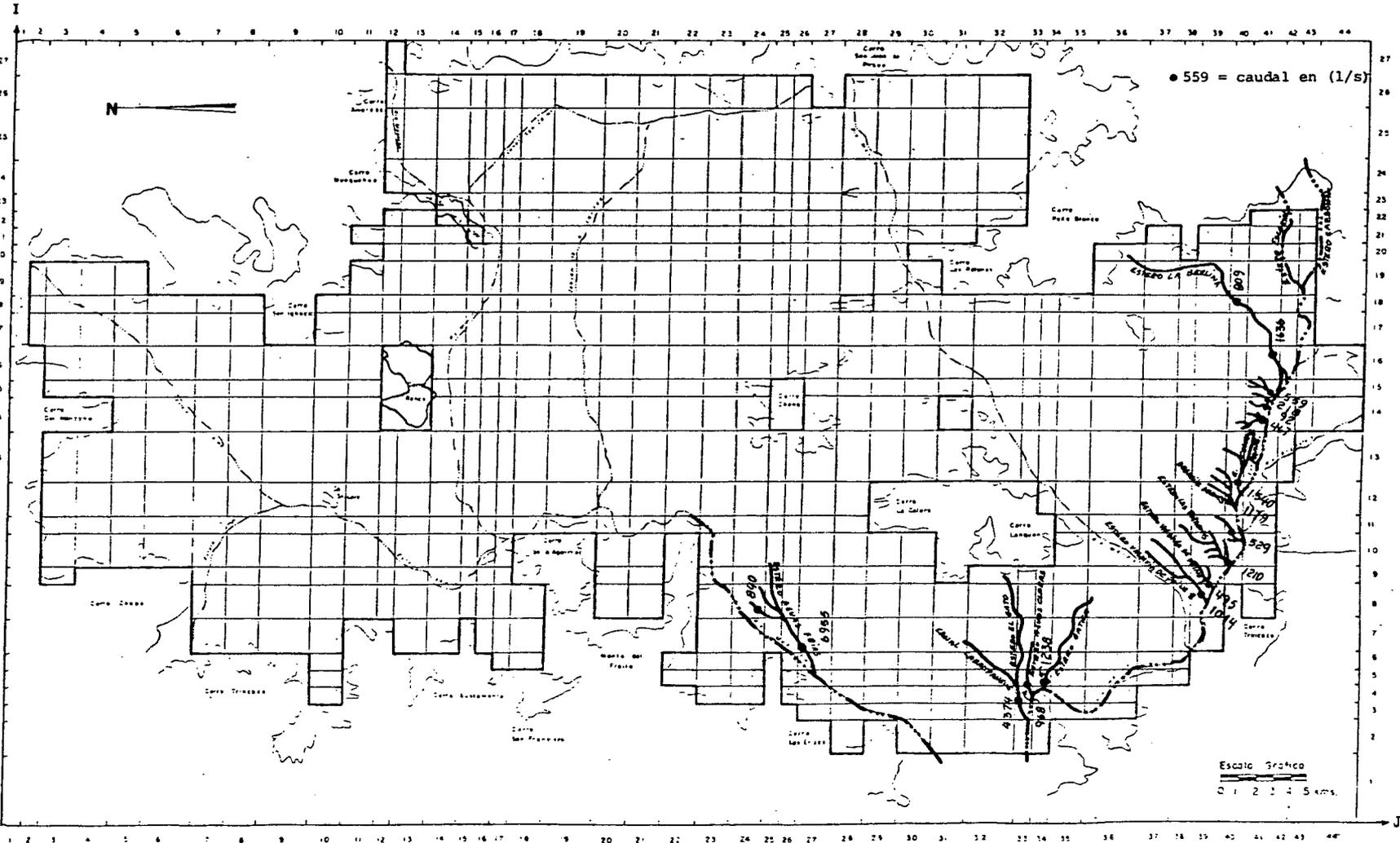
$$Q = 22,4 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Se adjunta a continuación un croquis con los puntos de aforo, y los valores del caudal aforado en cada caso.

ALAMOS Y PERALTA INGENIEROS CONSULTORES LTDA.
 RECURSOS HIDRAULICOS AGUAS SUBTERRANEAS REGADIO AGUA POTABLE E INDUSTRIAL

MODELO HIDROGEOLOGICO DE MAIPO - MAPOCHO

LOCALIZACION VERTIENTES Y LUGARES DE AFORO.



173.-

A N E X O 2:

LISTADO DEL SIMAC - 1

PROGRAMA DE COMPUTACION USADO EN LA SIMULACION.

PROGRAMA SIMAC1
SIMULADOR DE ACUIFEROS

*LEVEL 2.3.0 (JUNE 78)

OS/360 FORTRAN H EXTENDED

DATE 04.005/18.47.37

PAJ

REQUESTED OPTIONS:

OPTIONS IN EFFECT: NAME(MAIN) NOOPTIMIZE LINECOUNT(60) SIZE(MAX) AUTLDBL(NONE)
SOURCE EBCDIC HLLIST NODECK OBJECT NMAP NDFORMAT NOGSTAT NEXREF NCALC NCANSF TERM IBM FLA(11)

```

C*****SIM0010
C      ESTA ES UNA VERSI0N MAS COMPLETA DEL PROGRAMA      SIM0020
C      SIMAC --> SIMULADOR DE ACUIFEROS                  SIM0030
C      SIMAC --> SIMULADOR DE ACUIFEROS                  SIM0040
C*****SIM0050
ISN 0002      DIMENSION TITULO(30)                          SIM0060
ISN 0003      INTEGER IN(5),LUT(6)                          SIM0070
C      DIMENSIONAMIENTO DE VARIABLES                      SIM0080
C      REAL T1(28,45)/1260*0.0/,T2(28,45)/1260*0.0/,SF(28,45)/1260*0.0/, SIM0090
1HDI(28,45)/1260*0.0/,HI(28,45)/1260*0.0/,T1(28,45,2)/2520*0.0/, SIM0100
2SF1(28,45)/1260*0.0/,RD(28,45)/1260*0.0/,RH(28,45)/1260*0.0/, SIM0110
3R(28,45)/1260*0.0/,RDV(28,45)/1260*0.0/,AV(28,45)/1260*0.0/, SIM0120
4DL(28,45)/1260*0.0/,Q(28,45)/1260*0.0/,HK(28,45)/1260*0.0/, SIM0130
5QHI(28,45)/1260*0.0/,MNI(28,45)/1260*0.0/ SIM0140
C      REAL B(45)/45*0.0/,G(45)/45*0.0/,HD(60,12)/720*0.0/, SIM0150
1HDI(60,12)/720*0.0/,JM(300)/300*0.0/,UN(200)/200*0.0/, SIM0160
2JV(900)/900*0.0/,GMT(300)/300*0.0/,WT(200)/200*0.0/, SIM0170
3CVT(900)/900*0.0/,P(900,20)/18000*0.0/,WLT(20)/20*0.0/, SIM0180
4QVMS(12)/12*0.0/,QVMS(12)/12*0.0/,QVMS(12)/12*0.0/, SIM0190
5SST(12)/12*0.0/ SIM0200
C      INTEGER ICAT(28,45),IDIMX(28)/28*0/,IDIMY(45)/45*0/,NSP(20)/20*0/ SIM0210
C      DIMENSION IP(900,20),JP(900,20),ABC(30),IM(300),JM(300), SIM0220
1ID(60),JD(60),IR(200),JK(200),IV(900),JV(900),TITULO(20), SIM0230
2TITUBP(20,20),CX(12),CAL(12),RM(12),FD(12,20) SIM0240
C      DATA ABC/'A','B','C','D','E','F','G','H','I','J','K','L','M', SIM0250
1'N','O','P','Q','R','S','T','U','V','W','X','Y','Z','+',',','.', SIM0260
2'>') SIM0270
C      LECTURA TITULO SIM0280
C      READ(IN,10) (TITULO(I),I=1,30) SIM0290
ISN 0009      10 FORMAT(30A2) SIM0300
ISN 0010      LECTURA DATOS GENERALES SIM0310
C      READ(IN,20) LC,NC,NR,ERROR,NMESES SIM0320
ISN 0011      20 FORMAT(14,2I3,F6.1,14) SIM0330
ISN 0012      READ(IN,30) (IDIMX(I),I=1,NC) SIM0340
ISN 0013      READ(IN,30) (IDIMY(J),J=1,NR) SIM0350
ISN 0014      30 FORMAT(15) SIM0360
ISN 0015      READ(IN,40) FAC1,FAC2,FALSF SIM0370
ISN 0016      40 FORMAT(3F5.1) SIM0380
ISN 0017      DO 50 K=1,LC SIM0390
ISN 0018      READ(IN,60) I,J,T1(I,J),T2(I,J),SF(I,J),m(I,J) SIM0400
ISN 0019      60 FORMAT(2I3,3E6.1,F5.2) SIM0410
ISN 0020

```

```

*LEVEL 2.3.0 (JUNE 78)          MAIN          OS/360 FORTRAN H EXTENDED          DATE 84.0C5/18.47.3

ISN 0021          IF(T2(I,J).GT.0.0) GO TO 55          SIM00540
ISN 0023          T2(I,J)=T1(I,J)          SIM00550
ISN 0024          55 CONTINUE          SIM00560
ISN 0025          T2(I,J)=T2(I,J)*FAC2          SIM00570
ISN 0026          T1(I,J)=T1(I,J)*FAC1          SIM00580
ISN 0027          SF(I,J)=SF(I,J)*FACSF          SIM00590
ISN 0028          50 CONTINUE          SIM00600
C          SIM00610
C          ESCRITURA DE DATOS          SIM00620
C          SIM00630
ISN 0029          WRITE(OUT,65) (TITULO(I),I=1,30)          SIM00640
ISN 0030          65 FORMAT('1',//////,129('**'),////,30A2,////,129('**'),          SIM00650
          *1('**'),////,50X,18('**'),////,51X,'DATOS DE ENTRADA',////,50X,          SIM00660
          *18('**'))          SIM00670
ISN 0031          WRITE(OUT,70) LD,NC,NR,ERROR,NMESES          SIM00680
ISN 0032          70 FORMAT('1',////,10X,'DATOS GENERALES',//,115(' '),//,4X,          SIM00690
          1'NUMERO DE MALLAS',17,4X,'NUMERO DE COLUMNAS',15,4X,          SIM00700
          2'NUMERO DE FILAS',3X,15,4X,'ERRORES ADMISIBLES',F7.2,2X,          SIM00710
          3'METROS',///,4X,'DURACION TOTAL DE LA SIMULACION',15,2X,'MESES')          SIM00720
ISN 0033          WRITE(OUT,75) (IDIMX(I),I=1,NC)          SIM00730
ISN 0034          75 FORMAT('0',///,21X,'DIMENSIONES DE LAS MALLAS',//,11X,'DIRECCION-1          SIM00740
          1',2X,1016/(24X,1016))          SIM00750
ISN 0035          WRITE(OUT,76) (IDIMY(J),J=1,NR)          SIM00760
ISN 0036          76 FORMAT('0',10X,'DIRECCION-J',2X,1016/(24X,1016))          SIM00770
ISN 0037          WRITE(OUT,80)          SIM00780
ISN 0038          80 FORMAT('0',///,4X,'MALLA',5X,'TRANSMISIVIDAD',5X,'ALMACENAMIENTO',          SIM00790
          *5X,'NIVEL INICIAL',5X,'CATEGORIA MALLA',//,5X,          SIM00800
          *1',2X,'J',8X,'I',8X,'J',//)          SIM00810
C          SIM00820
C          IDENTIFICACION DE LA CATEGORIA DE CADA MALLA Y ESCRITURA DE          SIM00830
C          DATOS GENERALES          SIM00840
C          ICAT=1...MALLA FUERA DEL MODELO          SIM00850
C          ICAT=2...MALLA DE BORDE IMPERMEABLE          SIM00860
C          ICAT=3...MALLA DE BORDE CON NIVEL Cte.          SIM00870
C          ICAT=4...MALLA DENTRO DEL MODELO          SIM00880
C          SIM00890
ISN 0039          DO 90 I=1,NC          SIM00900
ISN 0040          DO 90 J=1,NR          SIM00910
ISN 0041          ICAT(I,J)=1          SIM00920
ISN 0042          IF(H(I,J).LE.0.0) GO TO 95          SIM00930
ISN 0043          ICAT(I,J)=2          SIM00940
ISN 0044          IF(T1(I,J).LE.0.0.AND.T2(I,J).LE.0.0) GO TO 95          SIM00950
ISN 0045          ICAT(I,J)=3          SIM00960
ISN 0046          IF(SF(I,J).GT.100.)GO TO 95          SIM00970
ISN 0047          ICAT(I,J)=4          SIM00980
ISN 0048          95 WRITE(OUT,100) I,J,T1(I,J),T2(I,J),SF(I,J),H(I,J),ICAT(I,J)          SIM00990
ISN 0049          100 FORMAT('0',3X,I3,I3,3X,F7.1,2X,F7.1,9X,F6.2,12X,F7.2,12X,14)          SIM01000
ISN 0050          T(I,J,2)=T1(I,J)*IDIMY(J)/(0.5*(IDIMX(I)+IDIMX(I+1)))          SIM01010
ISN 0051          T(I,J,1)=T2(I,J)*IDIMX(I)/(0.5*(IDIMY(J)+IDIMY(J+1)))          SIM01020
ISN 0052          SF(I,J)=SF(I,J)*IDIMX(I)*IDIMY(J)          SIM01030
ISN 0053          90 CONTINUE          SIM01040
C          SIM01050
C          MAPA DE TRANSMISIVIDADES Y COEF. DE ALMACENAMIENTO          SIM01060
C          SIM01070
ISN 0054          CALL MAPA(0.0,NC,NR,ABC,T1,ICAT,500,3)          SIM01080
ISN 0055          CALL MAPA(0.0,NC,NR,ABC,T2,ICAT,500,4)          SIM01090
ISN 0056          CALL MAPA(0.0,NC,NR,ABC,SF,ICAT,1,5)          SIM01100
C          SIM01110

```

LEVEL 2.3.0 (JUNE 78)

MAIN

US/360 FORTRAN H EXTENDED

DATE 84.005/18.47.37

```

C LECTURA DE MALLAS DE BORDE
C
ISN 0060 READ(IN,110) (TITULR(I),I=1,20),NMEN,NMEE,NMES,NMEW
ISN 0061 110 FORMAT(20A2,4I3)
ISN 0062 READ(IN,120) (IM(K),JM(K),K=1,NMEW)
ISN 0063 120 FORMAT(2I3)
ISN 0064 WRITE(OUT,130)
ISN 0065 130 FORMAT('1',///,4X,'MALLAS EXTERIORES (I,J) NORTE-ESTE-SUR-ESTE',
1//,115('='))
ISN 0066 WRITE(OUT,140) (IM(K),JM(K),K=1,NMEN)
ISN 0067 L=NMEN+1
ISN 0068 WRITE(OUT,140) (IM(K),JM(K),K=L,NMEE)
ISN 0069 L=NMEE+1
ISN 0070 WRITE(OUT,140) (IM(K),JM(K),K=L,NMES)
ISN 0071 L=NMES+1
ISN 0072 WRITE(OUT,140) (IM(K),JM(K),K=L,NMEW)
ISN 0073 140 FORMAT('0',///,(10(2X,2I3,2X)))

C LECTURA DE MALLAS CONTRASTE PIEZOMETRICO
C
ISN 0074 READ(IN,150) (TITULR(I),I=1,20),ND
ISN 0075 150 FORMAT(20A2,13)
ISN 0076 READ(IN,151) (RM(K),K=1,12)
ISN 0077 151 FORMAT(12(A3,1X))
ISN 0078 DO 152 L=1,ND
ISN 0079 READ(IN,120) ID(L),JD(L)
ISN 0080 READ(IN,157) (HDO(L,K),K=1,12)
ISN 0081 157 FORMAT(12F6.0)
ISN 0082 152 CONTINUE
ISN 0083 WRITE(OUT,153) (TITULR(I),I=1,20)
ISN 0084 153 FORMAT('1',///,4X,20A2,///,115('='))
ISN 0085 DO 155 L=1,ND
ISN 0086 WRITE(OUT,150) ID(L),JD(L), (RM(K),K=1,12), (HDO(L,K),K=1,12)
ISN 0087 160 FORMAT('0',///,4X,'MALLA ',2I3,///,4X,'MES',I30,12(5X,A5),
1//,4X,'COTA PIEZOM.OBSERVADA',T30,12(F8.2))
ISN 0088 I=ID(L)
ISN 0089 J=JD(L)
ISN 0090 155 MN(I,J)=1.0

C DIBUJO DEL ACUIFERO CON MALLAS CONTRASTE PIEZOMETRICO
C
ISN 0091 CALL MONOS(ABC,NC,NR,MN,ICAT,16,TITULR)

C LECTURA DE MALLAS DE RIO
C
ISN 0092 READ(IN,165) (TITULR(I),I=1,20),NQR
ISN 0093 165 FORMAT(20A2,13)
ISN 0094 IF(NQR.EQ.0) GO TO 195
ISN 0095 READ(IN,170) (IR(K),JR(K),RD(IR(K),JR(K)),RH(IR(K),JR(K)),R(IR(K),
1JR(K)),K=1,NQR)
ISN 0097 170 FORMAT(2I3,2F6.1,E6.1)
ISN 0098 WRITE(OUT,190)
ISN 0099 190 FORMAT('1',///,4X,'MALLAS CON RELACION RIO-ACUIFERO',///,115('='),
1//,4X,'MALLA',4X,'COTA LECHO',4X,'COTA AGUA RIO',4X,
2'C.PERMEABILIDAD',///)
ISN 0100 WRITE(OUT,180) (IR(K),JR(K),RD(IR(K),JR(K)),RH(IR(K),JR(K)),R(IR(K),
1),JR(K)),K=1,NQR)
ISN 0101 180 FORMAT('0',3X,2I3,7X,F6.1,9X,F6.1,8X,F11.1)
    
```

LEVEL 2.3.0 (JUNE 78) MAIN OS/360 FORTRAN H EXTENDED DATE 84.005/18.47.37

```

C
C DIBUJO DEL ACUIFERO CON LAS MALLAS DE RIO
ISN 0102          CALL MONOS(ABC,NC,NR,RD,ICAT,18,TITULR)
ISN 0103          195 CONTINUE
C
C LECTURA DE MALLAS CON VERTIENTES
ISN 0104          RFAD(IN,165) (TITULR(I),I=1,20),NVEK
ISN 0105          IF(NVER.EQ.0) GO TO 215
ISN 0107          READ(IN,200) (IV(K),JV(K),RDV(IV(K),JV(K)),K=1,NVER)
ISN 0108          200 FORMAT(2I3,F6.1)
ISN 0109          WRITE(OUT,210)
ISN 0110          210 FORMAT('1',///,4X,'MALLAS CON VERTIENTES',///,115('='),///,4X,
ISN 0111          1'COTA MINIMA DE VERTIMIENTO POR MALLA')
ISN 0112          WRITE(OUT,220) (IV(K),JV(K),RDV(IV(K),JV(K)),K=1,NVER)
ISN 0112          220 FORMAT('0',///,(5(2X,2I3,F11.2,3X),///))
C
C DIBUJO DEL ACUIFERO CON LAS MALLAS CON VERTIENTES
ISN 0113          CALL MONOS(ABC,NC,NR,RDV,ICAT,22,TITULR)
ISN 0114          215 CONTINUE
C
ISN 0115          STT=0.0
ISN 0116          QMTT=0.0
ISN 0117          QKTT=0.0
ISN 0118          QVTT=0.0
ISN 0119          TIME=0.0
ISN 0120          COEF=1.65726
ISN 0121          NSTEPS=6
C
C LECTURA DE BOMBEO E INFILTRACIONES
ISN 0122          350 READ(IN,230) (TITULR(I),I=1,20),NP
ISN 0123          230 FORMAT(20A2,15)
ISN 0124          IF(INP.EQ.0) GO TO 1000
ISN 0126          DO 235 I=1,NC
ISN 0127          DO 235 J=1,NR
ISN 0128          235 MN(I,J)=0.0
ISN 0129          READ(IN,240) FC,ICL,(FD(K,ICL),K=1,12)
ISN 0130          240 FORMAT(F5.1,15,12F5.1)
ISN 0131          NSP(ICL)=NP
ISN 0132          DO 260 L=1,NP
ISN 0133          READ(IN,250) I,J,P(L,ICL)
ISN 0134          250 FORMAT(2I3,E7.0)
ISN 0135          IP(L,ICL)=I
ISN 0136          JP(L,ICL)=J
ISN 0137          P(L,ICL)=P(L,ICL)*FC
ISN 0138          MN(I,J)=1.0
ISN 0139          260 QTOT(ICL)=QTOT(ICL)+P(L,ICL)
ISN 0140          DO 270 I=1,20
ISN 0141          270 TITJBP(I,ICL)=TITULR(I)
ISN 0142          NP=NSP(ICL)
ISN 0143          WRITE(OUT,280) (TITULR(I),I=1,20),QTOT(ICL)
ISN 0144          280 FORMAT('1',9X,20A2,///,'0',9X,'VOLUMEN TOTAL PARA EL ACUIFERO',
ISN 0145          1F11.2,2X,'MILES M3/ANO',///)
ISN 0146          DO 282 K=1,12
ISN 0146          282 QX(K)=QTOT(ICL)*FD(K,ICL)
    
```

SIM01700
SIM01710
SIM01720
SIM01730
SIM01740
SIM01750
SIM01760
SIM01770
SIM01780
SIM01790
SIM01800
SIM01810
SIM01820
SIM01830
SIM01840
SIM01850
SIM01860
SIM01870
SIM01880
SIM01890
SIM01900
SIM01910
SIM01920
SIM01930
SIM01940
SIM01950
SIM01960
SIM01970
SIM01980
SIM01990
SIM02000
SIM02010
SIM02020
SIM02030
SIM02040
SIM02050
SIM02060
SIM02070
SIM02080
SIM02090
SIM02100
SIM02110
SIM02120
SIM02130
SIM02140
SIM02150
SIM02160
SIM02170
SIM02180
SIM02190
SIM02200
SIM02210
SIM02220
SIM02230
SIM02240
SIM02250
SIM02260
SIM02270

```

LEVEL 2.3.0 (JUNE 78)          MAIN          OS/360 FORTRAN H EXTENDED          DATE 84.06.18.47.3
ISN 0147          WRITE(OUT,285) (RM(K),K=1,12),(FD(K,ICL),K=1,12),(CA(K),K=1,12)          SIM02280
ISN 0148          285 FORMAT('0',MES,T20,12(6X,A3),//,'0',CCEF-DISTRIBUCION',I21,          SIM02290
          *12F9.2,//,'0',VOL-TOT-MENSUAL,T20,12F9.1)          SIM02300
ISN 0149          WRITE(OUT,288) (IP(L,ICL),JP(L,ICL),P(L,ICL),L=1,NP)          SIM02310
ISN 0150          288 FORMAT('0',///,9X,VOLUMEN ANUAL POR MALLA MILES M3/ANC',///,          SIM02320
          *(5(2X,2I3,F11.2,3X),//))          SIM02330
ISN 0151          CALL MONOS(ABC,NC,NR,MN,ICAT,ICL,TITULR)          SIM02340
ISN 0152          GO TO 350          SIM02350
C*****          SIM02360
C          FIN ENTRADA DE DATOS          SIM02370
C          SIM02380
C          EMPIEZA LA SIMULACION          SIM02390
C*****          SIM02400
ISN 0153          1000 NCL=ICL          SIM02410
ISN 0154          IANOS=1          SIM02420
ISN 0155          DO 360 I=1,NC          SIM02430
ISN 0156          DO 360 J=1,NR          SIM02440
ISN 0157          360 H(I,J)=H(I,J)          SIM02450
ISN 0158          3000 WRITE(OUT,2000) IANOS          SIM02460
ISN 0159          2000 FORMAT('1',////////,50X,26('*'),///,50X,'SIMULACION PARA EL ANC',          SIM02470
          *13,///,50X,26('*'))          SIM02480
ISN 0160          KK=0          SIM02490
ISN 0161          4000 DELTA=1.0          SIM02500
ISN 0162          KK=KK+1          SIM02510
ISN 0163          IF(KK.GT.NM.CSES) GO TO 5000          SIM02520
ISN 0165          DO 353 I=1,NC          SIM02530
ISN 0166          DO 353 J=1,NR          SIM02540
ISN 0167          JH(I,J)=0.0          SIM02550
ISN 0168          353 J(I,J)=0.0          SIM02560
C          SIM02570
C          CALCULO DE LA RECARGA NETA POR MALLA          SIM02580
C          SIM02590
ISN 0169          DO 365 ICL=1,NCL          SIM02600
ISN 0170          NP=NSP(ICL)          SIM02610
ISN 0171          DO 365 L=1,NP          SIM02620
ISN 0172          I=IP(L,ICL)          SIM02630
ISN 0173          J=JP(L,ICL)          SIM02640
ISN 0174          365 Q(I,J)=Q(I,J)-P(L,ICL)*1000*FD(KK,ICL)/30          SIM02650
C          SIM02660
C          PLANTEAMIENTO Y RESOLUCION DEL SISTEMA DE ECUACIONES          SIM02670
C          DE DIFERENCIAS FINITAS          SIM02680
C          SIM02690
ISN 0175          DO 400 ISTEP=1,NSTEPS          SIM02700
ISN 0176          TIME=TIME+DELTA          SIM02710
C          SIM02720
C          PREDICCION DE NIVELES PARA EL          SIM02730
C          SIGUIENTE INTERVALO DE TIEMPO          SIM02740
C          SIM02750
ISN 0177          DO 410 I=1,NC          SIM02760
ISN 0178          DO 410 J=1,NR          SIM02770
ISN 0179          D=H(I,J)-HJ(I,J)          SIM02780
ISN 0180          HJ(I,J)=H(I,J)          SIM02790
ISN 0181          F=1.0          SIM02800
ISN 0182          IF(DL(I,J).EQ.0.0) GO TO 420          SIM02810
ISN 0184          IF(ISTEP.GT.2) F=D/DL(I,J)          SIM02820
ISN 0186          IF(F.GT.5.0) F=5.0          SIM02830
ISN 0188          IF(F.LT.0.0) F=0.0          SIM02840
ISN 0190          420 DL(I,J)=D          SIM02850
    
```

LEVEL 2.3.0 (JUNE 78)	MAIN	OS/360 FORTRAN H EXTENDED	DATE 84.005/18.47-3
ISN 0191	410 H(I,J)=H(I,J)+D*F		SIMC2860
	C CALCULO DEL COEF. DE SALIDA DESDE VERTIENTES		SIMC2870
	C		SIMC2880
	C		SIMC2890
ISN 0192	IF(INVER.EQ.0) GO TO 415		SIMC2900
ISN 0194	DO 418 L=1,NVER		SIMC2910
ISN 0195	I=IV(L)		SIMC2920
ISN 0196	J=JV(L)		SIMC2930
ISN 0197	418 RV(I,J)=SF1(I,J)/DELTA		SIMC2940
ISN 0198	415 CONTINUE		SIMC2950
	C REFINAMIENTO DE LAS ESTIMACIONES		SIMC2960
	C POR EL METODO IADI		SIMC2970
	C		SIMC2980
	C		SIMC2990
ISN 0199	ITER=0		SIMC3000
ISN 0200	430 E=0.0		SIMC3010
ISN 0201	ITER=ITER+1		SIMC3020
ISN 0202	IF(ITER.LE.20) GO TO 440		SIMC3030
ISN 0204	WRITE(OUT,450) TIME		SIMC3040
ISN 0205	450 FORMAT('1',///,'SE HA EXCEDIDO EL NUMERO MAXIMO DE ITERACIONES,20'		SIMC3050
	1,/,4X,'TIEMPO=',F6.2)		SIMC3060
ISN 0206	STOP		SIMC3070
ISN 0207	440 CONTINUE		SIMC3080
	C CALCULOS POR COLUMNAS		SIMC3090
	C		SIMC3100
	C		SIMC3110
	C		SIMC3120
ISN 0208	DO 460 II=1,NC		SIMC3130
ISN 0209	I=II		SIMC3140
ISN 0210	IF(MOD(ISTEP+ITER,2).EQ.1) I=NC-I+1		SIMC3150
ISN 0212	DO 470 J=1,NR		SIMC3160
ISN 0213	IF(ICAT(I,J).EQ.1) GO TO 465		SIMC3170
	C CALCULO DE LOS VECTORES B Y G		SIMC3180
	C		SIMC3190
	C		SIMC3200
	C		SIMC3210
	C		SIMC3220
ISN 0215	IF(H(I,J).LT.RD(I,J)) GO TO 480		SIMC3230
ISN 0217	RE=RH(I,J)*R(I,J)		SIMC3240
ISN 0218	RB=1.0		SIMC3250
ISN 0219	GO TO 490		SIMC3260
ISN 0220	480 RE=(RH(I,J)-RD(I,J))*R(I,J)		SIMC3270
ISN 0221	RB=0.0		SIMC3280
ISN 0222	490 DD=HO(I,J)*SF1(I,J)/DELTA-Q(I,J)+RE		SIMC3290
ISN 0223	BB=SF1(I,J)/DELTA+R(I,J)*RB		SIMC3300
	C EFECTO DE LAS VERTIENTES		SIMC3310
	C		SIMC3320
	C		SIMC3330
ISN 0224	IF(H(I,J).LT.RDV(I,J)) GO TO 500		SIMC3340
ISN 0226	DD=DD+RDV(I,J)*RV(I,J)		SIMC3350
ISN 0227	BB=BB+RV(I,J)		SIMC3360
ISN 0228	500 CONTINUE		SIMC3370
ISN 0229	AA=0.0		SIMC3380
ISN 0230	CC=0.0		SIMC3390
ISN 0231	IF(J-1) 510,520,510		SIMC3400
ISN 0232	510 AA=-T(I,J-1,1)		SIMC3410
ISN 0233	BB=BB+T(I,J-1,1)		SIMC3420
ISN 0234	520 IF(J-NR) 530,540,530		SIMC3430

LEVEL 2.3.0 (JUNE 78)

MAIN

OS/360 FORTRAN H EXTENDED

DATE 84.005/18.47.

```

ISN 0235      530 CC=-T(I,J,1)
ISN 0236      BB=BB+T(I,J,1)
ISN 0237      540 IF(I-1) 550,560,550
ISN 0238      550 BB=BB+T(I-1,J,2)
ISN 0239      DD=DD+H(I-1,J)*T(I-1,J,2)
ISN 0240      560 IF(I-NC) 570,580,570
ISN 0241      570 BB=BB+T(I,J,2)
ISN 0242      DD=DD+H(I+1,J)*T(I,J,2)
ISN 0243      580 IF(J-1) 590,600,590
ISN 0244      600 B(I)=CC/BB
ISN 0245      G(J)=DD/BB
ISN 0246      GO TO 470
ISN 0247      590 W=BB-AA*B(J-1)
ISN 0248      B(J)=CC/W
ISN 0249      G(J)=(DD-AA*G(J-1))/W
ISN 0250      GO TO 470
ISN 0251      465 B(I)=0.0
ISN 0252      G(J)=0.0
ISN 0253      470 CONTINUE

C
C REESTIMACION DE NIVELES
C
ISN 0254      E=E+ABS(H(I,NR)-G(NR))
ISN 0255      H(I,NR)=G(NR)
ISN 0256      N=NR-1
ISN 0257      610 HA=G(N)-B(N)*H(I,N+1)
ISN 0258      IF(HA.LT.0.0) HA=0.0
ISN 0260      E=E+ABS(HA-H(I,N))
ISN 0261      H(I,N)=HA
ISN 0262      N=N-1
ISN 0263      IF(N) 460,460,610
ISN 0264      460 CONTINUE

C
C CALCULOS POR FILAS
C
ISN 0265      DO 620 JJ=1,NR
ISN 0266      J=JJ
ISN 0267      IF(MOD(1STEP+ITER,2).EQ.1) J=NR-J+1
ISN 0269      DO 630 I=1,NC
ISN 0270      IF(ICAT(I,J).EQ.1) GO TO 625

C
C EFECTO DEL RIO
C
ISN 0272      IF(H(I,J).LT.RD(I,J)) GO TO 640
ISN 0274      RE=RH(I,J)*R(I,J)
ISN 0275      RB=1.0
ISN 0276      GO TO 650
ISN 0277      640 RE=(RH(I,J)-RD(I,J))*R(I,J)
ISN 0278      RB=0.0
ISN 0279      650 DD=HC(I,J)*SF1(I,J)/DELTA-Q(I,J)+RE
ISN 0280      BB=SF1(I,J)/DELTA+R(I,J)*RB

C
C EFECTO DE LAS VERTIENTES
C
ISN 0281      IF(H(I,J).LT.RDV(I,J)) GO TO 660
ISN 0283      DD=DD+RDV(I,J)*RV(I,J)
ISN 0284      BB=BB+RV(I,J)
ISN 0285      660 CONTINUE
    
```

SIM03440
SIM03450
SIM03460
SIM03470
SIM03480
SIM03490
SIM03500
SIM03510
SIM03520
SIM03530
SIM03540
SIM03550
SIM03560
SIM03570
SIM03580
SIM03590
SIM03600
SIM03610
SIM03620
SIM03630
SIM03640
SIM03650
SIM03660
SIM03670
SIM03680
SIM03690
SIM03700
SIM03710
SIM03720
SIM03730
SIM03740
SIM03750
SIM03760
SIM03770
SIM03780
SIM03790
SIM03800
SIM03810
SIM03820
SIM03830
SIM03840
SIM03850
SIM03860
SIM03870
SIM03880
SIM03890
SIM03900
SIM03910
SIM03920
SIM03930
SIM03940
SIM03950
SIM03960
SIM03970
SIM03980
SIM03990
SIM04000
SIM04010

LEVEL 2.3.0 (JUNE 78)

MAIN

OS/360 FORTRAN H EXTENDED

DATE 84.005/16.47.3

```

ISN 0286      AA=0.0
ISN 0287      CC=0.0
ISN 0288      IF(J-1) 670,680,670
ISN 0289      670 BB=BB+T(I,J-1,1)
ISN 0290      DD=DD+H(I,J-1)*T(I,J-1,1)
ISN 0291      680 IF(J-NR)690,700,690
ISN 0292      690 DD=DD+H(I,J+1)*T(I,J,1)
ISN 0293      BB=BB+T(I,J,1)
ISN 0294      700 IF(I-1) 710,720,710
ISN 0295      710 BB=BB+T(I-1,J,2)
ISN 0296      AA=-T(I-1,J,2)
ISN 0297      720 IF(I-NC)730,740,730
ISN 0298      730 BB=BB+T(I,J,2)
ISN 0299      CC=-T(I,J,2)
ISN 0300      740 IF(I-1) 750,760,750
ISN 0301      760 B(I)=CC/BB
ISN 0302      G(I)=DD/BB
ISN 0303      GO TO 630
ISN 0304      750 W=BB-AA*B(I-1)
ISN 0305      B(I)=CC/W
ISN 0306      G(I)=(DD-AA*G(I-1))/W
ISN 0307      GO TO 630
ISN 0308      625 B(I)=0.0
ISN 0309      G(I)=0.0
ISN 0310      630 CONTINUE

C
C REESTIMACION DE NIVELES
C
ISN 0311      E=E+ABS(H(NC,J)-G(NC))
ISN 0312      H(NC,J)=G(NC)
ISN 0313      N=NC-1
ISN 0314      770 HA=G(N)-B(N)*H(N+1,J)
ISN 0315      IF(HA.LT.0.0) HA=0.0
ISN 0317      E=E+ABS(H(N,J)-HA)
ISN 0318      H(N,J)=HA
ISN 0319      N=N-1
ISN 0320      IF(N) 620,620,770
ISN 0321      620 CONTINUE
ISN 0322      IF(E.GT.ERROR) GO TO 430

C*****
C
C BALANCE MASICO MENSUAL
C*****
C
C CAMBIOS EN EL ALMACENAMIENTO
C
ISN 0324      DO 870 I=1,NC
ISN 0325      DJ 870 J=1,NR
ISN 0326      IF(ICAT(I,J).NE.4) GO TO 87C
ISN 0328      ST(KK)=ST(KK)+SF1(I,J)*(H(I,J)-HL(I,J))
ISN 0329      870 CONTINUE

C
C BALANCE EN LAS MALLAS EXTERIORES
C
ISN 0330      DO 790 K=1,NMEN
ISN 0331      I=IM(K)
ISN 0332      J=JM(K)
    
```

SIM04020
SIM04030
SIM04040
SIM04050
SIM04060
SIM04070
SIM04080
SIM04090
SIM04100
SIM04110
SIM04120
SIM04130
SIM04140
SIM04150
SIM04160
SIM04170
SIM04180
SIM04190
SIM04200
SIM04210
SIM04220
SIM04230
SIM04240
SIM04250
SIM04260
SIM04270
SIM04280
SIM04290
SIM04300
SIM04310
SIM04320
SIM04330
SIM04340
SIM04350
SIM04360
SIM04370
SIM04380
SIM04390
SIM04400
SIM04410
SIM04420
SIM04430
SIM04440
SIM04450
SIM04460
SIM04470
SIM04480
SIM04490
SIM04500
SIM04510
SIM04520
SIM04530
SIM04540
SIM04550
SIM04560
SIM04570
SIM04580
SIM04590

```

LEVEL 2.3.0 (JUNE 78)          MAIN          OS/360 FORTRAN M EXTENDED          DATE 84.065/1E.47.37

ISN 0333      790 QM(K)=QM(K)+T(I,J,1)*(H(I,J)-H(I,J+1))*DELTA          SIMC460C
ISN 0334          LI=NMEN+1          SIMC461C
ISN 0335          DD 800 K=L1,NMEE          SIMC462C
ISN 0336          I=IM(K)          SIMC463C
ISN 0337          J=JM(K)          SIMC464C
ISN 0338      800 QM(K)=QM(K)+ T(I-1,J,2)*(H(I,J)-H(I-1,J))*DELTA          SIMC465C
ISN 0339          LI=NMEE+1          SIMC466C
ISN 0340          DD 810 K=L1,NMES          SIMC467C
ISN 0341          I=IM(K)          SIMC468C
ISN 0342          J=JM(K)          SIMC469C
ISN 0343      810 QM(K)=QM(K)+T(I,J-1,1)*(H(I,J)-H(I,J-1))*DELTA          SIMC470C
ISN 0344          LI=NMES+1          SIMC471C
ISN 0345          DD 820 K=L1,NMEW          SIMC472C
ISN 0346          I=IM(K)          SIMC473C
ISN 0347          J=JM(K)          SIMC474C
ISN 0348      820 QM(K)=QM(K)+T(I,J,2)*(H(I,J)-H(I+1,J))*DELTA          SIMC475C
C          BALANCE EN LAS MALLAS DE RIO          SIMC476C
C          IF (NQR.EQ.0) GO TO 840          SIMC477C
C          DD 830 K=1,NQR          SIMC478C
C          I=IR(K)          SIMC479C
C          J=JR(K)          SIMC480C
C          PAL=H(I,J)          SIMC481C
C          IF(H(I,J).LT.RD(I,J))PAL=RD(I,J)          SIMC482C
C          QM(K)=QM(K)+ R(I,J)*(RH(I,J)-PAL)*DELTA          SIMC483C
C          830 CONTINUE          SIMC484C
C          840 CONTINUE          SIMC485C
C          BALANCE EN LAS MALLAS CON VERTIENTES          SIMC486C
C          IF(NVER.EQ.0) GO TO 860          SIMC487C
C          DD 850 K=1,NVER          SIMC488C
C          I=IV(K)          SIMC489C
C          J=JV(K)          SIMC490C
C          IF(H(I,J).LT.RDV(I,J)) GO TO 850          SIMC491C
C          QV(K)=QV(K)+RV(I,J)*(H(I,J)-RDV(I,J))*DELTA          SIMC492C
C          850 CONTINUE          SIMC493C
C          860 CONTINUE          SIMC494C
C          DELTA=DELTA*COEF          SIMC495C
C          400 CONTINUE          SIMC496C
C          ALMACENAMIENTO DE DATOS PARA DIBUJOS EN MALLAS ESCUEJIDAS          SIMC497C
C          DD 1075 L=1,ND          SIMC498C
C          I=ID(L)          SIMC499C
C          J=JD(L)          SIMC500C
C          1075 HD(L,KK)=H(I,J)          SIMC501C
C          ALMACENAMIENTO DE DATOS PARA MAPA DE DESCENSLS          SIMC502C
C          IF(TIME.GT.31.0) GO TO 1078          SIMC503C
C          DD 1081 I=1,NC          SIMC504C
C          DD 1081 J=1,NR          SIMC505C
C          1081 HK(I,J)=HD(I,J)          SIMC506C
C          1078 CONTINUE          SIMC507C
C          *****          SIMC508C
C          SALIDA DE DATOS MENSUALES          SIMC509C
C          *****          SIMC510C
C          *****          SIMC511C
C          *****          SIMC512C
C          *****          SIMC513C
C          *****          SIMC514C
C          *****          SIMC515C
C          *****          SIMC516C
C          *****          SIMC517C
    
```

*LEVEL 2.3.0 (JUNE 78)

MAIN

05/360 FORTKAN H EXTENDED

DATE 84.005/18.47.3

```

C
*****
ISN 0381      WRITE(OUT,880) TIME
ISN 0382      880 FORMAT('1',///,4X,'BALANCE MASICO EN LAS MALLAS EXTERIORES, 1-J
              1- Q(M3)      NORTE-ESTE-SUR-DESTE',//,4X,'TIEMPO=',F6.1,1X,'DIAS')
ISN 0383      L1=1
ISN 0384      L2=NMEN
ISN 0385      WRITE(OUT,890) (IM(K),JM(K),QM(K),K=L1,L2)
ISN 0386      890 FORMAT('0',///,(5(2X,213,F13.0,3X)))
ISN 0387      L1=L2+1
ISN 0388      L2=NMEE
ISN 0389      WRITE(OUT,890) (IM(K),JM(K),QM(K),K=L1,L2)
ISN 0390      L1=L2+1
ISN 0391      L2=NMES
ISN 0392      WRITE(OUT,890) (IM(K),JM(K),QM(K),K=L1,L2)
ISN 0393      L1=L2+1
ISN 0394      L2=NMELW
ISN 0395      WRITE(OUT,890) (IM(K),JM(K),QM(K),K=L1,L2)
ISN 0396      DO 900 K=1,NMEW
ISN 0397      QM(K)=QM(K)+QM(K)
ISN 0398      QMES(KK)=QMES(KK)+QM(K)
ISN 0399      QMT=QMT+QMES(KK)
ISN 0400      WRITE(OUT,910) QMES(KK)
ISN 0401      910 FORMAT('0',///,20X,'TOTAL=',F14.2,2X,'M3')
ISN 0402      IF(NQR.EQ.0) GO TO 940
ISN 0404      WRITE(OUT,920) TIME
ISN 0405      920 FORMAT('1',///,4X,'BALANCE MASICO EN LAS MALLAS DE RIO, 1-J - C(M3
              *)      ,//,4X,'TIEMPO=',F6.1,1X,'DIAS')
ISN 0406      WRITE(OUT,890) (IR(K),JR(K),QR(K),K=1,NQR)
C
DC 930 K=1,NQR
ISN 0407      QRT(K)=QRT(K)+QR(K)
ISN 0408      QRMES(KK)=QRMES(KK)+QR(K)
ISN 0409      930 QRT=QRT+QRMES(KK)
ISN 0410      WRITE(OUT,910) QRMES(KK)
ISN 0411      940 IF(NVER.EQ.0) GO TO 960
ISN 0412      WRITE(OUT,980) TIME
ISN 0414      980 FORMAT('1',///,4X,'BALANCE MASICO EN LAS MALLAS CON VERTIENTES, 1-
              *J - Q(M3)      ,//,4X,'TIEMPO=',F6.1,1X,'DIAS')
ISN 0416      WRITE(OUT,890) (IV(K),JV(K),QV(K),K=1,NVER)
ISN 0417      DO 950 K=1,NVER
ISN 0418      QVT(K)=QVT(K)+QV(K)
ISN 0419      I=IV(K)
ISN 0420      J=JV(K)
ISN 0421      QH(I,J)=QV(K)
ISN 0422      950 QVMES(KK)=QVMES(KK)+QV(K)
ISN 0423      QVIT=QVIT+QVMES(KK)
ISN 0424      WRITE(OUT,910) QVMES(KK)
ISN 0425      IF(LO.GE.800) GO TO 965
ISN 0427      CALL MAPA(TIME,NC,NR,ABC,QH,ICAT,5000,2)
ISN 0428      GO TO 960
ISN 0429      965 CALL MAPA(TIME,NC,NR,ABC,CH,ICAT,300000,2)
ISN 0430      960 WRITE(OUT,970) ST(KK)
ISN 0431      970 FORMAT('1',////////,130('*'),////,10X,'TOTAL CAMBIOS ALMACENAMIENTO
              *      ,F16.2,2X,'M3',////,130('*'))
ISN 0432      ST=ST+ST(KK)
ISN 0433      WRITE(OUT,990) TIME
ISN 0434      990 FORMAT('1',///,10X,'NIVELES PIEZOMETRICOS',10X,'TIEMPO=',F6.1,1X,'
    
```

LEVEL 2.3.0 (JUNE 78) MAIN GS/360 FORTRAN H EXTENDED DATE 84.0C5/18.47

```

*DIAS // 115(=*))
DO 1010 I=1,NC
ISN 0435      DO 1010 I=1,NC
ISN 0436      1010 WRITE(OUT,1020) I,(H(I,J),J=1,NR)
ISN 0437      1020 FORMAT('0',///,15,4X,10F8.2,///,(9X,10F8.2,///))
ISN 0438      CALL MAPA(TIME,NC,NR,ABC,H,ICAT,20,1)
C
C      MAPA CON DESCENSOS ENTRE EL PRINCIPIO Y FINAL DEL PRIMER MES
C
ISN 0439      IF(TIME.GT.31.0) GO TO 1025
ISN 0441      CALL DESCEN(NC,NR,H,HK,ICAT,ABC)
ISN 0442      1025 CONTINUE
C
C
ISN 0443      DO 1030 K=1,NMEW
ISN 0444      1030 QM(K)=0.0
ISN 0445      IF(NQR.EQ.0) GO TO 1050
ISN 0447      DO 1040 K=1,NWR
ISN 0448      1040 QR(K)=0.0
ISN 0449      1050 IF(NVER.EQ.0) GO TO 1070
ISN 0451      DO 1060 K=1,NVER
ISN 0452      1060 JV(K)=0.0
ISN 0453      1070 CONTINUE
C
C      FINALIZA LA SIMULACION DE UN MES
C
ISN 0454      IF(KK/12.NE.KK/12.0) GO TO 4000
C*****
C      SALIDA DE DATOS ANUALES
C*****
ISN 0456      WRITE(OUT,1080) IANUS
ISN 0457      1080 FORMAT('1',///,40X,39(' '),///,41X,
C      **BALANCE MASICO TOTAL PARA EL ANO*,14,///,40X,39(' '))
C
C      WRITE(OUT,880) TIME
ISN 0458      L1=1
ISN 0459      L2=NMEN
ISN 0460      WRITE(OUT,890) (IM(K),JM(K),QMT(K),K=L1,L2)
ISN 0461      L1=L2+1
ISN 0462      L2=NMEE
ISN 0463      WRITE(OUT,890) (IM(K),JM(K),QMT(K),K=L1,L2)
ISN 0464      L1=L2+1
ISN 0465      L2=NMES
ISN 0466      WRITE(OUT,890) (IM(K),JM(K),QMT(K),K=L1,L2)
ISN 0467      L1=L2+1
ISN 0468      L2=NMEN
ISN 0469      WRITE(OUT,890) (IM(K),JM(K),QMT(K),K=L1,L2)
ISN 0470      L1=L2+1
ISN 0471      L2=NMEN
ISN 0472      WRITE(OUT,910) QMT
ISN 0473      IF(NQR.EQ.0) GO TO 1090
ISN 0474      WRITE(OUT,920) TIME
ISN 0475      WRITE(OUT,890) (IK(K),JR(K),QRT(K),K=1,NCR)
ISN 0476      WRITE(OUT,910) QRT
ISN 0477      1090 IF(NVER.EQ.0) GO TO 1100
ISN 0479      DO 1095 K=1,NVER
ISN 0480      1095 I=IV(K)
ISN 0481      J=JV(K)

```

SIM05760
SIM0577C
SIM05780
SIM05790
SIM05800
SIM05810
SIM05820
SIM05830
SIM05840
SIM05850
SIM05860
SIM0587C
SIM05880
SIM05890
SIM05900
SIM05910
SIM05920
SIM05930
SIM05940
SIM05950
SIM05960
SIM05970
SIM05980
SIM05990
SIM06000
SIM06010
SIM06020
SIM06030
SIM06040
SIM06050
SIM06060
SIM06070
SIM06080
SIM06090
SIM06100
SIM06110
SIM06120
SIM06130
SIM06140
SIM06150
SIM06160
SIM06170
SIM06180
SIM06190
SIM06200
SIM06210
SIM06220
SIM06230
SIM06240
SIM06250
SIM06260
SIM06270
SIM06280
SIM06290
SIM06300
SIM06310
SIM06320
SIM06330

```

LEVEL 2.3.0 (JUNE 78)          MAIN          OS/360  FLTRAN. H EXTENDED          DATE 04.005/18.47.3

ISN 0482      1095  QH(I,J)=QVT(K)
ISN 0483      WRITE (OUT,980) TIME
ISN 0484      WRITE (OUT,990) (IV(K),JV(K),QVT(K),K=1,NVER)
ISN 0485      WRITE (OUT,910) QVTI
ISN 0486      IF (LG.GE.800) GO TO 1098
ISN 0488      CALL MAPA (TIME,NC,NR,ABC,QH,ICAT,50000,2)
ISN 0489      GO TO 1100
ISN 0490      1098  CALL MAPA (TIME,NC,NR,ABC,QH,ICAT,3000000,2)
ISN 0491      1100  CONTINUE
ISN 0492      WRITE (OUT,970) STI

C
ISN 0493      DC 1110 K=1,NMEX
ISN 0494      QMT(K)=0.0
ISN 0495      IF (NQR.EQ.0) GO TO 1120
ISN 0497      DC 1130 K=1,NQR
ISN 0498      QRT(K)=0.0
ISN 0499      1120  IF (INVER.EQ.0) GO TO 1140
ISN 0501      DC 1150 K=1,NVER
ISN 0502      1150  QVT(K)=0.0
ISN 0503      1140  CONTINUE

C*****
C
C   RESUMEN DEL BALANCE MASICO
C*****
ISN 0504      1200  WRITE (OUT,1200) (RM(K),K=1,12)
ISN 0505      FORMAT ('1',///,23X,27(' '),///,29X,'RESUMEN BALANCE MASICO',///,
*28X,27(' '),///,0',30X,'VALORES EN MILLONES M3',////////'0',
*2X,'MES',T30,12(4X,A3),4X,'TOTAL ANUAL',///)
ISN 0506      DC 1210 K=1,12
ISN 0507      QMMES(K)=QMMES(K)/1000000
ISN 0508      QRMES(K)=QRMES(K)/1000000
ISN 0509      QVMES(K)=-QVMES(K)/1000000
ISN 0510      ST(K)=ST(K)/1000000
ISN 0511      1210  QBAL(K)=QMMES(K)+QRMES(K)+QVMES(K)-ST(K)
ISN 0512      QMTT=QMT/1000000
ISN 0513      QRTT=QRT/1000000
ISN 0514      QVTI=-QVTI/1000000
ISN 0515      STI=STI/1000000
ISN 0516      WRITE (OUT,1220) (QMMES(K),K=1,12),QMTT
ISN 0517      FORMAT ('0',/,2X,'MALLAS EXTERIORES',T30,12F7.2,3X,F7.2)
ISN 0518      WRITE (OUT,1230) (QRMES(K),K=1,12),QRTT
ISN 0519      FORMAT ('0',/,2X,'RID',T30,12F7.2,3X,F7.2)
ISN 0520      WRITE (OUT,1240) (QVMES(K),K=1,12),QVTI
ISN 0521      FORMAT ('0',/,2X,'VERTIENTES',T30,12F7.2,3X,F7.2)
ISN 0522      WRITE (OUT,1245) (ST(K),K=1,12),STI
ISN 0523      1245  FORMAT ('0',/,2X,'ALMACENAMIENTO',T30,12F7.2,3X,F7.2)
ISN 0524      DC 1250 ICL=1,NCL
ISN 0525      QTOT(ICL)=QTOT(ICL)/1000
ISN 0526      DC 1260 K=1,12
ISN 0527      QX(K)=QTOT(ICL)*FD(K,ICL)
ISN 0528      QBAL(K)=QBAL(K)+QX(K)
ISN 0529      1250  WRITE (OUT,1270) (TITUBP(I,ICL),I=1,20),(QX(K),K=1,12),QTOT(ICL)
ISN 0530      1270  FORMAT ('0',/,2X,20A2,T30,12F7.2,3X,F7.2)
ISN 0531      QBALT=0.0
ISN 0532      DC 1280 K=1,12
ISN 0533      1280  QBALT=QBALT+QBAL(K)
ISN 0534      WRITE (OUT,1290) (QBAL(K),K=1,12),QBALT
    
```

```

LEVEL 2.3.0 (JUNE 78)          MAIN          OS/360  FORTRAN H EXTENDED          DATE 84-005/18.47.3
ISN 0535          1290 FORMAT('0',///,2X,'BALANCE TOTAL',T30,12F7.2,3X,F7.2,//////,2X,
*VALORES POSITIVOS INDICAN ENTRADAS AL ACUIFERO')
ISN 0536          OMIT=0.0
ISN 0537          JRTT=0.0
ISN 0538          STT=0.0
ISN 0539          QVTT=0.0
C
ISN 0540          IF(KK.GE.NMESES) GO TO 5000
ISN 0542          IANOS=IANOS+1
ISN 0543          GO TO 3000
C
C          DIBUJOS CONTRASTE PIEZOMETRICO
ISN 0544          5000 CALL DIBUJO(ABC,NMESES,JD,JD,ND,HD,HDC,RM)
C
C          MAPA DE DESCENSOS DE NIVELES
C
ISN 0545          CALL DESCEN(ND,NH,H,HK,ICAT,ABC)
ISN 0546          STOP
ISN 0547          END
SIMC692L
SIMC6930
SIMC6940
SIMC6950
SIMC6960
SIMC697L
SIMC6980
SIMC6990
SIMC7000
SIMC7010
SIMC7020
SIMC7030
SIMC7040
SIMC7050
SIMC7060
SIMC7070
SIMC7080
SIMC7090
SIMC7100
SIMC7110

*OPTIONS IN EFFECT*NAME(MAIN) NOOPTIMIZE LINECOUNT(60) SIZE(MAX) AUTODBL(NDNE)
*OPTIONS IN EFFECT*SOURCE EBCDIC NOLIST NODECK OBJECT NOMAP NOFORMAT NOGOSTMT NLXREF NOALL NOANSF TERM
STATISTICS* SOURCE STATEMENTS = 540, PROGRAM SIZE = 366766, SUBPROGRAM NAME = MAIN
STATISTICS* NO DIAGNOSTICS GENERATED
***** END OF COMPILATION *****
1148K BYTES OF CORE NOT USED
    
```

*LEVEL 2.3.0 (JUNE 78)

OS/360 FORTRAN H EXTENDED

DATE 84-005/18.46

REQUESTED OPTIONS:

OPTIONS IN EFFECT: NAME(MAIN) NOOPTIMIZE LINECOUNT(60) SIZE(MAX) AUTODBL(NONE)
SOURCE EBCDIC NOLIST NODECK OBJECT NOMAP NOFORMAT NOGOSTMT NOXREF NOALC NOANSF TERM

```

C*****SIMC7120
C      SIMC7130
C      FIN DEL PROGRAMA PRINCIPAL.COMIENZAN LAS SUBROUTINAS      SIMC7140
C      SIMC7150
ISN 0002 C      SUBROUTINE DIBUJO(ABC,NMESES,LD,JD,ND,HD,HDC,KM)      SIMC7160
C      SIMC7170
C      DIBUJOS EN NUDOS ESCOGIDOS PARA EL CONTRASTE PIEZOMETRICO      SIMC7180
C      SIMC7190
C      INCRE=10 , SI HAY 10 ESPACIOS ENTRE ENTEROS CONSECUTIVOS      SIMC7200
C      INCRE= 5 , SI HAY 5 ESPACIOS ENTRE ENTEROS CONSECUTIVOS      SIMC7210
C      SIMC7220
C      SIMC7230
C      SIMC7240
ISN 0003      DIMENSION ABC(30),ADIB(92),HD(60,12),HDD(60,12),LD(60),JD(60),      SIMC7250
C      *RM(12)      SIMC7260
ISN 0004      INTEGER OUT/6/,INCRE/10/      SIMC7270
ISN 0005      WRITE(OUT,10)      SIMC7280
ISN 0006      10 FORMAT('1',///,30X,23('*'),///,31X,'CONTRASTE PIEZOMETRICO',//      SIMC7290
C      *,30X,23('*'))      SIMC7300
ISN 0007      DO 20 L=1,ND      SIMC7310
ISN 0008      WRITE(OUT,30) LD(L),JD(L)      SIMC7320
ISN 0009      30 FORMAT('1',///,10X,'MALLA',2X,213,/,130('='),///)      SIMC7330
ISN 0010      IBOT=1000000      SIMC7340
ISN 0011      DO 40 K=1,NMESES      SIMC7350
ISN 0012      HD=HD(L,K)      SIMC7360
ISN 0013      HDH=HDD(L,K)      SIMC7370
ISN 0014      IF(HD.LT.IBOT) IBOT=HD      SIMC7380
ISN 0016      IF(HDH.LT.IBOT) IBOT=HDH      SIMC7390
ISN 0018      40 CONTINUE      SIMC7400
ISN 0019      ITOP=IBOT+100/INCRE-1      SIMC7410
ISN 0020      WRITE(OUT,50) (I,I=IBOT,ITOP)      SIMC7420
ISN 0021      50 FORMAT('1',///,2X,'NIVEL',5X,'NIVEL',6X,10(15,5X),3X,'MES',/,2X,      SIMC7430
C      *MEDIDO',4X,'SIMULADO',//)      SIMC7440
ISN 0022      DO 60 K=1,NMESES      SIMC7450
ISN 0023      DO 70 I=1,92      SIMC7460
ISN 0024      ADIB(I)=ABC(29)      SIMC7470
ISN 0025      J=I-1      SIMC7480
ISN 0026      70 IF(J/INCRE.EQ.J/FLCAT(INCRE)) ADIB(I)=ABC(9)      SIMC7490
ISN 0028      LL=INCRE*(HD(L,K)-IBOT)+1.5      SIMC7500
ISN 0029      IF(LL.GT.92) GO TO 80      SIMC7510
ISN 0031      ADIB(LL)=ABC(24)      SIMC7520
ISN 0032      GO TO 90      SIMC7530
ISN 0033      80 ADIB(92)=ABC(5)      SIMC7540
ISN 0034      90 LL=INCRE*(HDD(L,K)-IBOT)+1.5      SIMC7550
ISN 0035      IF(LL.GT.92) GO TO 100      SIMC7560
ISN 0037      ADIB(LL)=ABC(28)      SIMC7570
ISN 0038      GO TO 95      SIMC7580
ISN 0039      100 ADIB(92)=ABC(5)      SIMC7590
ISN 0040      95 IF(LL.EQ.LL1) ADIB(LL)=ABC(I)      SIMC7600
ISN 0042      60 WRITE(OUT,110) HDD(L,K),HD(L,K),(ADIB(I),I=1,92),RM(K)      SIMC7610
ISN 0043      110 FORMAT('0',F8.2,3X,F8.2,6X,92A1,8X,A3)      SIMC7620
ISN 0044      WRITE(OUT,120)      SIMC7630
ISN 0045      120 FORMAT('0',///,2X,'X=NIVEL MEDIDO',/,2X,'*=NIVEL SIMULADO',      SIMC7640

```

*LEVEL 2.3.0 (JUNE 78)

DIBUJO

OS/360 FORTRAN H EXTENDED

DATE 84-005/18.46

```

*/,2X,'A=NIVELES MEDIDO Y SIMULADO COINCIDEN',/,2X,      SIMC7650
*E=VALOR FUERA DEL RANGG DEL DIBUJO')      SIMC7660
ISN 0046      20 CONTINUE      SIMC7670
ISN 0047      RETURN      SIMC7680
ISN 0048      END      SIMC7690

```

*OPTIONS IN EFFECT*NAME(MAIN) NOOPTIMIZE LINECOUNT(60) SIZE(MAX) AUTODBL(NONE)

*OPTIONS IN EFFECT*SOURCE EBCDIC NOLIST NODECK OBJECT NOMAP NOFORMAT NOGOSTMT NOXREF NOALC NOANSF TERM

STATISTICS SOURCE STATEMENTS = 47, PROGRAM SIZE = 2490, SUBPROGRAM NAME =DIBUJO

STATISTICS NO DIAGNOSTICS GENERATED

***** END OF COMPILATION *****

1284K BYTES OF CORE NET USED

LEVEL 2.3.0 (JUNE 78)

DS/360 FORTRAN H EXTENDED

DATE 31.06.5/18.40.

REQUESTED OPTIONS:

OPTIONS IN EFFECT: NAME(MAIN) NOOPTIMIZE LINECOUNT(60) SIZE(MAX) AUTODBLINONE) SOURCE EBCDIC NOLIST NOCHECK SUBJECT NCMAP NOFORMAT NOGUSTMT NOXREF NOALL NOANSF TEAM

```

C *****SIMC7700
ISJ 0002 C SUBROUTINE MAPA(TIME,NC,NR,ABC,QH,ICAT,N,ITIPO) SIMC7710
C ESTA SUBROUTINA DIBUJA DIFERENTES MAPAS SIMBOLICOS DE ACUERDO AL SIMC7720
C VALOR DE LA VARIABLE ITIPO. SIMC7730
C ITIPO=1 MAPA PIEZOMETRICO SIMC7740
C ITIPO=2 MAPA CON VOLUMENES QUE SALEN POR VERTIENTES SIMC7750
C ITIPO=3 MAPA TRANSMISIVIDAD DIR.-I SIMC7760
C ITIPO=4 MAPA TRANSMISIVIDAD DIR.-J SIMC7770
C ITIPO=5 MAPA COEF.ALMACENAMIENTO SIMC7780
C REAL ABC(30),QH(28,45),TITU(4,5),MAPAA(60) SIMC7800
ISJ 0003 C INTEGER OUT/6/,NUM(27),ICAT(28,45) SIMC7810
ISJ 0004 C DATA TITU/PIEZ',OMET',RICO',',VEKT',TIENT',ES',', SIMC7820
ISJ 0005 C *TRAN',SMIS',IVIO',AD-I',TRAN',SMIS',IVIU',AU-J',ALMA', SIMC7830
C *CENA',MIEN',TO &') SIMC7840
C CALCULO DE LAS CATEGORIAS NUM(K) SIMC7850
C SIMC7860
C SIMC7870
C SIMC7880
ISJ 0006 C ITOP=0 SIMC7890
ISJ 0007 C IBOT=1000000 SIMC7900
ISJ 0008 C DO 10 I=1,NC SIMC7910
ISJ 0009 C DO 10 J=1,NR SIMC7920
ISJ 0010 C IF(ITIPO.EQ.5) QH(I,J)=QH(I,J)*100 SIMC7930
ISJ 0012 C IF(QH(I,J).LE.0.0) GO TO 10 SIMC7940
ISJ 0014 C IHD=QH(I,J) SIMC7950
ISJ 0015 C IF(IHD.LT.IBOT) IBOT=IHD SIMC7960
ISJ 0017 C IF(IHD.GT.ITOP) ITOP=IHD SIMC7970
ISJ 0019 C 10 CONTINUE SIMC7980
ISJ 0020 C IF(ITOP.LE.0) GO TO 20 SIMC7990
ISJ 0022 C IBOT=IBOT/N SIMC8000
ISJ 0023 C IBOT=N*IBOT SIMC8010
ISJ 0024 C ITOP=ITOP/N SIMC8020
ISJ 0025 C ITOP=N*(ITOP+1) SIMC8030
ISJ 0026 C NCAT=(ITOP-IBOT)/N SIMC8040
ISJ 0027 C NUM(1)=IBOT SIMC8050
ISJ 0028 C DO 40 K=1,NCAT SIMC8060
ISJ 0029 C 40 NUM(K+1)=NUM(K)+N SIMC8070
ISJ 0030 C 20 CONTINUE SIMC8080
C CONSTRUCCION E IMPRESION DEL MAPA SIMBOLICO SIMC8090
C SIMC8100
C SIMC8110
ISJ 0031 C WRITE(OUT,50) (TITU(K,ITIPO),K=1,4),TIME,(I,I=1,NC) SIMC8120
ISJ 0032 C 50 FORMAT('1',MAPA',2X,4A4,15X,'TIEMPO',F10.1,/,/,13C('=',/,/'0', SIMC8130
C *3X,30(13,1X)) SIMC8140
ISJ 0033 C DO 60 J=1,NR SIMC8150
ISJ 0034 C DO 70 I=1,NC SIMC8160
ISJ 0035 C MAPAA(I)=ABC(29) SIMC8170
ISJ 0036 C IF(ICAT(I,J).EQ.1) GO TO 70 SIMC8180
ISJ 0038 C MAPAA(I)=ABC(30) SIMC8190
ISJ 0039 C IF(ICAT(I,J).EQ.3) GO TO 70 SIMC8200
ISJ 0041 C MAPAA(I)=ABC(28) SIMC8210
ISJ 0042 C IF(ICAT(I,J).EQ.2) GO TO 70 SIMC8220
    
```

*LEVEL 2.3.0 (JUNE 78) MAPA DS/360 FORTRAN H EXTENDED DATE 34.005/18.40.

```

ISN 0044      MAPAA(I)=ABC(27)                                SIMC8230
ISN 0045      IF(JH(I,J).LE.C.0) GO TO 70                    SIMC8240
ISN 0047      DO 30 K=1,NCAT                                  SIMC8250
ISN 0048      90 IF(JH(I,J).GT.NUM(K).AND.JH(I,J).LE.NUM(K+1)) MAPAA(I)=ABC(K) SIMC8260
ISN 0050      IF(JH(I,J).LE.1.E-8) MAPAA(I)=ABC(26)          SIMC8270
ISN 0052      70 CONTINUE                                     SIMC8280
ISN 0053      WRITE(OUT,90) J,(MAPAA(I),I=1,NC)              SIMC8290
ISN 0054      90 FORMAT('0',/' ',13,2X,30(A3,1X))             SIMC8300
ISN 0055      60 CONTINUE                                     SIMC8310
ISN 0056      IF(ITOP.LE.0) GO TO 110                          SIMC8320
ISN 0058      WRITE(OUT,100) (ABC(I),NUM(I),NUM(I+1),I=1,NCAT) SIMC8330
ISN 0059      100 FORMAT('0',////,4X,'*=MALLA DE BORDE IMPERMEABLE',//,4X,'>=MALLA SIMC8340
                *CON NIVEL CTE.',//,(4(4X,A1,'='(17,'-'(17,'1')//))
ISN 0060      IF(ITIPO.EQ.3.OR.ITIPO.EQ.4) WRITE(OUT,105)      SIMC8350
ISN 0062      105 FORMAT('0',//,4X,'Z=MALLA CON TRANSMISIVIDAD NULA') SIMC8360
ISN 0063      GO TO 120                                         SIMC8370
ISN 0064      110 WRITE(OUT,130)                                SIMC8380
ISN 0065      130 FORMAT('0',////,4X,'*=MALLA DE BORDE IMPERMEABLE',//,4X,'>=MALLA SIMC8390
                *CON NIVEL CTE.',//,4X,'+=MALLA SIN AFLGRAMIENTOS') SIMC8400
ISN 0066      120 CONTINUE                                     SIMC8420
ISN 0067      RETURN                                           SIMC8430
ISN 0068      END                                              SIMC8440
    
```

*OPTIONS IN EFFECT*NAME(MAIN) NOOPTIMIZE LINECOUNT(60) SIZE(MAX) AUTODBL(NONE)
 *OPTIONS IN EFFECT*SOURCE EBCDIC NOLIST NODECK OBJECT NOMAP NOFORMAT NOGDSTMT NOXREF NOALC NOANSF TERM
 STATISTICS SOURCE STATEMENTS = 67, PROGRAM SIZE = 2846, SUBPROGRAM NAME = MAPA
 STATISTICS NO DIAGNOSTICS GENERATED
 ***** END OF COMPILATION ***** 1276K BYTES OF CORE NOT USED

LEVEL 2.3.0 (JUNE 78)

DS/360 FORTRAN H EXTENDED

DATE 84.05/18.48.22

REQUESTED OPTIONS:

OPTIONS IN EFFECT: NAME(MAIN) NOOPTIMIZE LINECOUNT(60) SIZE(MAX) AUTO DBL(NONE) SOURCE EBCDIC NDLIST NODECK OBJECT NOMAP NOFORMAT NOGOSTMT NOXREF NOALL NOANSF TERM 1

```

ISN 0002 C*****SIM08450
          SUBROUTINE MDNLS(ABC,NC,NR,MN,ICAT,N,TITULR)SIM08460
          C                                     SIM08470
          C ESTA SUBROUTINA DIBUJA MAPAS SIMBOLICOS CON LAS MALLAS DE RIL, SIM08480
          C CON VERTIENTES, PARA CONTRASTE PIEZOMETRICO, Y LOS DIFERENTES TIPOS SIM08490
          C DE BOMBEO E INFILTRACIONES. SIM08500
          C                                     SIM08510
          REAL MN(28,45),ABC(30),LINEA(60),TITULR(30)SIM08520
          INTEGER OUT/6/,ICAT(28,45)SIM08530
          WRITE(OUT,10) (TITULR(J),J=1,30), (I,I=1,NC)SIM08540
          10 FORMAT('1', 'MAPA CON MALLAS', 2X, 30A2, '//, 130(=)', //, 4X, 30(13, 1X))SIM08550
          DO 20 J=1, NRSIM08560
          DO 30 I=1, NCSIM08570
          LINEA(I)=ABC(29)SIM08580
          IF(ICAT(I, J).EQ.1) GO TO 30SIM08590
          LINEA(I)=ABC(27)SIM08600
          IF(MN(I, J).GT.0.0) LINEA(I)=ABC(N)SIM08610
          IF(ICAT(I, J).EQ.2) LINEA(I)=ABC(28)SIM08620
          IF(ICAT(I, J).EQ.3) LINEA(I)=ABC(30)SIM08630
          30 CONTINUESIM08640
          WRITE(OUT, 40) J, (LINEA(I), I=1, NC)SIM08650
          40 FORMAT('0', // ' ', 13, 2X, 30(A3, 1X))SIM08660
          20 CONTINUESIM08670
          WRITE(OUT, 50) ABC(N), (TITULR(I), I=1, 30)SIM08680
          50 FORMAT(////, 4X, '*MALLA DE BORDE IMPERMEABLE', //, 4X, SIM08690
          1'>MALLA CON NIVEL CTE.', //, 4X, A1, 'MALLA CON ', 3CAZ)SIM08700
          RETURN SIM08710
          END SIM08720
    
```

OPTIONS IN EFFECT*NAME(MAIN) NOOPTIMIZE LINECOUNT(60) SIZE(MAX) AUTO DBL(NONE)

OPTIONS IN EFFECT*SOURCE EBCDIC NDLIST NODECK OBJECT NOMAP NOFORMAT NOGOSTMT NOXREF NOALL NOANSF TERM 1

STATISTICS* SOURCE STATEMENTS = 25, PROGRAM SIZE = 1444, SUBPROGRAM NAME = MDNLS

STATISTICS* NO DIAGNOSTICS GENERATED

*** END OF COMPILATION *****

1288K BYTES OF CORE NOT USED

*LEVEL 2.3.0 (JUNE 79)

05/390 FORTRAN H EXTENDED

DATE 31.05/1984

REQUESTED OPTIONS:

OPTIONS IN EFFECT: NAME(MAIN) NOOPTIMIZE LINECOUNT(60) SIZE(MAX) AUTODBL(NONE) SOURCE EBCDIC NOLIST NODECK OBJECT NUMAP NUFORMAT NOGOSTMT NOXREF NOCALL NOANSF TER

```

C*****
C SUBROUTINE DESCEN(NC,NR,H,HK,ICAT,ABC)
C
C ESTA SUBROUTINA DIBUJA UN MAPA CON LOS DESCENSOS DE NIVEL OCURRIDOS
C ENTRE EL PRINCIPIO DE LA SIMULACION Y EL FINAL DEL PRIMER Y
C ULTIMO MES SIMULADOS.
C
C DIMENSION H(28,45),HK(28,45),ABC(30),AB(60),ANUM(61)
C INTEGER OUT/5,ICAT(28,45)
C DATA ANUM/ -30, -29, -28, -27, -26, -25, -24, -23, -22,
C * -21, -20, -19, -18, -17, -16, -15, -14, -13, -12,
C * -11, -10, -9, -8, -7, -6, -5, -4, -3, -2, -1, 0,
C * 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14,
C * 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24,
C * 25, 26, 27, 28, 29, 30 /
C WRITE(OUT,10) (I,I=1,NC)
C 10 FORMAT('1',///,2X,'MAPA DEL DESCENSO DE NIVELES ENTRE EL PRINCIPIO
C * DE LA SIMULACION Y EL MES ACTUAL',//,130(' ',//'0',3X,3C(13,1X))
C DO 20 J=1,NR
C DO 30 I=1,NC
C IAB=IFIX(H(I,J)-HK(I,J))+31
C AB(I)=ANUM(IAB)
C IF(ICAT(I,J).EQ.1) AB(I)=ABC(29)
C IF(ICAT(I,J).EQ.2) AB(I)=ABC(28)
C IF(ICAT(I,J).EQ.3) AB(I)=ABC(30)
C 30 CONTINUE
C WRITE(OUT,40) J,(AB(I),I=1,NC)
C 40 FORMAT('0',/' ',13,1X,3C(A3,1X))
C 20 CONTINUE
C *RITE(OUT,50)
C 50 FORMAT('0',////////,4X,'* = MALLA DE BURDE IMPERMEABLE',//,4X,
C * '> = MALLA CON NIVEL CTE.',////////,4X,
C * 'VALGRES POSITIVOS INDICAN QUE EL NIVEL HA SUBIDO')
C RETURN
C END

```

*OPTIONS IN EFFECT*NAME(MAIN) NOOPTIMIZE LINECOUNT(60) SIZE(MAX) AUTODBL(NONE)

*OPTIONS IN EFFECT*SOURCE EBCDIC NOLIST NODECK OBJECT NUMAP NUFORMAT NOGOSTMT NOXREF NOCALL NOANSF TER

STATISTICS SOURCE STATEMENTS = 24, PROGRAM SIZE = 1756, SUBPROGRAM NAME =DESCEN

STATISTICS NO DIAGNOSTICS GENERATED

***** END OF COMPILATION ***** 1288K BYTES OF CORE NOT USED

STATISTICS NO DIAGNOSTICS THIS STEP

