

27  
2ej



**Universidad Nacional Autónoma de México**

**E. N. E. P.      ARAGON**

**PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA RED  
PRIMARIA DE AGUA POTABLE DEL D. F. MEDIANTE  
LA UTILIZACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO**

**TESIS PROFESIONAL**

para obtener el Título de:

**INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A**

**JESUS OROZCO LOPEZ**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**MEXICO, D. F.**

**1988**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I N D I C E

| INTRODUCCION   | PAGINA                                      |
|--|---|
| CAPITULO I   | 3   |
| "DESCRIPCION DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO DEL D.F."                            |   |
| - Diagnóstico de la Situación Actual   | 3   |
| - Fuentes de Abastecimiento de Agua Potable  | 6   |
| - Valle de México  | 8   |
| - Fuentes Superficiales en el Valle de México                                      | 9   |
| - Fuentes Externas al Valle de México  | 9   |
| - Clasificación de las Fuentes de Abastecimiento Operadas por el D.D.F. y la CAVM. | 10  |
| <br>   |   |
| CAPITULO II  | "ANTECEDENTES TEORICOS DEL MODELO ESTATICO" |
| - Antecedentes   | 19  |
| - Desarrollo de Modelos  | 23  |
| A) Modelos Digitales   |   |
| B) Modelo Estático   |   |
| - Listado y Ejemplo del Programa   | 55  |
| Digital Estático   |   |

**CAPITULO III****"PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA  
RED MEDIANTE EL USO DEL MODELO ESTÁTICO****pagina**

|   |   |    |
|---|---|----|
| - | Descripción General del Programa  | 66 |
| - | Descripción de la Red de Agua Potable   | 68 |
| - | Elementos Especiales<br>(Válvulas, Tanques, Dispositivos de Medición)         | 69 |
| - | Predicción del comportamiento de la Red.                                      | 74 |
| - | Zona de bajo Nivel de Servicio.   | 75 |
| - | Descripción de como se simula la Red con los<br>tramos propuestos.            | 76 |
| - | Descripción de como se obtienen las áreas de<br>de influencia de los tanques. | 78 |

**CAPITULO, IV****" RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES"**

|   |  |    |
|---|--|----|
| - | Descripción de como se obtienen las zonas de baja<br>presión en el D.F.              | 82 |
| - | Modificaciones a los archivos que se utilizaron<br>en las simulaciones.              | 83 |
| - | Descripción para el uso del programa   | 85 |
| - | Archivo base Azteca4<br>Simulación 1<br>Simulación 2<br>Simulación 3<br>Simulación 4 | 90 |

**CAPITULO V****" CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES"****132****ANEXO DE PLANOS**

**CAPITULO I**

**DESCRIPCION DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO DEL D.F.**

## INTRODUCCION

La creciente demanda del servicio de agua potable, originada principalmente por el incremento de la población, ha sido necesario ampliar los sistemas de abastecimiento del vital líquido, en las grandes urbes del mundo, han sufrido transformaciones importantes en cuanto a su magnitud, extendiéndose a tal grado que ha complicado las labores de su operación y mantenimiento.

En el Distrito Federal, la distribución de agua potable se realiza mediante 467 km de líneas de conducción de varios diámetros: 555 km de red primaria, compuesta con diámetros que varían entre 50 y 120 cm; y la red secundaria de 12060 km, con diámetros menores a 50 cms. El transporte del agua se efectúa usando 209 km de acueductos, los cuales abastecen a 200 tanques de almacenamiento con capacidad conjunta de 1.5 millones de metros cúbicos. Para llevar el líquido hasta las colonias y poblaciones ubicadas en las partes altas se cuenta con 102 plantas de bombeo distribuidas por toda la ciudad.

Como se mencionó anteriormente, se tiene, en los 5 sistemas (con los que se encuentra dividido el Distrito Federal), un abastecimiento por tanques de regulación o plantas de bombeo, que no suministran, relativamente, gastos constantes ni mantiene cargas permanentes.

Los sistemas de distribución están constituidos por tuberías que trabajan generalmente a presión y a lo largo de las cuales se realizan extracciones parciales y variables en el tiempo.

Por lo anterior, podemos suponer que se trata de sistemas dinámicos y continuamente cambiantes. Además: en las ciudades de los países en desarrollo existen almacenamientos domiciliarios, los cuales suelen amortiguar las variaciones en ciertas condiciones y acentuarlas en otras.

Los ingenieros al enfrentarse a estos problemas tan complicados se han visto obligados a aceptar fuertes simplificaciones, que les permitan elaborar modelos matemáticos que simulen el funcionamiento de los sistemas reales de distribución.

Así, han aceptado que solo existe la red primaria, y que el agua únicamente se extrae de la red o ingresa a ella en los puntos de cruce de tubos o nudos de la misma; también se ha admitido que tanto los gastos de ingreso como de egreso (demandas) no cambian con el tiempo y que están dados por su valor medio a lo largo del día.

Así mismo; tomando en cuenta estas ilusorias suposiciones, los ingenieros calculistas de redes se han enfrentado al problema de constatar si, con ciertos diámetros que se suponen y teniendo en cuenta las cargas y capacidades de entrega de tanques y bombas, es posible suministrar las demandas en los nudos, con cargas compatibles a la topografía de la zona beneficiada. Esta manera de proceder estuvo plenamente justificada en épocas pasadas; en que, no obstante las limitaciones tecnológicas; los ingenieros tuvieron que proporcionar agua potable a las poblaciones que la demandaban. Si en la actualidad se continuara por ese camino resultaría menos justificado, aunque más cómodo.

El modelo matemático tiene por objeto, mostrar algunos de los caminos que se han seguido recientemente, a fin de acercarse un poco a la realidad, y no por la molestia de hacerlo; si no por el convencimiento de que solo así podrán hacer diseños más racionales en sistemas que, como las ciudades modernas, cada vez crecen y se complican más.



**CAPITULO I      DESCRIPCION DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO  
DEL D.F.**

#### A. DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL

La cuenca del valle de México se encuentra situada entre los 19°03'53" y 20°-11'09" de latitud norte y los 98°11'53" y 99°30'24" de longitud oeste. Queda limitada al norte, por las sierras Tezontlalpan y Pachuca; al sur, por las -- sierras de Cuautzín y Chichinautzín; al oriente, por los lomeríos que se desprenden de las sierras de pachuca y envuelven los llanos de Tecocomulco, To-- chac y Apam hasta llegar a la sierra de Calpulalpan, misma que después se une con las sierras de Río Frío y Nevada, y al poniente por las sierras del Ajusco, las Cruces, Monte Alto, Monte Bajo y Tepotztlán.

La superficie de la cuenca es de 9 600 km<sup>2</sup>, comprende extensiones territoriales de diferentes estados, intercalandose con casi la totalidad del Distrito Federal, gran parte de los estados de México e Hidalgo y pequeñas porciones de los estados de Tlaxcala y Puebla.

El Distrito Federal se situa en la parte suroeste de la cuenca del valle de -- México ocupando el 16 por ciento del territorio total de esta, con 1 503 km<sup>2</sup>, de los cuales, 600 km<sup>2</sup> se encuentran totalmente urbanizados. La mayor parte del área urbana se encuentra ubicada en la zona más plana y baja de la cuenca.

En la actualidad para dotar del vital líquido a caso 10.5 millones de habitantes del Distrito Federal se utilizan fuentes superficiales y subterráneas ubicadas dentro y fuera de la cuenca. El caudal superficial se capta de más de 60 manantiales ubicados en la región sur-poniente del D.F. y de la cuenca del río Cutzamala, de donde se bombeo el agua a una altura superior a los 1 100 metros para llegar finalmente a la ciudad; en tanto, el agua subterránea se -- extrae de 1 327 pozos localizados en los valles de México y Lerma. En total, al D.F. ingresan 38 100 litros cada segundo. Promedio anual durante 1986, que

incluye  $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$  de agua residual tratada.

Una vez captada, el agua se transporta a diversos tanques de almacenamiento por medio de 467 km de líneas de conducción.

Posteriormente, de los 202 tanques que actualmente operan con una capacidad conjunta de 1.5 millones de  $\text{m}^3$ , el agua se lleva al usuario mediante una red primaria de 555 km de longitud y otra, secundaria de 12 060 km. Debido a que la superficie del Distrito Federal presenta una topografía irregular, para -- suministrar el líquido a los habitantes de las partes altas se utilizan 102 - plantas de bombeo.

Pero no sólo es importante proporcionar agua en cantidad suficiente, ya que es indispensable que también la calidad sea adecuada, para lo cual se utilizan 244 plantas de cloración y 4 plantas potabilizadoras con capacidad total de  $1.1 \text{ m}^3/\text{s}$  que utilizan procesos físico-químicos para adecuar la calidad del agua cuya verificación se realiza a través de un programa de monitoreo permanente en uno de los laboratorios más modernos de América Latina. Este programa comprende el análisis de más de 40 000 muestras anuales en total a la ciudad.

Para lograr el suministro en forma oportuna y debido a la magnitud del sistema, éste se ha dividido desde el punto de vista operativo y de mantenimiento en cinco subsistemas: norte, centro, sur, oriente y poniente.

Los 38 100 litros por segundo que se consumen en la capital, tienen diversos fines: se estima que  $23.2 \text{ m}^3/\text{s}$  se destinan al uso doméstico,  $4.6 \text{ m}^3/\text{s}$  a las actividades industriales, el comercio y el servicio proporcionados por el seg

tor privado dispone de  $4.6 \text{ m}^3/\text{s}$ , y el caudal restante corresponde al agua destinada a los servicios públicos, así como a las pérdidas de agua por fugas en el sistema de abastecimiento.

Debido a que la demanda seguirá en constante aumento, nuevos proyectos sobre el suministro son estudiados y puestos en marcha. Uno de ellos consiste en adecuar e implementar el uso del agua residual tratada en aquellas actividades que no requieren de calidad potable.

Actualmente existen once plantas de tratamiento de agua residual que aportan  $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$ , las cuales se emplean en el riego de áreas verdes y llenado de lagos.

La expansión futura del sistema será posible al construir nuevas líneas de conducción, tanques de almacenamiento y regulación, redes primarias y secundarias; por lo que se deberá estudiar, planear y organizar cada uno de los futuros proyectos a fin de que efectivamente tiendan a optimizar el servicio.

Fuentes de abastecimiento de agua potable.

Valle de México

Fuentes superficiales en el Valle de México.

#### Manantiales.

Los manantiales son una de las fuentes de abastecimiento con importantes aportaciones a algunas zonas del sur y poniente de la ciudad. Estas fuentes cuentan regularmente con obras de captación desde su afloramiento. El caudal es conducido hasta cajas permanentes de regulación, donde el agua recibe un tratamiento a base de cloro para su potabilización; aunque cabe mencionar que algunas captaciones van directamente a las redes de distribución.

El caudal captado es enviado a diferentes tanques de regulación y en ocasiones a los de las delegaciones Cuajimalpa, Alvaro Obregón, Magdalena Contreras y -- Tlalpan.

Actualmente estos manantiales suman en conjunto más de 60, siendo de los más importantes el manantial del Río Magdalena con una aportación media de 160 -- litros por segundo, que es conducida a la planta potabilizadora del mismo nombre, para ser utilizada en la delegación Magdalena Contreras.

En un periodo de seis meses, de julio de 1984 a enero de 1985, se realizaron -- aforos en dichos manantiales dando como resultado un caudal promedio captado -- de 696 litros por segundo, dichos gastos se muestran en la tabla 1.1.

Del caudal total, en 1985 se estima que la aportación de los manantiales a las redes de distribución fue en promedio de 190 litros por segundo, otra parte no contabilizada fue empleada por los habitantes de las zonas aledañas a los mismos

Cabe mencionar que el periodo de aforo se realizó procurando cubrir parte de la época de lluvia y de estiaje que es cuando algunos de ellos disminuyen considerablemente su caudal.

| DELEGACION     | CAUDAL APORTADO<br>(LPS) |
|----------------|--------------------------|
| CUAJIMALPA     | 235                      |
| ALVARO OBREGON | 73                       |
| M. CONTRERAS   | 261                      |
| TLALPAN        | 127                      |
| T O T A L      | 696                      |

Tabla 1.1 Caudales de manantiales por delegación.

### Fuentes subterráneas en el Valle de México

La principal fuente subterránea de abastecimiento a la ciudad es el acuífero del valle de México y se ha calculado que la extracción de éste en 1985 fue de 31.0 m<sup>3</sup>/s usando para ello 819 pozos municipales y 508 particulares, en el plano No. 1 se muestra su ubicación.

Tomando en cuenta que el gasto total utilizado para el DF es de 38.1 m<sup>3</sup>/s se deduce que es sumamente importante el acuífero del valle de México para el suministro de agua potable, pues constituye el 87% del total utilizado. Como consecuencia de esta extracción, el subsuelo del DF ha presentado asentamientos y con ellos ha originado problemas en la infraestructura de agua potable y alcantarillado, otra de las consecuencias más importantes de la sobreexplotación del acuífero es el deterioro que sufre la calidad del agua subterránea.

Sin embargo, al transcurrir el tiempo y acentuarse la sobreexplotación, se ha extraído agua proveniente de mantos del acuífero que son poco permeables; por ello, este tipo de agua permanece mucho tiempo en contacto con formaciones geológicas, las cuales contienen algunas sustancias que son disueltas por el agua y alteran la calidad química del líquido. Hasta ahora ha sido suficiente potabilizar el agua con plantas cloradoras y solo en algunos casos aislados es necesario dar tratamientos más complejos y con un costo elevado como son los procesos de ozonización.

## Externas al valle de México

### Fuentes superficiales

El sistema Cutzamala es la única fuente superficial esterna de abastecimiento a la ciudad de México, su potencial al concluir el proyecto en sus tres etapas será de  $19 \text{ m}^3/\text{s}$ , del cual el 57% se suministrará al Edo. de México y el resto a la ciudad.

El sistema Cutzamala aportó durante el año de 1986 un gasto promedio anual de  $4.9 \text{ m}^3/\text{s}$ ; se espera que dicha obra se concluya a finales de 1988.

Actualmente las aportaciones de esta fuente son de  $5.5 \text{ m}^3/\text{s}$  en promedio a la ciudad de México.

Los principales problemas que se han presentado por la aportación de este sistema es primeramente la afectación a las 6 plantas hidroeléctricas que forman el sistema Miguel Alemán, ya que la sustitución de la energía generada por las plantas se tendrán que ir haciendo con plantas térmicas en virtud de que no existen aprovechamientos hidroeléctricos cercanos y económicos para dotar de energía a la ciudad de México puesto que los que existen se encuentran en el sureste del país, con cargos de transmisión muy fuertes y no costeables. Segundo, que el costo se va incrementando a medida que la fuente se encuentra más alejada, debido a que es necesario la construcción de obras para lograr vencer un desnivel de 1 100 m aproximadamente.

Otros aspectos críticos son el deterioro del medio ambiente de la zona, el cual afecta el desarrollo agrícola de la misma, así como también a la presa de Valle de Bravo.

Clasificación de fuentes de abastecimiento operadas por el D.D.F.  
y la CAVM.

Fuentes a cargo de D.D.F.

**Sistema Lerma**

Es la primera fuente externa de abastecimiento y desde 1951 aporta agua a la ciudad de México.

Se encuentra ubicado en el Edo. de México cubriendo una extensión de 2250 km<sup>2</sup>, para ello cuenta con 256 pozos que envían su caudal a la ciudad y 92 pozos para riego agrícola del Lerma, contando además con 2 rebombes de agua potable.

Para llevar a cabo el suministro de agua este sistema se divide a su vez en dos subsistemas que son Ixtlahuaca y Villa Carmela (Ver figura 1.4) los cuales benefician a 235 poblaciones.

El caudal aportado durante 1984, 1985 y 1986 fue de 6.88, 6.24 y 5.8 m<sup>3</sup>/s --- respectivamente.

**Sistema Poniente**

Actualmente este sistema cuenta con 25 pozos y varios manantiales, que en conjunto aportan un caudal de 0.55 m<sup>3</sup>/s, para el año 1986 el cual se distribuye por medio de 12.33 km. de red primaria.

Para regular los caudales se tienen 113 tanques con capacidad superior a los 845 000 m<sup>3</sup>, en donde destacan por su capacidad los tanques de Dolores y Aero-club.

El sistema abastece un área de 236 km<sup>2</sup> y comprende las delegaciones de Miguel - Hidalgo, Alvaro Obregón, Magdalena Contreras y Cuajimalpa.

#### Sistema Norte

Este sistema recibe la aportación de 38 pozos ubicados en el Edo. de México a través del Acueducto de Chiconautla y de 34 pozos municipales ubicados en las delegaciones Azcapotzalco y Gustavo A. Madero.

El caudal promedio aportado por este sistema durante 1985, fue de 2.47 m<sup>3</sup>/s.

#### Sistema Sur

Se caracteriza por ser el primer sistema de abastecimiento de agua a la ciudad, ya que inició su operación en los años 1905-1908 con la construcción del acueducto de Xochimilco, que consistió en captar 2.1 m<sup>3</sup>/s de los manantiales La -- Noria, nativitas Santa Cruz y San Luis; posteriormente debido al incremento de la demanda se inició la construcción de nuevos pozos los cuales posteriormente abatieron los manantiales. Actualmente, se cuenta para el suministro con 112 pozos operados por la CAVM de la SARH y por 195 pozos particulares.

Gran número de dichos pozos descargan hacia la planta de bombeo Xotepingo y -- el tanque "Cerro de la Estrella"; además para la regulación de los caudales se cuenta con 118 tanques que tienen una capacidad de regulación de 159 000 m<sup>3</sup> -- aproximadamente. El caudal medio en conjunto que se obtuvo en 1986 de este -- sistema fue de 6.98 m<sup>3</sup>/s de los pozos particulares y de 4.5 m<sup>3</sup>/s de los que -- operan la CAVM.

### **Sistema Centro**

Esta fuente de abastecimiento actualmente está constituida por 105 pozos ubicados en las delegaciones Benito Juárez, Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo, Iztacalco, Venustiano Carranza y Coyoacán; la mayoría de los pozos están conectados a la red secundaria debido a los requerimientos de los habitantes de dichas delegaciones. El caudal suministrado en 1986 fue de  $2.88 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### **Sistema Oriente**

Es el sistema que por su ubicación y las características generales del abastecimiento a la ciudad presenta los mayores problemas para el suministro de agua a los habitantes de la zona; debido a que cuenta con solo 43 pozos y las aportaciones procedentes de los tanques Cerro de la Estrella, por lo que cada vez es más necesario contar con la aportación de alguna fuente externa que puedan incrementar su caudal directamente. El gasto que se extrajo de los pozos durante 1986 fue de  $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### **Pozos Particulares**

Esta aportación está constituida por pozos pertenecientes a la iniciativa privada, que abastecen principalmente al sector industrial y de servicios, los excedentes son proporcionados a la red de distribución. El caudal proporcionado para el año de 1986 por esta fuente fue de  $1.36 \text{ m}^3/\text{s}$  con un total de 554 pozos.

Fuentes a cargo de la Comisión de Aguas del Valle de México  
CAVM.

**Sistema Norte - Barrientos**

Esta localizado en el Estado de México al Norte del Distrito Federal, cuenta con una batería de pozos que conducen el caudal extraído hacia 2 plantas de bombeo - para de ahí trasladarlo a los tanques Chalmite e iniciar la distribución regional. El caudal medio anual fue de  $4.1 \text{ m}^3/\text{s}$  durante 1986.

**Sistema Norte - Risco**

Al igual que el anterior, este sistema cuenta con una batería de pozos ubicados todos ellos en el Estado de México al norte del Distrito Federal; el caudal que se extrae es conducido directamente a la ciudad de México. El gasto medio anual proporcionado durante el año de 1986 fue de  $0.7 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Sistema Pozos del Sur.**

Este sistema denominado Sistema Tláhuac-Nezahualcóyotl, también es operado por la CAVM de la SARH y se encuentra localizado al sureste de la ciudad. Está -- conformado por 112 pozos que en conjunto aportaron durante, 1977 un caudal de  $5.1 \text{ m}^3/\text{s}$ , el cual se envía normalmente por un sistema de conducción conectado a los acueductos Xochimilco, Chalco Xochimilco (Técómitl-La Estrella) y Xochimilco - Xotepingo.

**Sistema Cutzamala**

Esta fuente de agua potable se localiza en la cuenca del Río Balsas, en el -- Estado de México y es la fuente externa actual de más importancia. Su desa-

rrollo se hará en tres etapas, de las cuales, las dos primeras se encuentran --  
actualmente en operación.

La distribución del caudal aportado por cada etapa se llevará a cabo en función del acuerdo publicado en el Diario Oficial del 22 de junio de 1982, donde se especifica que "La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos entregará - en bloque al Gobierno del Distrito Federal y al del Estado de México, los caudales de agua en litros por segundo, provenientes del Sistema Cutzamala que -- serán distribuidos en la forma siguiente: De la primera etapa se entregarán dos metros cúbicos por segundo al Gobierno del Distrito Federal y dos metros cúbicos por segundo, al Gobierno del Estado de México, y en las subsecuentes etapas la entrega de los caudales se hará de acuerdo con el crecimiento de la población - de conformidad con el cuadro que a continuación se describe".



## CAUDALES EN LITRO POR SEGUNDO

|                  | A) Presa<br>Villa<br>Victoria | B) Presa<br>Chileado | B) Presa<br>Valle<br>de Bravo | C) Presa<br>Colorines | TOTAL         | Porcentaje  |
|------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------|-------------|
| Estado de México | 2000                          | 571                  | 3629                          | 4656                  | 10 858        | 57%         |
| Distrito Federal | 2000                          | 429                  | 2471                          | 3242                  | 8 142         | 43%         |
|                  | <u>4000</u>                   | <u>1000</u>          | <u>6100</u>                   | <u>7900</u>           | <u>19 000</u> | <u>100%</u> |

A) Primera Etapa

b) Segunda Etapa

c) Tercera Etapa

El desarrollo de las etapas de esta obra ha sido de la siguiente manera:

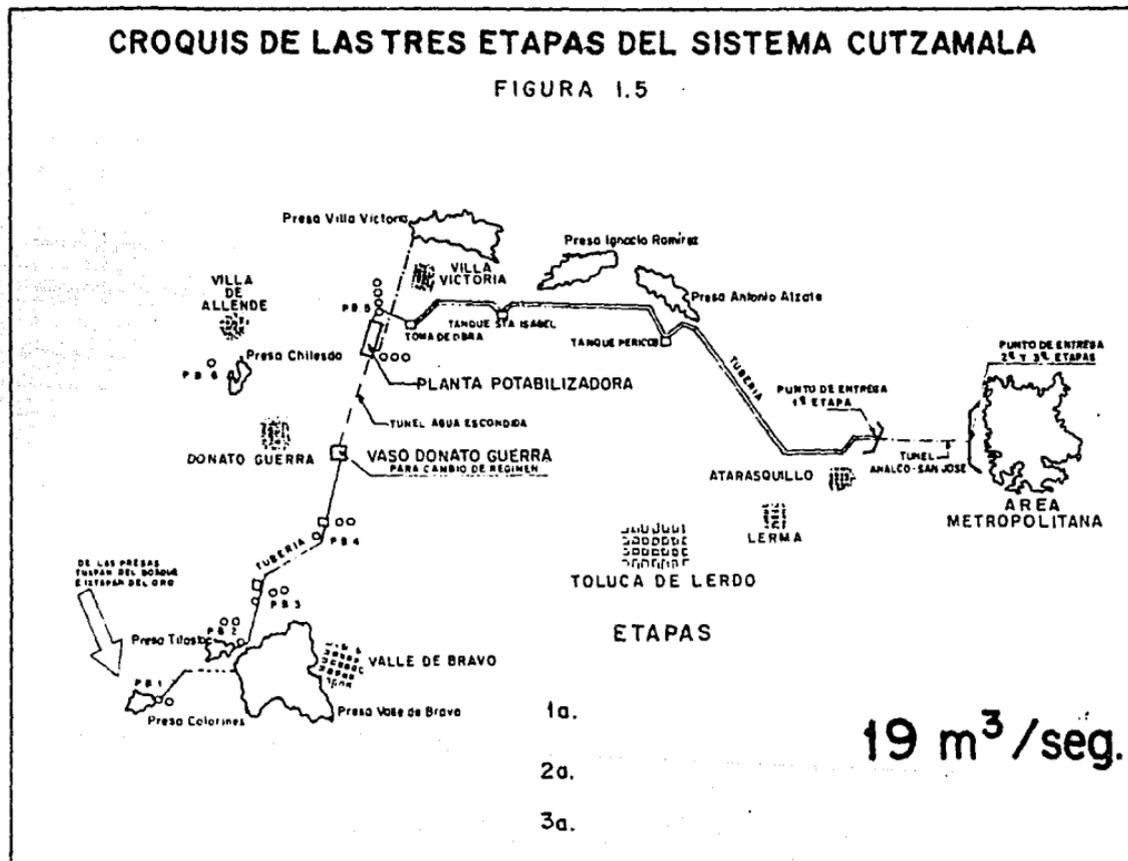
| Año  | Aportación anual promedio<br>al Distrito Federal (l/s) |
|------|--|
| 1982 |  |
| 1983 |  |
| 1984 | 2 405  |
| 1985 | 3 500  |
| 1986 | 5 500  |

En las figuras 1.5 y 1.6 se muestran los esquemas de planta y perfil del sistema Cutzamala. Asimismo en las tablas 1.7 y 1.8 se presenta un resumen de las principales fuentes de abastecimiento y algunas de sus características; en la tabla. 1.9 se puede apreciar el porcentaje que cada sistema aporta.

Por otra parte en la figura 1.10 muestra la evolución mensual de las fuentes de suministro de agua potable a la ciudad de México, para el período de enero a diciembre de 1985. Como se puede observar existe una disminución en las extracciones al acuífero de la ciudad de México, la cual se presenta en cada uno de los sistemas.

# CROQUIS DE LAS TRES ETAPAS DEL SISTEMA CUTZAMALA

FIGURA 1.5



# PERFIL DEL SISTEMA CUTZAMALA

FIGURA 1.6

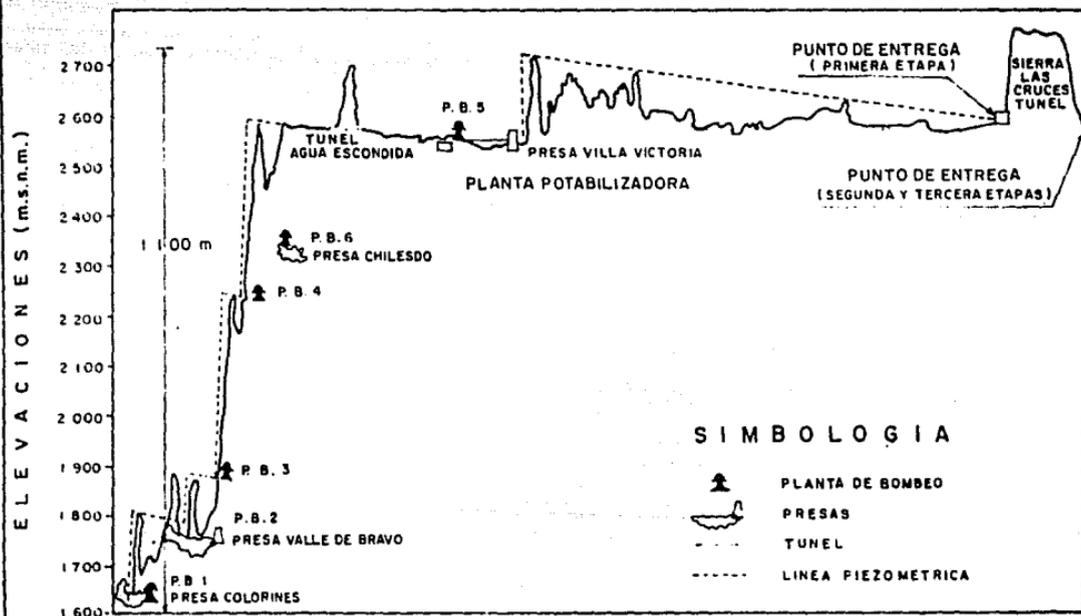


TABLA 1.7

(1)  
GASTOS APORTADOS EN 1985, POR LOS SISTEMAS OPERADOS POR LA DGCOH

| FUENTES DE<br>ABASTECIMIENTO | CAUDAL MEDIO ANUAL<br>(M <sup>3</sup> /S) |               | NUMERO DE POZOS |             |
|------------------------------|---|---------------|-----------------|-------------|
|                              |   |               | EN OPERACION    | TOTAL       |
|                              | <u>1985</u>                               | <u>1986</u>   |                 |             |
| Sistema Lerma                | 6.240                                     | 5.796         | 198             | 260         |
| Sistema Poniente             | 0.568                                     | 0.542         | 21              | 23          |
| Aguas Superficiales          | 0.18                                      | 0.542         |                 |             |
| Sistema Norte<br>Chiconautla | 1.54                                      | 1.506         | 37              | 39          |
| Sistema Norte<br>Atz.-GAM    | 1.05                                      | 0.906         | 27              | 35          |
| Sistema Sur                  | 5.332                                     | 6.918         | 163             | 196         |
| Sistema Centro               | 2.928                                     | 2.858         | 101             | 112         |
| Sistema Oriente              | 1.538                                     | 1.305         | 30              | 43          |
| Pozos Particulares           | 1.336                                     | 1.353         | 564             | 554         |
| Manantiales                  | 0.290                                     | 0.613         |                 |             |
| <b>TOTAL</b>                 | <b>21,002</b>                             | <b>21,861</b> | <b>1131</b>     | <b>1261</b> |

(\* Fuente: Información diaria de Caudales de  
abastecimiento, U. Estatal. de  
Información. 1985 ).

(1) DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACCION HIDRAULICA

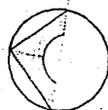
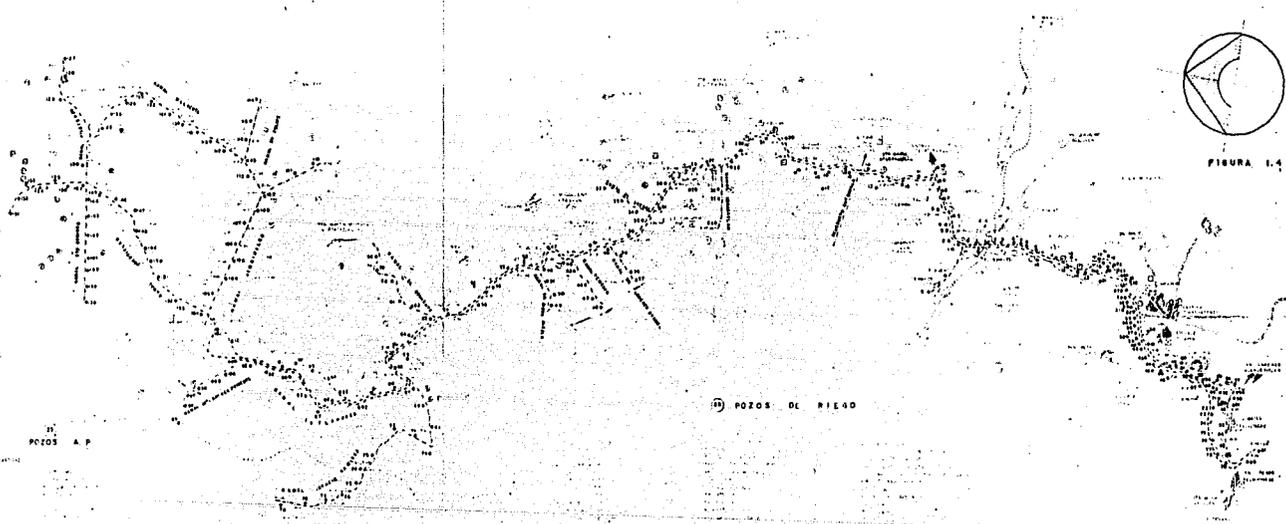


FIGURA 1-4



12 BOMBOS A P POZOS A P

| BOMBOS A P | POZOS A P |
|------------|-----------|
| 1          | 1         |
| 2          | 2         |
| 3          | 3         |
| 4          | 4         |
| 5          | 5         |
| 6          | 6         |
| 7          | 7         |
| 8          | 8         |
| 9          | 9         |
| 10         | 10        |
| 11         | 11        |
| 12         | 12        |
| 13         | 13        |
| 14         | 14        |
| 15         | 15        |
| 16         | 16        |
| 17         | 17        |
| 18         | 18        |
| 19         | 19        |
| 20         | 20        |
| 21         | 21        |
| 22         | 22        |
| 23         | 23        |
| 24         | 24        |
| 25         | 25        |
| 26         | 26        |
| 27         | 27        |
| 28         | 28        |
| 29         | 29        |
| 30         | 30        |
| 31         | 31        |
| 32         | 32        |
| 33         | 33        |
| 34         | 34        |
| 35         | 35        |
| 36         | 36        |
| 37         | 37        |
| 38         | 38        |
| 39         | 39        |
| 40         | 40        |
| 41         | 41        |
| 42         | 42        |
| 43         | 43        |
| 44         | 44        |
| 45         | 45        |
| 46         | 46        |
| 47         | 47        |
| 48         | 48        |
| 49         | 49        |
| 50         | 50        |
| 51         | 51        |
| 52         | 52        |
| 53         | 53        |
| 54         | 54        |
| 55         | 55        |
| 56         | 56        |
| 57         | 57        |
| 58         | 58        |
| 59         | 59        |
| 60         | 60        |
| 61         | 61        |
| 62         | 62        |
| 63         | 63        |
| 64         | 64        |
| 65         | 65        |
| 66         | 66        |
| 67         | 67        |
| 68         | 68        |
| 69         | 69        |
| 70         | 70        |
| 71         | 71        |
| 72         | 72        |
| 73         | 73        |
| 74         | 74        |
| 75         | 75        |
| 76         | 76        |
| 77         | 77        |
| 78         | 78        |
| 79         | 79        |
| 80         | 80        |
| 81         | 81        |
| 82         | 82        |
| 83         | 83        |
| 84         | 84        |
| 85         | 85        |
| 86         | 86        |
| 87         | 87        |
| 88         | 88        |
| 89         | 89        |
| 90         | 90        |
| 91         | 91        |
| 92         | 92        |
| 93         | 93        |
| 94         | 94        |
| 95         | 95        |
| 96         | 96        |
| 97         | 97        |
| 98         | 98        |
| 99         | 99        |
| 100        | 100       |

10 POZOS DE RIEGO

13 EQUIPOS ESPECIALES

|     |
|-----|
| 1   |
| 2   |
| 3   |
| 4   |
| 5   |
| 6   |
| 7   |
| 8   |
| 9   |
| 10  |
| 11  |
| 12  |
| 13  |
| 14  |
| 15  |
| 16  |
| 17  |
| 18  |
| 19  |
| 20  |
| 21  |
| 22  |
| 23  |
| 24  |
| 25  |
| 26  |
| 27  |
| 28  |
| 29  |
| 30  |
| 31  |
| 32  |
| 33  |
| 34  |
| 35  |
| 36  |
| 37  |
| 38  |
| 39  |
| 40  |
| 41  |
| 42  |
| 43  |
| 44  |
| 45  |
| 46  |
| 47  |
| 48  |
| 49  |
| 50  |
| 51  |
| 52  |
| 53  |
| 54  |
| 55  |
| 56  |
| 57  |
| 58  |
| 59  |
| 60  |
| 61  |
| 62  |
| 63  |
| 64  |
| 65  |
| 66  |
| 67  |
| 68  |
| 69  |
| 70  |
| 71  |
| 72  |
| 73  |
| 74  |
| 75  |
| 76  |
| 77  |
| 78  |
| 79  |
| 80  |
| 81  |
| 82  |
| 83  |
| 84  |
| 85  |
| 86  |
| 87  |
| 88  |
| 89  |
| 90  |
| 91  |
| 92  |
| 93  |
| 94  |
| 95  |
| 96  |
| 97  |
| 98  |
| 99  |
| 100 |

RESUMEN SIMBOLOGIA

| RESUMEN | SIMBOLOGIA |
|---------|------------|
| 1       | 1          |
| 2       | 2          |
| 3       | 3          |
| 4       | 4          |
| 5       | 5          |
| 6       | 6          |
| 7       | 7          |
| 8       | 8          |
| 9       | 9          |
| 10      | 10         |
| 11      | 11         |
| 12      | 12         |
| 13      | 13         |
| 14      | 14         |
| 15      | 15         |
| 16      | 16         |
| 17      | 17         |
| 18      | 18         |
| 19      | 19         |
| 20      | 20         |
| 21      | 21         |
| 22      | 22         |
| 23      | 23         |
| 24      | 24         |
| 25      | 25         |
| 26      | 26         |
| 27      | 27         |
| 28      | 28         |
| 29      | 29         |
| 30      | 30         |
| 31      | 31         |
| 32      | 32         |
| 33      | 33         |
| 34      | 34         |
| 35      | 35         |
| 36      | 36         |
| 37      | 37         |
| 38      | 38         |
| 39      | 39         |
| 40      | 40         |
| 41      | 41         |
| 42      | 42         |
| 43      | 43         |
| 44      | 44         |
| 45      | 45         |
| 46      | 46         |
| 47      | 47         |
| 48      | 48         |
| 49      | 49         |
| 50      | 50         |
| 51      | 51         |
| 52      | 52         |
| 53      | 53         |
| 54      | 54         |
| 55      | 55         |
| 56      | 56         |
| 57      | 57         |
| 58      | 58         |
| 59      | 59         |
| 60      | 60         |
| 61      | 61         |
| 62      | 62         |
| 63      | 63         |
| 64      | 64         |
| 65      | 65         |
| 66      | 66         |
| 67      | 67         |
| 68      | 68         |
| 69      | 69         |
| 70      | 70         |
| 71      | 71         |
| 72      | 72         |
| 73      | 73         |
| 74      | 74         |
| 75      | 75         |
| 76      | 76         |
| 77      | 77         |
| 78      | 78         |
| 79      | 79         |
| 80      | 80         |
| 81      | 81         |
| 82      | 82         |
| 83      | 83         |
| 84      | 84         |
| 85      | 85         |
| 86      | 86         |
| 87      | 87         |
| 88      | 88         |
| 89      | 89         |
| 90      | 90         |
| 91      | 91         |
| 92      | 92         |
| 93      | 93         |
| 94      | 94         |
| 95      | 95         |
| 96      | 96         |
| 97      | 97         |
| 98      | 98         |
| 99      | 99         |
| 100     | 100        |

14 POZOS DE RIEGO

ESCALE GRAFICA

|   |                |
|---|----------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO |                |
| INGENIERIA CIVIL                        | JOSUE GONZALEZ |
| ENEP ANASHON                            | JOSUE GONZALEZ |
| SISTEMA LERMA                           |                |
| PROYECTO GENERAL                        |                |
| MUESTRA ESTADISTICA                     |                |



**TABLA 1.8 FUENTES DE ABASTECIMIENTO CONTROLADOS POR LA COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO (CAVM).**

|                             | CAUDAL MEDIO ANUAL (M <sup>3</sup> /S) |              |               |
|-----------------------------|--|--------------|---------------|
|                             | CEAS (EDO. MEX.) B F                   |              |               |
|                             | <u>1985</u>                            | <u>1985</u>  | <u>1986</u>   |
| SISTEMA NORTE<br>BARRIENTOS | 0.00                                   | 4.20         | 4.088         |
| SISTEMA NORTE<br>RISCO      | 0.45                                   | 0.90         | 0.419         |
| SISTEMA POZOS<br>DEL SUR    | 0.00                                   | 4.90         | 4.925         |
| SISTEMA<br>CUTZAMALA        | 1.00                                   | 3.50         | 4.885         |
| <b>T O T A L</b>            | <b>1.45</b>                            | <b>13.40</b> | <b>14.317</b> |

( Fuente: Información diaria de caudales de las fuentes de abastecimiento, U. Deptal. de información ).

TABLA 1.9 PORCENTAJES DEL CAUDAL SUMINISTRADO

| FUENTES DE ABASTECIMIENTO          | PORCENTAJE DEL CAUDAL ABASTECIDO (%) |               |
|------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
|                                    | <u>1985</u>                          | <u>1986</u>   |
| SISTEMA LERMA                      | 18.2                                 | 16.1          |
| SISTEMA PONIENTE                   | 1.6                                  | 1.50          |
| AGUAS SUPERFICIALES                | 0.5                                  | 1.50          |
| SISTEMA NORTE - CHICHAUTLA         | 4.5                                  | 4.16          |
| ATZ - G.A.M.                       | 3.0                                  | 2.75          |
| SISTEMA SUR                        | 15.6                                 | 19.11         |
| SISTEMA CENTRO                     | 8.6                                  | 7.89          |
| SISTEMA ORIENTE                    | 4.5                                  | 3.61          |
| POZOS PARTICULARES                 | 4.0                                  | 3.74          |
| MANANTIALES                        | 0.8                                  | 1.69          |
| SUBTOTAL                           | 61.3                                 | 60.46         |
| CAVM - SARH                        |                                      |               |
| SISTEMA NORTE - BARRIENTOS Y RISCO | 14.3                                 | 12.45         |
| SISTEMA POZOS DEL SUR              | 14.3                                 | 13.60         |
| SISTEMA CUTZAMALA                  | 10.1                                 | 13.49         |
| SUBTOTAL                           | <u>38.7</u>                          | <u>39.54</u>  |
| <b>TOTAL</b>                       | <b>100.00</b>                        | <b>100.00</b> |

## CAPITULO II

### ANTECEDENTES TEORICOS DEL MODELO ESTATICO

## 2.- ANTECEDENTES

El conocimiento de las leyes físicas que gobiernan el comportamiento hidráulico en las redes de distribución, ha hecho posible que se desarrollen modelos matemáticos para su estudio.

En el caso particular de un modelo matemático aplicado a un sistema de distribución, este generalmente se reduce a encontrar la solución de un sistema de ecuaciones, lo cual resultaba tedioso y complicado hasta antes de la aparición de las computadoras digitales y analógicas. En la actualidad, aprovechando los poderosos sistemas de cómputo, se han desarrollado diversos programas para la solución de los sistemas de ecuaciones; además, se están tratando de implementar modelos del tipo analógico y físico; para que, mediante el uso de la electrónica o la similitud física, sea posible cumplir con el objetivo principal, de dotar al ingeniero de elementos que le permitan conocer el comportamiento hidráulico de los sistemas de distribución de agua potable; esto, para hacer un mejor uso de la infraestructura existente y planificar la futura.

La evolución de los modelos digitales ha sido constante desde que apareció el modelo estático aplicado al estudio de la red de agua potable D.F. en el Instituto de Ingeniería en 1970, por González y Capella (Ref. 1). A partir de entonces, se han logrado avances en los métodos de solución de los sistemas de ecuaciones para hacerlos converger a una mayor velocidad. Asimismo, los esfuerzos realizados entre los años 1950 y 1970, al aplicarse las analogías eléctricas en el diseño de redes para transmisión de energía eléctrica, cálculo de perfiles de presión en tanques de oscilación y predicción de avenidas, entre otros parecían haber sido olvidados por el gran avance de las computadoras digitales, sin embargo

En años recientes tratando de aprovechar las computadoras analógicas para el análisis de redes, se han realizado estudios en los que se han logrado notables avances que avivan las investigaciones para descubrir las ventajas de los modelos analógicos, aplicados en redes de distribución de gran tamaño.

La complejidad del comportamiento de los fluidos, bajo ciertas condiciones y consecuentemente la limitación para analizarlos, restringen la aplicación de ecuaciones, sólo a ciertas situaciones. Este hecho hace que al investigador amplie su gama de opciones de estudio, y son precisamente los métodos de similitud y semejanza física, las herramientas con las que cuenta el ingeniero.

El método de experimentación directa para redes de distribución está en sus inicios y en forma general presenta grandes dificultades, ya que los estudios realizados aún no reportan resultados satisfactorios.

MODELOS UTILIZADOS EN LA RED PRIMARIA

DIGITAL

- . ESTATICO
- . OFRECE BUENOS RESULTADOS A NIVEL CUALITATIVO
- . SE BUSCA CALIBRACION CON INFORMACION REAL
- . DINAMICO EN ETAPA DE CALIBRACION SIN RESULTADOS SATISFACTORIOS

FISICOS

- . SE ESTA PROBANDO LA FACTIBILIDAD TECNICA DEL MODELO
- . ES MUY LENTO EL PROCESO DE INVESTIGACION

## PROBLEMATICA DE LA MODELACION

| LONGITUD DE LA CONDUCCION                          | INGRESOS             | INFRAESTRUCTURA  |
|--|----------------------|--|
| -ACUEDUCTOS 209 km<br>( 183 a 250 cms.)            | 9                    | - 593 POZOS DE LA RED  |
| -LINEAS DE CONDUCCION 467 km<br>(Varios Diámetros) |                      | - 508 POZOS PARTICULARES   |
| -PRIMARIA: 555 km<br>(50 a 120 cms.)               |                      | - 500 VALVULAS DE LA<br>RED PRIMARIA                                   |
| -SECUNDARIA: 12 060 km<br>(Menores de 50 cms.)     | REGULACION ADICIONAL | - 202 TANQUES DE<br>ALMACENAMIENTO<br>(Capacidad conjunta<br>1.5 M m3) |
|  |                      | - 102 PLANTAS DE BOMBEO  |

CASI 2 MILLONES DE TANQUES Y CISTERNAS

**DESARROLLO DE MODELOS**

- a) **MODELOS DIGITALES**
- b) **MODELO ESTÁTICO**

Los primeros modelos digitales utilizados para el análisis de redes de distribución, se conocieron como "Estáticos", debido a que las características hidráulicas de la red no consideran variaciones en el tiempo.

La solución a una red estática se basa en los principios de continuidad y conservación de la energía. Esta se realiza al establecer la ecuación de continuidad en las uniones de los tubos, formándose un sistema de ecuaciones lineales simultáneas en función de los gastos que circulan en los conductos; sin embargo al aplicar el principio de conservación de la energía a cada tubo, el sistema de ecuaciones se vuelve no lineal y queda expresado en términos de niveles piezométricos.

Para calcular las redes estáticas se han propuesto distintos métodos que se pueden dividir en dos grupos: uno que está integrado por procedimientos para evitar el sistema de ecuaciones no lineales, como los de Cross, McCormick y Bellamy, y el otro por aquellos que, apoyados por computadora, resuelven dicho sistema; entre ellos, los de J. Wood, Jeppeson y Davis, González y Capella.

El método empleado en el presente trabajo, está enfocado a linealizar las ecuaciones que están expresadas en términos de niveles piezométrico, con ayuda del desarrollo de diferencias finitas.

El funcionamiento de una red se define por el nivel piezométrico (energía disponible) en las uniones de la tubería y el gasto que fluye en cada tubo; para calcularlo se necesitan conocer previamente los gastos que entran o salen de la red y al menos un nivel piezométrico.

Mediante este modelo "Estático" se estudia el funcionamiento de la red en el instante en que se establecen condiciones promedio; por lo tanto, el problema consiste en determinar los gastos en cada uno de los conductos y los niveles piezométricos en cada uno de los nudos de la red. Para lograrlo, como se mencionó anteriormente, se lleva a cabo la aplicación de los principios de conservación de energía y continuidad.

#### Ecuación de conservación de energía

Para redes de distribución en donde cada tubo de la red tiene diámetro constante, el principio de conservación de la energía, se reduce a expresar la diferencia de nivel piezométrico entre los extremos de un tubo k por la ecuación.

$$h_{s,k} - h_{i,k} = C_K \left| Q_K^{m-1} \right| Q_K \quad (2.1)$$

donde:

$h_{s,k}$  y  $h_{i,k}$  son los niveles piezométricos en los extremos s e i del tubo k respectivamente

$C_K$  es el coeficiente que toma en cuenta la rugosidad, el diámetro y la longitud del tubo k, (Ver tabla 3.1)

$Q_K$  es el gasto que fluye en el tubo j (el valor absoluto sirve para tomar en cuenta que la fuerza de fricción se opone al sentido del flujo)

m exponente que depende de la ecuación de pérdida de carga empleada (Ver tabla C)

TABLA C

| Ecuación       | C                                    | m |   |
|----------------|--------------------------------------|---|---|
| Darcy-Weisbach | $0.0826 \frac{f_k l_k}{(d_k)^5}$     | 2 | A |
| Manning        | $10.2936 \frac{L_k n_k}{d_k^{16/3}}$ | 2 | B |

donde;

$f_k$  coeficiente de rugosidad (Darcy-Weisbach)

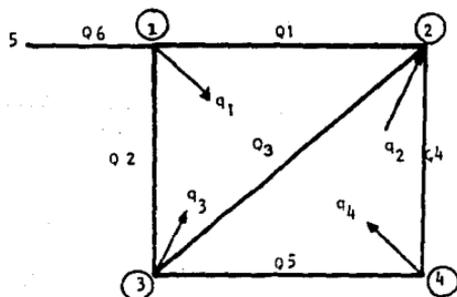
$n_k$  coeficiente de rugosidad (Manning)

$L_k$  longitud del tramo

$d_k$  diámetro del tubo

Ecuación de continuidad

$$Q_k + q_i = C$$



Red de tubos

Suponiendo que los gastos ( $Q$ ) dentro de la red tienen la distribución que se muestra en la figura 2.2, al aplicar la ecuación de continuidad para cada nudo se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$- Q_1 - Q_2 + Q_6 = q_1 \quad (2.2)$$

$$Q_1 - Q_3 - Q_4 = -q_2$$

$$Q_2 + Q_3 - Q_5 = q_3$$

$$Q_5 + Q_4 = q_4$$

En forma general, el sistema de ecuaciones 2.2 se escribe:

$$\sum_k Q_k = q_i \quad \text{Ec. de continuidad} \quad (2.3)$$

donde la suma se hace para todos los tubos  $K$  conectados al nudo  $i$ .

Nota.  $q_i$  = gasto de demanda en el nudo

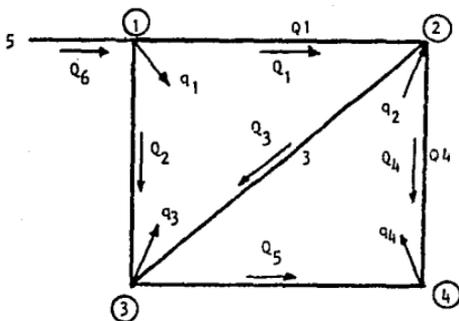


Fig. 2.2 Red de tubos con distribución de gastos supuesta.

Planteamiento al problema.

A fin de cumplir los principios anteriores, cada gasto  $Q_k$  se expresa en términos de niveles piezométricos mediante la ecuación 2.1, sustituyendo en la ecuación (2.3). En el caso de la red de la figura 2.2 se llega a :

$$h_{s,k} - h_{i,k} = C_k [Q_k^{m-1}]$$

Despejando :

$$Q_k^m = \frac{1}{C_k} [h_{s,k} - h_{i,k}]$$

Para cada tramo queda:

$$Q_k = \frac{1}{C_k} [h_{s,k} - h_{i,k}]^{1/m}$$

Para el caso de la red:

$$-\frac{1}{C_1} [(h_1 - h_2)]^{1/m} - \left[ \frac{1}{C_2} (h_1 - h_3) \right]^{1/m} + \left[ \frac{1}{C_6} (h_5 - h_1) \right]^{1/m} = q_1$$

$$\frac{1}{C_1} [(h_2 - h_1)]^{1/m} - \left[ \frac{1}{C_3} (h_2 - h_3) \right]^{1/m} - \left[ \frac{1}{C_4} (h_2 - h_4) \right]^{1/m} = q_2 \quad (A)$$

$$\frac{1}{C_2} [(h_1 - h_3)]^{1/m} + \left[ \frac{1}{C_3} (h_2 - h_3) \right]^{1/m} - \left[ \frac{1}{C_5} (h_3 - h_4) \right]^{1/m} = q_3$$

$$\frac{1}{C_5} [(h_3 - h_4)]^{1/m} + \left[ \frac{1}{C_4} (h_2 - h_4) \right]^{1/m} = q_4$$

Para obtener un nivel piezométrico de referencia, se acepta que en el nudo 5 el nivel piezométrico es conocido, suponiéndose un tanque con carga constante, en forma general, el sistema anterior se escribe:

$$\sum_i F(h) = q_i \quad (2.5)$$

Donde la suma es para todos los tubos (k) conectados al nudo i, donde  $f(h)$  es una función no lineal de los niveles piezométricos en los nudos de estos tubos.

La solución de la red estática consiste entonces en encontrar los valores de h que satisfagan simultáneamente el sistema de ecuaciones no lineales.

#### Método propuesto

Debido a la dificultad que implica resolver un sistema no lineal y en virtud de que se desea disponer de un método que también resuelva eficientemente redes con más de 100 ecuaciones, se propone un procedimiento iterativo de solución que se basa en hacer lineales el sistema de ecuaciones (A) ó es decir también la ecuación 2.1

Se estableció que, utilizando esquemas sencillos de diferencias finitas que parten de la función  $f(Q_k)$ , se tiene que:

$$f(Q_k + \Delta Q_k) = f(Q_k) + f'(Q_k) \Delta Q_k + f''(Q_k) (\Delta Q_k)^2 + \theta (Q_k)^3$$

(serie de Taylor) (2.6)

Si:

$$(Q_k^{j-1}) = Q_k^j; \Delta Q_k = Q_k^j - (Q_k^{j-1})^{j-1}; Q_k^j = (Q_k + \Delta Q_k); f''(Q_k) (\Delta Q_k)^2 \approx 0$$

Entonces la ecuación (2.6) se escribe:

$$f(Q_k^j) = f(Q_k^{j-1}) + f'(Q_k^{j-1}) (Q_k^j - Q_k^{j-1}) \quad \dots \quad (2.7)$$

Si la función f corresponde para el caso en que  $n_{s,k} > n_{i,k}$  se tiene:

$$f(Q_k) = C_k Q_k^m \quad \dots \quad (2.8)$$

$$f'(Q_k) = m C_k Q_k^{m-1} \quad \dots \quad (2.9)$$

Al sustituir estas últimas en la ecuación 2.7 tendremos:

$$f(Q_k^j) = C_k (Q_k^{j-1})^m + mC_k \left[ (Q_k^{j-1})^{m-1} \right] (Q_k^j - Q_k^{j-1}) \quad \text{--- (2.10)}$$

Desarrollando el producto se tiene:

$$f(Q_k^j) = C_k (Q_k^{j-1})^m - mC_k (Q_k^{j-1})^m + mC_k (Q_k^{j-1})^{m-1} (Q_k^j)$$

Despejando  $Q_k^j$  se llega a:

$$Q_k^j = \frac{f(Q_k^j)}{mC_k (Q_k^{j-1})^{m-1}} + \frac{(m-1)}{m} Q_k^{j-1}; \text{ si } f(Q_k^j) = (h_{s,k}^j - h_{i,k}^j)$$

Se tiene

$$Q_k^j = \frac{h_{s,k}^j - h_{i,k}^j}{mC_k (Q_k^{j-1})^{m-1}} + \frac{(m-1)}{m} Q_k^{j-1} \quad \text{--- (2.11)}$$

Para el caso de  $h_{s,k}^j > h_{i,k}^j$  se puede tomar en cuenta al considerar en lugar de la ecuación 2.11 la siguiente ecuación:

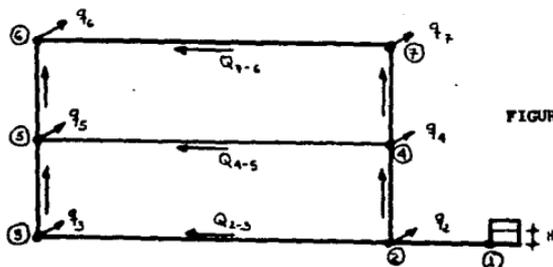
$$Q_k^j = \alpha_k^{j-1} (h_{s,k}^j - h_{i,k}^j) + \gamma_k^{j-1}$$

Siendo

$$\alpha_k^{j-1} = \frac{1}{mC_k (Q_k^{j-1})^{m-1}} \quad \text{--- (2.13)}$$

$$\gamma_k^{j-1} = \frac{(m-1)}{m} Q_k^{j-1} \quad \text{--- (2.14)}$$

Tomando los datos de la red del ejemplo de la figura B se presenta la secuencia manual de la obtención de gastos para una primera iteración.



| TUBO | DEL NUDO | AL NUDO | LONGITUD (m) | DIAMETRO   |
|------|----------|---------|--------------|------------|
| 1-2  | 1        | 2       | 1 000        | 1.21 (48") |
| 2-3  | 2        | 3       | 1 500        | 1.21 (48") |
| 2-4  | 2        | 4       | 2 000        | 1.21 (48") |
| 3-5  | 3        | 5       | 1 000        | 1.21 (48") |
| 4-5  | 4        | 5       | 2 500        | 1.21 (48") |
| 4-7  | 4        | 7       | 900          | 1.21 (48") |
| 5-6  | 5        | 6       | 800          | 1.21 (48") |
| 7-6  | 7        | 6       | 1 500        | 1.21 (48") |

| TRAMO | Q (PROPUESTO m <sup>3</sup> /s) | NUDO | COTA TOPOGRAFICA (m) | q (DEMANDA) |
|-------|---------------------------------|------|----------------------|-------------|
| 1-2   | 3.00                            | 1    | 2 290.00             | 0.000       |
| 2-3   | 1.4                             | 2    | 2 288.00             | 0.10        |
| 2-4   | 1.5                             | 3    | 2 280.00             | 0.10        |
| 3-5   | 1.3                             | 4    | 2 278.00             | 0.7         |
| 4-5   | 0.4                             | 5    | 2 265.00             | 0.10        |
| 4-7   | 0.4                             | 6    | 2 270.00             | 1.9         |
| 5-6   | 1.6                             | 7    | 2 280.00             | 0.1         |
| 7-6   | 0.3                             |      |                      |             |

Suponiendo un material de acero soldado se tiene un coeficiente de Manning de 0.011 a 0.014

$$n = 0.014$$

De la ecuación:

$$F = ma$$

$$\Delta \bar{P} - \bar{F} = ma$$

Y en función de continuidad

$$\Delta \bar{P} - \bar{F} = \frac{m}{A} \left( \frac{Q}{t} \right) \quad A \text{ : área}$$

$$z = \gamma R_{sf} \quad Sf = \frac{z}{R}$$

$$Sf = \frac{hf}{L}$$

$$hf = C Q^2 \quad Q^2 = \frac{hf}{C}$$

De la ecuación de Manning.

$$Q = \frac{A}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad ; \quad A = \frac{D^2}{4}$$

$$Q = \frac{\sqrt{D}^{2/4}}{2} (D/4)^{2/3} (hf/L)^{1/2}$$

Elevando al cuadrado

$$Q^2 = 0.6166 \frac{D^4}{h^2} (D/4)^{4/3} (hf/L)$$

de:  $hf = C Q^2$

$$\frac{hf}{C} = 0.097108 \frac{D^{16/3}}{L^2} \quad \frac{hf}{L}$$

Reduciendo:

$$\frac{L}{C} = 0.097108 \frac{D^{16/3}}{L^2}$$

$$C = \frac{L}{0.097108 \frac{D^{16/3}}{L^2}} = \frac{L^3}{0.09718 D^{16/3}} = \frac{10.2936 L^2}{D^{16/3}}$$

$$C = 10.2936 \frac{L^2}{D^{16/3}}$$

Sustituyendo los datos en la ecuación:

$$C = 10.2936 \left[ \frac{2}{k} \frac{L}{D_k^{16/3}} \right] \quad D = \text{DIAMETRO}$$

$$C_{1-2} = 10.2936 \left[ \frac{(0.014)^2 (1000)}{(1.21)^{16/3}} \right] ; C_{1-2} = 0.7299$$

$$C_{2-3} = 10.2936 \left[ \frac{(0.014)^2 (1500)}{(1.21)^{16/3}} \right] ; C_{2-3} = 1.0949$$

$$C_{2-4} = 10.2936 \left[ \frac{(0.014)^2 (2000)}{(1.21)^{16/3}} \right] ; C_{2-4} = 1.4599$$

$$C_{3-5} = 10.2936 \left[ \frac{(0.014)^2 (1000)}{(1.21)^{16/3}} \right] ; C_{3-5} = 0.7299$$

$$C_{4-5} = 10.2936 \left[ \frac{(0.014)^2 (2500)}{(1.21)^{16/3}} \right] ; C_{4-5} = 1.8249$$

$$C_{4-7} = 10.2936 \left[ \frac{(0.014)^2 (900)}{(1.21)^{16/3}} \right] ; C_{4-7} = 0.6569$$

$$C_{5-6} = 10.2936 \left[ \frac{(0.014)^2 (800)}{(1.21)^{16/3}} \right] ; C_{5-6} = 0.5839$$

$$C_{7-6} = 10.2936 \left[ \frac{(0.014)^2 (1500)}{(1.21)^{16/3}} \right] ; C_{7-6} = 1.0949$$

Suponiendo un material de acero soldado se tiene un coeficiente de Manning

$$(\varphi) = 0.011 \text{ a } 0.014$$

$$C = 10.2936 \left[ \frac{\varphi_k^2 L}{D_k^{16/3}} \right]$$

L = Longitud del tramo

D k = Diametro del tramo ó tubo

k = Coeficiente de rugosidad del tubo

Sustituyendo los valores de m y C en  $\alpha_k$  y  $\gamma_k$

$$m = 2$$

$$\alpha_k = \frac{1}{m C_k (Q_k)^{m-1}}$$

$$\gamma_k = \frac{(m-1)}{m} Q_k$$

$$\alpha_{1-2} = \frac{1}{2(0.7289)(3)} = 0.2283 \quad ; \quad \gamma_{1-2} = \frac{(2-1)}{2} (3) = 1.5$$

$$\alpha_{2-3} = \frac{1}{2(1.0949)(1.4)} = 0.3261 \quad ; \quad \gamma_{2-3} = \frac{(2-1)}{2} (1.4) = 0.7$$

$$\alpha_{2-4} = \frac{1}{2(1.4599)(1.5)} = 0.2283 \quad ; \quad \gamma_{2-4} = 0.5 (1.5) = 0.75$$

$$\alpha_{3-5} = \frac{1}{2(0.7299)(1.3)} = 0.5269 \quad ; \quad \gamma_{3-5} = 0.5 (1.3) = 0.65$$

$$\alpha_{4-5} = \frac{1}{2(1.8249)(0.4)} = 0.6849 \quad ; \quad \gamma_{4-5} = 0.5 (0.4) = 0.2$$

$$\alpha_{4-7} = \frac{1}{2(0.6569)(0.4)} = 1.868 \quad ; \quad \gamma_{4-7} = 0.5 (0.4) = 0.2$$

$$\alpha_{5-6} = \frac{1}{2(0.5839)(1.6)} = 1.668 \quad ; \quad \gamma_{5-6} = 0.5 (1.6) = 0.8$$

$$\alpha_{7-6} = \frac{1}{2(1.0949)(0.3)} = 1.522 \quad ; \quad \gamma_{7-6} = 0.5 (0.3) = 0.15$$

De acuerdo a la figura B y aplicando la ecuación de continuidad en cada nudo

queda:

Gasto que entra (+)

Gasto que sale (-)

| GASTO QUE CIRCULA             | = | NUDO  |                |
|-------------------------------|---|-------|----------------|
| $Q_{1-2} - Q_{2-4} - Q_{2-3}$ | = | $q_2$ |                |
| $Q_{2-3} - Q_{3-5}$           | = | $q_3$ |                |
| $Q_{2-4} - Q_{4-5} - Q_{4-7}$ | = | $q_4$ | ECUACIONES A-1 |
| $Q_{4-5} + Q_{3-5} - Q_{5-6}$ | = | $q_5$ |                |
| $Q_{5-6} + Q_{7-6}$           | = | $q_6$ |                |
| $Q_{4-7} - Q_{7-6}$           | = | $q_7$ |                |

Sabemos que el gasto en función de los niveles piezométricos queda:

$$Q_k = \alpha_k (h_i - h_j) + \gamma_k \quad \text{--- A-2}$$

Sustituyendo la ecuación A-2 en las ecuaciones A-1 queda:

Para el nudo 2

$$\alpha_{1-2} h_1 - \alpha_{1-2} + \gamma_{1-2} - \alpha_{2-3} h_2 + \alpha_{2-3} h_3 - \gamma_{2-3} - \alpha_{2-4} h_2 + \alpha_{2-4} h_4 - \gamma_{2-4}$$

nudo 3

$$\alpha_{2-3} h_2 - \alpha_{2-3} h_3 + \gamma_{2-3} - \alpha_{3-5} h_3 + \alpha_{3-5} h_5 - \gamma_{3-5}$$

nudo 4

$$\alpha_{2-4} h_2 - \alpha_{2-4} h_4 + \gamma_{2-4} - \alpha_{4-5} h_4 + \alpha_{4-5} h_5 - \gamma_{4-5} - \alpha_{4-7} h_4 + \alpha_{4-7} h_7 - \gamma_{4-7}$$

$$\alpha_{3-5}h_3 - \alpha_{3-5}h_5 + \gamma_{3-5} + \alpha_{4-5}h_4 - \alpha_{4-5}h_5 + \gamma_{4-5} - \alpha_{5-6}h_5 + \alpha_{5-6}h_6 - \gamma_{5-6}$$

nudo 6

$$\alpha_{5-6}h_5 - \alpha_{5-6}h_6 + \gamma_{5-6} + \alpha_{7-6}h_7 - \alpha_{7-6}h_6 + \gamma_{7-6}$$

nudo 7

$$\alpha_{4-7}h_4 - \alpha_{4-7}h_7 + \gamma_{4-7} - \alpha_{7-6}h_7 + \alpha_{7-6}h_6 - \gamma_{7-6}$$

Factorizando y pasando los valores frontera ( $\gamma_k, \alpha_{1-2}$  y  $h_1$ ) al segundo miembro ya que son valores conocidos:

$$(\alpha_{1-2} - \alpha_{2-3} - \alpha_{2-4})h_2 + \alpha_{2-3}h_3 + \alpha_{2-4}h_4 = a_2 - \alpha_{1-2}h_1 - \gamma_{1-2} + \gamma_{2-3} + \gamma_{2-4}$$

$$\alpha_{2-3}h_2 + (-\alpha_{2-3} - \alpha_{3-5})h_3 + \alpha_{3-5}h_5 = a_3 - \gamma_{2-3} + \gamma_{3-5}$$

$$\alpha_{2-4}h_2 + (-\alpha_{2-4} - \alpha_{4-5} - \alpha_{4-7})h_4 + \alpha_{4-5}h_5 + \alpha_{4-7}h_7 = a_4 - \gamma_{2-4} + \gamma_{4-7} + \gamma_{4-5}$$

$$\alpha_{3-5}h_3 + (-\alpha_{3-5} - \alpha_{4-5} - \alpha_{5-6})h_5 + \alpha_{4-5}h_4 + \alpha_{5-6}h_6 = a_5 - \gamma_{3-5} - \gamma_{4-5} + \gamma_{5-6}$$

$$\alpha_{5-6}h_5 + (-\alpha_{5-6} - \alpha_{7-6})h_6 + \alpha_{7-6}h_7 = a_6 - \gamma_{5-6} - \gamma_{7-6}$$

$$\alpha_{4-7}h_4 + (-\alpha_{4-7} - \alpha_{7-6})h_7 + \alpha_{7-6}h_6 = a_7 - \gamma_{4-7} + \gamma_{4-6}$$

Sustituyendo los valores calculados anteriormente:

$$(-0.2283 - 0.3261 - 0.2283)h_2 + 0.3261h_3 + 0.2283h_4 = 0.10 - 0.2283(2292.50) - 1.5 + 0.7 + 0.75$$

$$0.3261h_2 + (-0.3261 - 0.5269)h_3 + 0.5269h_5 = 0.10 - 0.7 + 0.65$$

$$0.2283h_2 + (-0.2283 - 0.6849 - 1.902)h_4 + 0.6849h_5 + 1.902h_7 = 0.75 + 0.2 + 0.2$$

$$0.5269h_3 + (-0.5269 - 0.6849 - 1.868)h_5 + 0.6849h_4 + 1.868h_6 = 0.10 - 0.65 - 0.21 - 0.8$$

$$1.868h_5 + (-1.868 - 1.522)h_6 + 1.522h_7 = 1.9 - 0.8 - 0.15$$

$$1.902h_4 + (-1.902 - 1.522)h_7 + 1.522h_6 = 0.1 - 0.2 - 0.15$$

La matriz queda de la siguiente forma:

$$\begin{array}{rcl}
 -0.7827h_2 + .3261h_3 + 0.2283h_4 & = & -523.327 \\
 0.3261h_2 - 0.853 h_3 & = & 0.5269h_5 \quad = \quad 0.05 \\
 0.2283h_2 & -2.8152h_4 + 0.6849h_5 & +1.902h_7 = 0.35 \\
 & 0.5269h_3 + 0.6849h_4 - 3.0798h_5 + 1.868h_6 & = 0.05 \\
 & & 1.868 h_5 - 3.39 h_6 + 1.522h_7 = 0.95 \\
 & & 1.902 h_4 \quad \quad 1.522h_6 - 3.424h_7 = 0.05
 \end{array}$$

Resolviendo la matriz nos da los valores de las cargas o los niveles piezométricos en los nudos.

$$h_2 = 2285.926408$$

$$h_3 = 2283.792039$$

$$h_4 = 2282.62381$$

$$h_5 = 2285.565967$$

$$h_6 = 2282.43224$$

Si sustituimos el valor de los niveles piezométricos en la siguiente ecuación obtendremos el valor de los gastos que circulan en la red para una primera iteración es decir  $k = 0$ .

$$Q_k = \alpha k (h_i - h_j) + \delta'_k$$

$$Q_{1-2} = 0.2283 (2292.5 - 2285.9264) + 1.5$$

$$Q_{2-3} = 0.3261 (2285.9264 - 2283.792) + 0.7$$

$$Q_{2-4} = 0.2283 (2285.9264 - 2282.6238) + 0.75$$

$$Q_{3-5} = 0.5269 (2283.7920 - 2282.5659) + 0.65$$

$$Q_{4-5} = 0.6849 (2282.6238 - 2282.5659) + 0.2$$

$$Q_{4-7} = 1.902 (2282.6238 - 2282.432) + 0.2$$

$$Q_{5-6} = 1.868 (2282.5659 - 2282.225) + 0.8$$

$$Q_{7-6} = 1.522 (2282.4322 - 2282.2256) + 0.15$$

GASTO DEL METODO

GASTOS PROPUESTOS

$$Q_{1-2} = 3.00$$

3.00

$$Q_{2-3} = 1.40$$

1.40

$$Q_{2-4} = 1.5$$

1.5

$$Q_{3-5} = 1.3$$

1.30

$$Q_{4-5} = 0.239$$

0.4

$$Q_{4-7} = 0.564$$

0.4

$$Q_{5-6} = 1.43$$

1.6

$$Q_{7-6} = 0.46$$

0.3

Si observamos al hacer la comparación los gastos son iguales para la primera iteración, y los demás gastos tendran que ser iguales para las siguientes iteraciones, es decir  $k = 1, k = 2, \dots, k = n$

Para  $k = 1$  se obtienen los siguientes valores de  $\alpha_k$  y  $\delta_k$ .

$$\alpha_{1-2} = 0.2283$$

$$\alpha_{2-3} = 0.3261$$

$$\alpha_{2-4} = 0.2283$$

$$\alpha_{3-5} = 0.5269$$

$$\alpha_{4-5} = 1.140$$

$$\alpha_{4-7} = 1.452$$

$$\alpha_{5-6} = 0.837$$

$$\alpha_{7-6} = 1.036$$

$$\delta_{1-2} = 1.5$$

$$\delta_{2-3} = 0.7$$

$$\delta_{2-4} = 0.75$$

$$\delta_{3-5} = 0.65$$

$$\delta_{4-5} = 0.1195$$

$$\delta_{4-7} = 0.282$$

$$\delta_{5-6} = 0.715$$

$$\delta_{7-6} = 0.23$$

Y la matriz queda de la siguiente manera:

$$\begin{array}{rcl} -0.7827h_2 + 0.3261h_3 + 0.2283h_4 & & = -523.327 \\ 0.3261h_2 - 0.853 h_3 & 0.5269h_5 & = 0.05 \\ 0.2283h_2 & - 2.8263h_4 + 1.1146h_5 & 1.452h_7 = 0.3515 \\ 0.5269h_3 + 1.146 h_4 - 2.5099h_5 + 0.837 h_6 & & = 0.0455 \\ & 0.837 h_5 - 1.873 h_6 + 1.036h_7 & = 0.955 \\ & 1.452 h_4 & + 1.036 h_6 - 2.488h_7 = 0.048 \end{array}$$

Obteniéndose el valor de las cargas:

$$h_2 = 2285.93$$

$$h_3 = 2283.822$$

$$h_4 = 2282.594$$

$$h_5 = 2282.612$$

$$h_6 = 2281.928$$

$$h_7 = 2282.298$$

Y los gastos para  $k = 1$

$$Q_{1-2} = 0.2283 (2292.50 - 2285.93) + 1.5 = 3.00$$

$$Q_{2-3} = 0.3261 (2285.93 - 2283.822) + 0.7 = 1.39$$

$$Q_{2-4} = 0.2283 (2285.93 - 2282.594) + 0.75 = 1.51$$

$$Q_{3-5} = 0.5269 (2283.822 - 2282.612) + 0.65 = 1.29$$

$$Q_{4-5} = 1.146 (2282.594 - 2282.612) + 0.1195 = 0.71$$

$$Q_{5-6} = 0.837 (2282.612 - 2281.928) + 0.715 = 1.28$$

$$Q_{7-6} = 1.036 (2282.298 - 2281.928) + 0.23 = 0.61$$

Para  $k = 2$  obtenemos  $\alpha_k$  y  $\gamma_k$

$$\alpha_{1-2} = 0.2283$$

$$\gamma_{1-2} = 1.5$$

$$\alpha_{2-3} = 0.3285$$

$$\gamma_{2-3} = 0.695$$

$$\alpha_{2-4} = 0.2268$$

$$\gamma_{2-4} = 0.755$$

$$\alpha_{3-5} = 0.531$$

$$\gamma_{3-5} = 0.645$$

$$\alpha_{4-5} = 2.77$$

$$\gamma_{4-5} = 0.0494$$

$$\alpha_{4-7} = 0.932$$

$$\gamma_{4-7} = 0.355$$

$$\alpha_{5-6} = 0.668$$

$$\gamma_{5-6} = 0.64$$

$$\alpha_{7-6} = 0.748$$

$$\gamma_{7-6} = 0.305$$

$$- 0.7836h_2 + 0.3285h_3 + 0.2268h_4 = -523.323$$

$$0.3285h_2 - 0.8595h_3 + 0.531 h_5 = 0.05$$

$$0.2268h_2 - 3.9288h_4 + 2.77 h_5 + 0.932h_7 = 0.349$$

$$0.531 h_3 + 2.77 h_4 - 3.969 h_5 + 0.668h_6 = 0.0456$$

$$0.668 h_5 - 1.416h_6 + 0.748h_7 = 0.955$$

$$0.932 h_4 + 0.748h_6 - 1.68 h_7 = 0.05$$

Las cargas quedan :

$$h_2 = 2285.924$$

$$h_3 = 2283.807$$

$$h_4 = 2282.594$$

$$h_5 = 2282.592$$

$$h_6 = 2281.69$$

$$h_7 = 2282.162$$

Y los gastos para  $k = 2$

$$Q_{1-2} = 3.00$$

$$Q_{2-3} = 1.40$$

$$Q_{2-4} = 1.50$$

$$Q_{3-5} = 1.30$$

$$Q_{4-5} = 0.0549$$

$$Q_{4-7} = 0.757$$

$$Q_{5-6} = 1.24$$

$$Q_{7-6} = 0.65$$

Se puede notar que los gastos obtenidos en esta última iteración son parecidos para la iteración  $k = 1$ , lo cual da una idea de la aproximación a la convergencia del método, cabe aclarar que este método se recomienda para redes de gran tamaño como lo es el caso de la red de la ciudad de México para ello es necesario utilizar un programar que resuelva matrices si es que se desea seguir una secuencia manual para redes más pequeñas, debido a la dificultad que existe en resolver ecuaciones simultaneas con más de cuatro incognitas, de hecho el fin del proceso de iteración en una secuencia manual se considera hasta la número 10, en la cual se tienen factores de aceleración para asegurar una convergencia más rapida, este factor se considera de 0.868, dicho programa hace 200 iteraciones para un sólo calculo, los cuales en total son diez.

Por ejemplo, se puede simular la eventual falla de uno o más tanques de almacenamiento, así como determinar su posible área de influencia en la red hidráulica de una manera cualitativa como se muestra en los croquis de los tanques: ( VER AREAS DE INFLUENCIA DE TANQUES )

- Chalmita
- Dolores
- Peñon
- Aeroclub
- Caldera
- Santa Lucía
- Planta de bombeo Xotepingo (se considera como tanque)
- San José del Arte
- Santa Isabel

Esto tiene la finalidad de proponer políticas de operación en la red del Distrito Federal, ya que para tal efecto se ve la vulnerabilidad con la que se cuenta actualmente en caso de siniestros de la magnitud de los sismos del 19 de septiembre de 1985, y ver de que manera se pueden afrontar dichos siniestros, como puede ser que zonas de la ciudad quedarían sin el vital líquido en caso de desastre.

Otra de las técnicas que se están utilizando actualmente para conocer el funcionamiento de la red es por medio de trazadores, utilizando como trazador químico cloruro de sodio. Este tipo de pruebas se hacen con la finalidad de probar la bondad de dicha sustancia en la determinación de velocidades, trayectorias de flujo y zonas de influencia del agua suministrada por el tanque.

En el plano de flujos que nos da el modelo se ve de que manera se obtienen dichas zonas de influencia.

El método que se utiliza en el modelo que se presenta es el método de sobrerrelación sucesiva que esta basado en el algoritmo de Gauss-Seidel con la variante de que se introduce un factor que permite acelerar la convergencia del método, a continuación se hace un ejemplo del método de Gauss-Seidel.

$$6x_1 + 2x_2 + x_3 = 22$$

$$-x_1 + 8x_2 + 2x_3 = 20$$

$$x_1 - x_2 + 6x_3 = 23$$

Despejando los valores de  $x_1^{(j+1)}$ ,  $x_2^{(j+1)}$ ,  $x_3^{(j+1)}$ , se tiene

$$x_1^{(j+1)} = \frac{1}{6} (22 - 2x_2^{(j)} - x_3^{(j)})$$

$$x_2^{(j+1)} = \frac{1}{8} (30 + x_1^{(j+1)} - 2x_3^{(j)})$$

$$x_3^{(j+1)} = \frac{1}{6} (23 - x_1^{(j+1)} + x_2^{(j)})$$

Tomando como vector inicial  $x_2 = 0$ ,  $x_3 = 0$  y sustituyendo  $j = 0$

$$x_1^{(1)} = \frac{1}{6} (22 - 0 - 0) \quad ; \quad x_1^{(1)} = 3.667$$

$$x_2^{(1)} = \frac{1}{8} (30 + 3.667 - 2(0)) \quad ; \quad x_2^{(1)} = 4.208$$

$$x_3^{(1)} = \frac{1}{6} (23 - 3.667 + 4.208) \quad ; \quad x_3^{(1)} = 3.924$$

Para  $j = 1$

$$x_1^{(2)} = \frac{1}{6} (22 - 2(4.208) - 3.924) \quad ; \quad x_1^{(2)} = 1.61$$

$$x_2^{(2)} = \frac{1}{8} (30 + 1.61 - 2(3.924)) \quad ; \quad x_2^{(2)} = 2.97$$

$$x_3^{(2)} = \frac{1}{6} (23 - 1.61 + 2.97) \quad ; \quad x_3^{(2)} = 4.06$$

Para  $j = 2$

$$x_1^{(3)} = \frac{1}{6} (22 - 2(2.97) - 4.06) \quad ; \quad x_1^{(3)} = 2.0$$

$$x_2^{(3)} = \frac{1}{8} (30 + 2.0 - 2(4.06)) \quad ; \quad x_2^{(3)} = 2.985$$

$$x_3^{(3)} = \frac{1}{6} (23 - 2.0 + 2.985) \quad ; \quad x_3^{(3)} = 3.998$$

Para  $j = 3$

$$x_1^{(4)} = \frac{1}{6} (22 - 2(2.985) - 3.998) \quad ; \quad x_1^{(4)} = 2.005$$

$$x_2^{(4)} = \frac{1}{8} (30 + 2.005 - 2(3.998)) \quad ; \quad x_2^{(4)} = 3.001$$

$$x_3^{(4)} = \frac{1}{6} (23 - 2.005 + 3.001) \quad ; \quad x_3^{(4)} = 3.999$$

Para  $j = 4$

$$x_1^{(5)} = \frac{1}{6} (22 - 2(3.0001) - 3.999) ; \quad x_1^{(5)} = 2.000$$

$$x_2^{(5)} = \frac{1}{8} (30 + 2.0 - 2(3.999) ) ; \quad x_2^{(5)} = 3.000$$

$$x_3^{(5)} = \frac{1}{6} (23 - 2.00 - 3.00) ; \quad x_3^{(5)} = 4.000$$

La solución del sistema es.

$$x_1 = 2.0$$

$$x_2 = 3.0$$

$$x_3 = 4.0$$

Como se hace mención en un principio el método utilizado en el programa estático es el de sobrerrelajación sucesivas que se basa en el mismo algoritmo que el del ejemplo; Si las ecuaciones iterativas de Gauss-Seidel se escriben como en el sistema de ecuaciones.

$$\begin{aligned}
 x_1^{(k+1)} &= x_1^{(k)} + \left[ \frac{1}{a_{11}} \left\{ b_1 - a_{11}x_1^{(k)} - a_{13}x_3^{(k)} - a_{14}x_4^{(k)} \right\} \right] \\
 x_2^{(k+1)} &= x_2^{(k)} + \left[ \frac{1}{a_{22}} \left\{ b_2 - a_{21}x_1^{(k+1)} - a_{23}x_3^{(k)} - a_{24}x_4^{(k)} \right\} \right] \\
 x_3^{(k+1)} &= x_3^{(k)} + \left[ \frac{1}{a_{33}} \left\{ b_3 - a_{31}x_1^{(k+1)} - a_{32}x_2^{(k+1)} - a_{33}x_3^{(k)} - a_{34}x_4^{(k)} \right\} \right] \quad (F) \\
 x_4^{(k+1)} &= x_4^{(k)} + \left[ \frac{1}{a_{44}} \left\{ b_4 - a_{41}x_1^{(k+1)} - a_{42}x_2^{(k+1)} - a_{43}x_3^{(k+1)} - a_{44}x_4^{(k)} \right\} \right]
 \end{aligned}$$

Se puede observar que las expresiones entre corchetes, son las correctas o cambios hechos a  $x_i^{(k)}$ ,  $i = 1, 4$  para una iteración de Gauss-Seidel.

Siendo las correcciones sucesivas de un solo signo, puede ser adecuado que la convergencia sea acelerada en cada ecuación de ( F ) dando un término de --- corrección más grande esta idea da origen al método SOR, el cual queda definido por las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}
 x_1^{(k+1)} &= x_1^{(k)} + \left[ \frac{\omega}{a_{11}} \left\{ b_1 - a_{11}x_1^{(k)} - a_{12}x_2^{(k)} - a_{13}x_3^{(k)} - a_{14}x_4^{(k)} \right\} \right] \\
 x_2^{(k+1)} &= x_2^{(k)} + \left[ \frac{\omega}{a_{22}} \left\{ b_2 - a_{21}x_1^{(k+1)} - a_{22}x_2^{(k)} - a_{23}x_3^{(k)} - a_{24}x_4^{(k)} \right\} \right] \\
 x_3^{(k+1)} &= x_3^{(k)} + \left[ \frac{\omega}{a_{33}} \left\{ b_3 - a_{31}x_1^{(k+1)} - a_{32}x_2^{(k+1)} - a_{33}x_3^{(k)} - a_{34}x_4^{(k)} \right\} \right] \quad (G) \\
 x_4^{(k+1)} &= x_4^{(k)} + \left[ \frac{\omega}{a_{44}} \left\{ b_4 - a_{41}x_1^{(k+1)} - a_{42}x_2^{(k+1)} - a_{43}x_3^{(k+1)} - a_{44}x_4^{(k)} \right\} \right]
 \end{aligned}$$

## DESCRIPCION DE LA SECUENCIA DE CALCULO

El sistema de ecuaciones lineales puede expresarse en términos de  $h^{K+1}$ , que en forma general se escribe: ( que no es otra cosa que un cambio de variable).

$$\{ \alpha^k \} \{ h^{K+1} \} = \{ q, \gamma^k \}$$

donde:

$\{ \alpha^k \}$  matriz de coeficientes del sistema de ecuaciones

$\{ h^{K+1} \}$  vector de incógnitas

$\{ q, \gamma^k \}$  vector columna de términos independientes

Los niveles piezométricos en la red se conocen al resolver el sistema de ecs. A, pero como este no es lineal, se sustituye por el sistema B, cuya solución será una aproximación a la buscada. Si la solución de este último sistema es, por ejemplo,  $h^{K+1}$ , se toma como conocida y se resuelve el sistema nuevamente; la solución  $h^{K+2}$  se aproximará más a la de las ecuaciones lo cual constituye propiamente el método de solución.

De esta manera, se establece como método de solución la siguiente secuela de cálculo:

1. - Se considera  $K=0$  ó  $J=0$  (es solo un cambio de variable), y se suponen los gastos en los tubos de la red  $Q_j$ .
2. - Se calcula para todos los tubos  $\alpha_j^{(K)}$ ,  $\gamma^{(K)}$
3. - Se forma el sistema de ecuaciones lineales (B)
4. - Se resuelve el sistema de ecuaciones obtenido en el paso 3, con lo cual se encuentra  $h^{(K+1)}$
5. - Con los niveles piezométricos del paso 4 se calculan los gastos  $Q_j^{(K+1)}$

6. - Se compara  $Q_j^{(K)}$  con  $Q_j^{(K+1)}$ ; si son aproximadamente iguales se continúa con el paso 7, de otro modo se considera  $K$  igual a  $K+1$  y se regresa al paso 2.
7. - Los niveles piezométricos en la red son  $h^{K+1}$  y los gastos en la red son  $Q_j^{K+1}$ . Termina el método

En la secuela anterior,  $j = 1, 2, \dots, M$ , donde  $M$ , es el número de tubos.

### Observaciones al método de solución

La aplicación del método iterativo se puede hacer de varias formas, sin embargo habrá procedimientos mejores que otros que conducirán a una aplicación eficiente del método.

En el sistema de ecuaciones formado anteriormente, el factor  $\omega$  se denomina parámetro de aceleración ó factor de relajación, generalmente el rango de esta factor es;  $1 < \omega < 2$ .

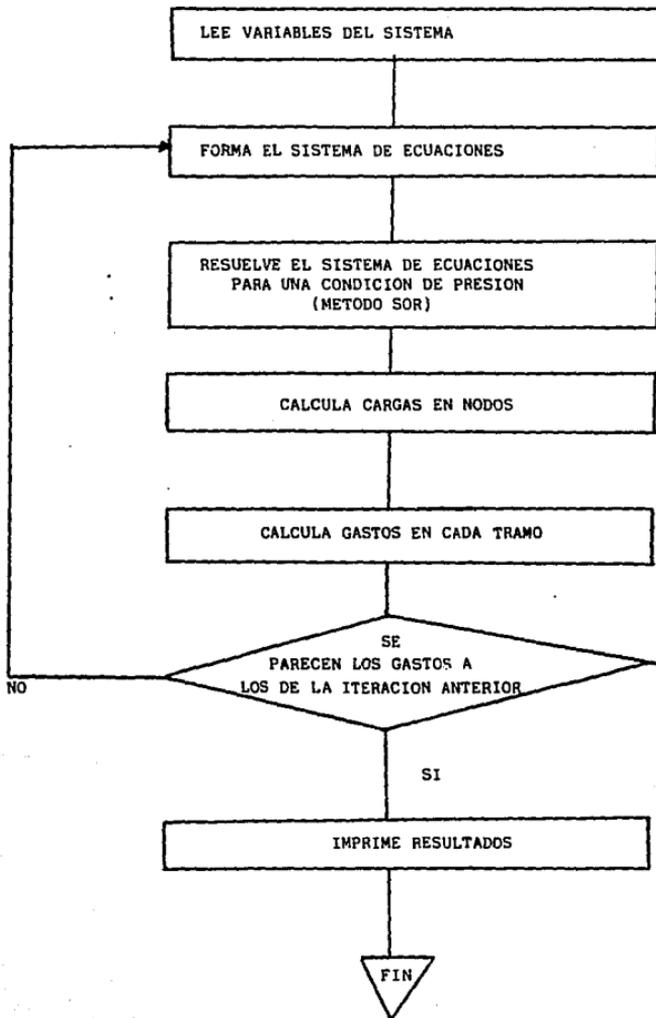
$$\omega = \frac{2}{1 + \sqrt{1 - p}}$$

donde:

$$p = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{\sum_{i=1}^n |x_i^{k+1} - x_i^k|}{\sum_{i=1}^n |x_i^k - x_i^{k+1}|}$$

Para fines prácticos, se consideran que P es igual al cociente anterior para  $K = 200$  en redes con más de 100 nudos.

## DIAGRAMA DE BLOQUES DEL MODELO DIGITAL ESTATICO



**LECTURA DE DATOS DEL PROGRAMA "ESTATICO" PARA EL CALCULO  
DE CARGAS Y GASTOS DE RED DE TUBOS.**

**Primero tarjetas: NUDOS, NUTRA, NTRIA, NTA, NTINA, NUDOS 1, NICAL**

**NUDOS :** Número de nudos  
**NUTRA :** Número de tramos  
**NTRIA :** Número de tramos asociados a tanques  
**NTA :** Número de tanques (nudos de carga constante)  
**NTINA :** Número de nudos con demanda conocida  
**NUDOS 1 :** Número más grande dado en la numeración de los nudos  
**NICAL :** Número de iteraciones (se recomienda 10)

**FORMATO: 16:5**

**Segunda tarjeta: OMEGA, TOL, MIT, VATAN**

**OMEGA :** Factor de método SOR, se recomienda 1.85  
**TOL :** Tolerancia en el método SOR, se recomienda 0.01  
**MIT :** Número de interacciones en el método SOR, se recomienda 200  
**VATAN :** Coeficiente que afecta a los consumos

**FORMATO: 2 F10, 0 15, F10.0**

**Siguientes tarjetas: J, (NUD (I, K), ELE, DIAM, EME  
(una por cada tubo)**

**J :** Número del tubo (o tramo)  
**(NUD(I,1) :** Número del extremo 1 del tubo

|                 |                                     |
|-----------------|-------------------------------------|
| <b>NUD(I,2)</b> | Número del extremo 2 del tubo       |
| <b>LE</b>       | Longitud del tubo, en metros        |
| <b>DIAM</b>     | Diámetro del tubo, en metros        |
| <b>KME</b>      | Coefficiente de fricción de Manning |

FORMATO: 3I5, 3F10.0

**NOTAS:**

- a) La numeración de los nudos es arbitraria
- b) La numeración de los tubos es arbitraria; para los tubos conectados a tanques, el NUD (I,1) deberá ser el número de nodo del tanque
- c) Los tubos ligados a tanques se colocan al final

Siguientes tarjetas: NTAN(I), R(I), COTAN(I)  
(una por tanque)

|                 |   |
|-----------------|---|
| <b>NTAN(I)</b>  | Número del nodo donde se ubica el tanque                            |
| <b>B(I)</b>     | Carga del tanque, en metros (cota topográfica + nivel en el tanque) |
| <b>COTAN(I)</b> | Cota topográfica del tanque en metros                               |

FORMATO: I5, 7F10.2

Siguientes tarjetas: NTIN(J), QD(J), COTAN(J)  
(una por red con demanda)

|                 |                                     |
|-----------------|-------------------------------------|
| <b>NTIN(J)</b>  | Número del nodo con demanda         |
| <b>QD(J)</b>    | Demanda del nudo NTIN(J) en $m^3/s$ |
| <b>COTAN(J)</b> | Cota topográfica del nudo NTIN(J)   |

FORMATO: IS 7F10.2

**Resultados del programa:**

- a) Datos de cada tubo de la red
- b) Datos de carga constante
- c) Datos de gastos de entrada o salida (demanda) y su correspondiente nudo
- d) Configuración de la red de tubos

**Para cada iteración que realiza el programa**

- e) Gasto en los tubos indicando su sentido
- f) Cargas piezométricas y cargas sobre el terreno de cada nudo de la red

**LISTADO Y EJEMPLO  
DEL PROGRAMA  
DIGITAL ESTATICO**

File: /POTABLE/ESTATICO.FTM  
Created: Thu Dec 10, 1987 10:30:54 am  
Updated: Mon Dec 14, 1987 7:47:38 pm  
Printed: Tue Dec 22, 1987 7:05:41 pm

ESTADISTICA

PROGRAMA 2

\*TRX,L  
FILES 0,2  
SENA/SA/  
SENA/SA/

56

```
PROGRAM ESTADICO
COMMON/SA/ CDTM(400), N2(400), CDT(400), KANT(15), COTAS(15),
MUB(400,2), MUT(400), MUBO(400), MR(400,9), NT(400,9),
MTRM(50), MTRN(400), C(400), Q(400), ALF(400), CAR(400), QD(400),
MT(400), COTB(400), IMPRE(20), QN(400), MRS(400)
COMMON/SA/ QM(400)
COMMON N(400), K(400,9), U(400,9), B(400), MRSO(400), OMEGA,
MKT, TOL
CHARACTER*10 ENTRM
CHARACTER*10 SALES
WRITE(1,*) 'DARE ARCHIVO DE ENTRADA'
READ(1,90)ENTRM
WRITE(1,*) 'DARE ARCHIVO DE SALIDA'
READ(1,90)SALES
90 FORMAT(A10)
KR=92
KH=94
OPEN(KR,FILE=ENTRM,STATUS='OLD',IOSTAT=IOS)
OPEN(KH,FILE=SALES,STATUS='NEW',IOSTAT=IOS,ERR=700)
NIEO=2200.00
DO 222 K5=1,3
SL1=0
SL2=0
SL3=0
SL4=0
SL5=0
SL6=0
SL7=0
SL8=0
SL9=0
READ(KR,10,END=400)MUBOS,MUTM,MTM,MTA,MTIM,MUBOSI,MICM
WRITE(1,10) MUBOS,MUTM,MTM,MTA,MTIM,MUBOSI,MICM
READ(KR,6) OMEGA,TOL,MKT,MTRM
WRITE(1,6) OMEGA,TOL,MKT,MTRM
WRITE(KM,30)
WRITE(KM,40)
WRITE(KM,41)
DO 00 I=1,MUTM
READ(KR,60) J,(MUB(I,K),K=1,2),ELE,MIAN,EME
00=000/2
WRITE(1,60) J,(MUB(I,K),K=1,2),ELE,MIAN,EME
C(I)=10.2936*ELE*EME*(MIAN**0.33333)
C(I)=C(I)+2.0
MUT(I)=J
WRITE(KM,70) J,(MUB(I,K),K=1,2),ELE,MIAN,EME
IF (MIAN.GT.0.10) GO TO 1
D1=MIAN
SL1=SL1+ELE
GO TO 00
1 IF(MIAN.EQ.0.15) GO TO 2
IF(MIAN.EQ.0.30) GO TO 3
IF(MIAN.EQ.0.51) GO TO 42
IF(MIAN.EQ.0.76) GO TO 5
IF(MIAN.EQ.0.81) GO TO 61
IF(MIAN.EQ.0.91) GO TO 7
IF(MIAN.EQ.1.22) GO TO 8
```

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

```

IF (BIAN.EQ 1.03) GO TO 82
2  SL2=SL2+ELE
  E2=BIAN
  GO TO 80
3  SL3=SL3+ELE
  E3=BIAN
  GO TO 80
42 SL4=SL4+ELE
  E4=BIAN
  GO TO 80
5  SL5=SL5+ELE
  E5=BIAN
  GO TO 80
61 SL6=SL6+ELE
  E6=BIAN
  GO TO 80
7  SL7=SL7+ELE
  E7=BIAN
  GO TO 80
3  SL8=SL8+ELE
  E8=BIAN
  GO TO 80
82 SL9=SL9+ELE
  E9=BIAN
80 CONTINUE
  WRITE (KA,71)
  WRITE (KB,72)
  DO 115 I=1,NTA
  READ (KR,75) NTAN(I),B(I),COTAN(I)
  WRITE (I,25) NTAN(I),B(I),COTAN(I)
  WRITE (KR,73) NTAN(I),B(I),COTAN(I)
115 CONTINUE
  DO 610 I=1,NTA
  KKK=NTAN(I)
610 COTO(KKK)=COTAN(I)
  WRITE (KA,74)
  DO 22 J=1,NTIM
  READ (KR,75,END=400) NTIN(J),QB(J),COTAN(J)
  WRITE (I,23) NTIN(J),QB(J),COTAN(J)
  QB(I)=QB(J)+VB*TAH
  WRITE (KR,73) NTIN(J),QB(J),COTAN(J)
22 CONTINUE
  DO 600 J=1,NTIM
  KKK=NTIN(J)
600 COTO(KKK)=COTAN(J)
  WRITE (KA,75)
  WRITE (KA,76)
  WRITE (KA,77)
  II=0
  DO 62 I=1,MLDST
62 Q(I)=1
  DO 64 I=1,MLTMA
  K=MLD(I,1)
  L=MLD(I,2)
  IT(Q(L),EQ.1) GO TO 66
  MLD(I,2)=IT(L)
  GO TO 65
64 II=II+1
  MLD(I,1)=L
  Q(L)=2

```

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
DE MEXICO

```

MUD(1,2)=11
NT(L)=11
65 IF(Q(K).EQ.1) GO TO 68
MUD(1,1)=NT(K)
GO TO 64
68 II=II+1
MUD(II)=K
Q(II)=2
MUD(1,1)=11
NT(K)=11
64 CONTINUE
DO 4 I=1,MUDOS
4 MDS(1)=0
DO 102 M=1,MUTRA
K=MUD(M,1)
L=MUD(M,2)
MDS(K)=MDS(K)+1
I=MDS(K)
MDS(L)=MDS(L)+1
J=MDS(L)
MUTR(I,1)=L
NT(K,1)=M
MUTR(L,1)=K
NT(L,1)=M
102 CONTINUE
DO 120 I=1,MUDOS
M=MUD(1)
MDS(I)=M+1
M2=0
DO 105 J=1,M
M2=M2+1
KONT=MIN(I,J)
MONT=MDS(MONT)
IMPRES(M2)=MONT
M2=M2+1
KONT=NT(I,J)
MONT=MAX(KONT)
105 IMPRES(M2)=KONT
IMPRES(M2,1)=M, (IMPRES(I),J=1,M)
120 CONTINUE
MDC=MUDOS-MD
MUTR1=MUTR1-MTR1
MUTR2=MUTR1+1
MUTR=MDC+1
MUDOS2=MUDOS+1
DO 126 J=MUTR2,MUTR
L=MUD(J,2)
MDSO(L)=MDSO(L)-1
126 CONTINUE
DO 171 J=1,M1A
M=NT(M)
K=NT(K)
171 MTR(J)=K
DO 175 J=1,M1MA
K=MIN(J)
K=NT(K)
175 MTR(J)=K
DO 169 I=1,MUTRA
Q(1)=0.5

```

```

IX=1
NICAL1=NICAL+1
IXC=1
DO 122 I=1,NEC
NIX,1)=I
122 NT(I)=1
DO 124 J=1,MUTR1
K=MUD(I,1)
L=MUD(I,2)
JK=NT(K)+1
NT(K)=JK
JL=NI(L)+1
NT(L)=JL
NIK,JK)=L
NII, JL)=K
124 CONTINUE
9 CONTINUE
IF(IXC NE. NICAL) GO TO 11
NIZIE(NM,530)IXC
11 CONTINUE
120 DO 132 I=1,NEC
UIT,1)=0
B(I)=0
132 NT(I)=1
DO 134 I=1,NTZND
J=MZIN(I)
134 B(J)=QB(I)
DO 93 J=1,MUTR1
K=MUD(I,1)
L=MUD(I,2)
JK=NT(K)+1
JL=NT(L)+1
NT(K)=JK
NT(L)=JL
QB=ABS(Q(I))
IF(QAB,GT.0.001) GO TO 140
ALF(I)=0.01
GAB(I)=0.
GO TO 152
140 ALF(I)=1/(C(I)+QB)
GAB(I)=0(I)=0.5
152 VIN,1)=0(C,1)-ALF(I)
UI(L,1)=UI(L,1)-ALF(I)
U(K,JK)=ALF(I)
UI(L, JL)=ALF(I)
B(K)=B(K)+GAB(I)
B(L)=B(L)+GAB(I)
93 CONTINUE
DO 96 J=MUTR2,MUTR
K=MUD(J,1)
L=MUD(J,2)
QB=ABS(Q(J))
IF(QB,GT.0.001) GO TO 95
ALF(J)=0.01
GAB(J)=0
GO TO 97

```

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

```

45  ALF(J)=1/(C(J)+GAR)
    GAR(J)=Q(J)+D
17  U(L)=U(L)+ALF(J)
    B(L)=B(L)+W(K)+ALF(J)+GAR(J)
96  CONTINUE
    CALL GAUSS(MIC)
    DO 240 J=1,MUTRA
    N=MUD(J,1)
    L=MUD(J,2)
    Q(J)=Q(J)
240  Q(J)=ALF(J)*(W(K)+B(L))+GAR(J)
    IF(INC.ME.NICAL) GO TO 12
    WRITE(KW,270)
    WRITE(KW,271)
12  CONTINUE
    DO 290 J=1,MUDOS
    N=MUD(J,1)
    L=MUD(J,2)
    J1=MUD(J)
    J2=MUT(J)
    W2(J)=WTEO-COTD(I)+W(J)
    IF(Q(J).LT.0) GO TO 280
    X=MUD(J)
    IF(INC.ME.NICAL) GO TO 290
    WRITE(KW,300) JJ,Q(J),K,I,N(J),W2(J)
    GO TO 290
280  L=MUD(J)
    Q(J)=+Q(J)
    IF(INC.ME.NICAL) GO TO 290
    WRITE(KW,300) JJ,Q(J),L,I,N(J),W2(J)
290  CONTINUE
    DO 310 J=MUDOS,MUTRA
    N=MUD(J,1)
    L=MUD(J,2)
    J1=MUT(J)
    IF(Q(J).LT.0) GO TO 305
    X=MUD(J)
    IF(INC.ME.NICAL) GO TO 310
    WRITE(KW,300) JJ,Q(J),K
    GO TO 310
305  L=MUD(J)
    Q(J)=+Q(J)
    IF(INC.ME.NICAL) GO TO 310
    WRITE(KW,300) JJ,Q(J),L
310  CONTINUE
    IF(INC.GE.NICAL) GO TO 390
    INC=INC+1
    GO TO 9
390  CONTINUE
    V1=SL1+0.50*1.05
    V2=SL2+0.60*1.10
    V3=SL3+0.75*1.25
    V4=SL4+1.00*1.50
    V5=SL5+1.40*1.75
    V6=SL6+1.75*1.80
    V7=SL7+1.75*1.80
    V8=SL8+2.10*2.30
    V9=SL9+2.80*3.35
    WRITE(KW,32)

```

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

32 FORMAT(//,4X,'RESUMEN DE LOS TUBOS',//,3X,'DIAMETRO',11X,

```

* 'LONGITUD', 7X, 'VOLUMEN', /, 63X, 'A EXCAVAR', //, 33X, 'M', 18X,
* 'M', 16X, 'R3' //)
WRITE(KM, 33) D1, SL1, V1
WRITE(KM, 33) D2, SL2, V2
WRITE(KM, 33) D3, SL3, V3
WRITE(KM, 33) D4, SL4, V4
WRITE(KM, 33) D5, SL5, V5
WRITE(KM, 33) D6, SL6, V6
WRITE(KM, 33) D7, SL7, V7
WRITE(KM, 33) D8, SL8, V8
WRITE(KM, 33) D9, SL9, V9

222 CONTINUE
33 FORMAT(31X, F6.3, 9X, F10.3, 2X, F14.2)
6  FORMAT(2F10.2, I3, F10.3)
10  FORMAT(1615)
20  FORMAT(18F10.3)
25  FORMAT(15, F10.0)
30  FORMAT(/, 49X, 'CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA RED', //)
40  FORMAT(19X, 'TUBO', 10X, 'MUDOS QUE LME', 10X, 'LONGITUD', 10X,
* 'DIAMETRO', 10X, 'COEFICIENTE DE BARRING')
41  FORMAT(58X, ' (R)', 15X, ' (R)')
60  FORMAT(315, 3F10.4)
70  FORMAT(20X, I3, 12X, I3, 2X, I3, 14X, F8.2, 11X, F5.2, 19X, F6.4)
71  FORMAT(/, 51X, 'MUDOS DE CARGA CONSTANTE (TANQUES)' //)
72  FORMAT(46X, 'MUDO', 32X, 'CARGA (R)', 10X, 'COTA TOPOGRAFICA (R)', //)
73  FORMAT(46X, I3, 33X, F8.2, 15X, F10.2)
74  FORMAT(/, 47X, 'MUDOS CON GASTO DE EGRESO (+) O INGRESO (-)', //,
* 46X, 'MUDO', 29X, 'GASTO (M3/SEG)' //)
75  FORMAT(/, 62X, ' RED DE TUBOS' //)
76  FORMAT(2X, 'MUDO', 2X, 'UNIDO AL', 4X, 'CON EL', 4X, 'UNIDO AL', 4X,
* 'CON EL', 4X, 'UNIDO AL', 4X, 'CON EL', 4X, 'UNIDO AL', 4X, 'CON EL',
* 4X, 'UNIDO AL', 4X, 'CON EL')
77  FORMAT(10X, 'MUDO', 7X, 'TUBO', 7X, 'MUDO', 7X, 'TUBO', 7X, 'MUDO', 7X,
* 'TUBO', 7X, 'MUDO', 7X, 'TUBO', 7X, 'MUDO', 7X, 'TUBO')
110 FORMAT(2X, I3, 6X, I3, 11(7X, I3))
270 FORMAT(/, 11X, 'GASTOS', 6X, 'EM', 6X, 'LOS', 6X, 'TUBOS', 22X,
* 'CARGAS', 6X, 'EM', 6X, 'LOS', 6X, 'MUDOS', //)
271 FORMAT(15X, 'TUBO', 8X, 'GASTO', 8X, 'SALE DEL MUDO', 24X, 'MUDO', 3X,
* 'NIVEL PIEZOMETRICO', 7X, 'CARGA TOTAL', //)
300 FORMAT(15X, I3, 6X, F8.3, 12X, I3, 30X, I3, 5X, F7.2, 16X, F7.2)
530 FORMAT(///// , 6X, ' CALCULO NO. ', 1X, I3, /)
400 STOP
700 WRITE(1, ' (ERROR) >>>>>>> ', I6) )IOS
END

```

```

C-----
$ENR/R4/
$ENR/R5/
SUBROUTINE GANES(MUDOS)
DIMENSION V(400)
COMMON HG(400), R(400, 9), A(400, 9), B(400), MAS(400), ONEGR, MIT, TOL
KM=94
MDC=0
10  E=0.
MDC=MDC+1
DO 30 I=1, MUDOS
V(I)=0.
MDC=MDC(I)
DO 20 J=1, KM
N=N(I, J)
20  V(I)+V(I)+R(I, J)+HG(N)

```

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
DE MEXICO

```
V(I)=(R(I)-V(I))/N(I,1)
E2=OMEGA*V(I)
E=ABS(V(I))*E
30 NC(I)=NC(I)+E2
IF(E.LT.TOL) GO TO 40
IF(NOC.EQ.NE1) GO TO 35
E1=E
GO TO 10
35 OMEGA=2./((1+SQRT(ABS(1-E/E1)))
40 WRITE(NH,50) NOC,OMEGA,E
50 FORMAT(30H,'NUMERO DE ITERACIONES',I5,OH,'OMEGA=',F6.2,1X,
+ 'ERROR=' F9.4)
70 FORMAT(2X,'ERROR='F10.5,/)
RETURN
END
```

File /POTABLE/AREDS111E  
Created: Tue Dec 22, 1987 5:46:25 pm  
Updated: Tue Dec 22, 1987 5:46:27 pm  
Printed: Tue Dec 22, 1987 6:06:20 pm

63

0000 0000 0000 0000 0000 000 0000 0000 0000  
0000 0000 0000 0000 0000 000 0000 0000 0000  
0000 0000 0000 0000 0000 000 0000 0000 0000  
0000 0000 0000 0000 0000 000 0000 0000 0000

0000 0000 0000 0000 0000 0000 0 000  
0000 0000 0000 0000 0000 0000 0 000  
0000 0000 0000 0000 0000 0000 0 000  
0000 0000 0000 0000 0000 0000 0 000

CORRIDA DEL EJEMPLO RESUELTO

MANUALMENTE UTILIZANDO EL MODELO ESTATICO

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA RED

| TUBO | MUDOS QUE UNE | LONGITUD<br>(M) | DIÁMETRO<br>(M) | COEFICIENTE DE MANNING |
|------|---------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| 2    | 2 3           | 1500.00         | 1.21            | .0140                  |
| 3    | 3 5           | 1000.00         | 1.21            | .0140                  |
| 4    | 2 4           | 2000.00         | 1.21            | .0140                  |
| 5    | 5 6           | 800.00          | 1.21            | .0140                  |
| 6    | 4 7           | 900.00          | 1.21            | .0140                  |
| 7    | 7 6           | 1500.00         | 1.21            | .0140                  |
| 8    | 4 5           | 2500.00         | 1.21            | .0140                  |
| 9    | 1 2           | 1000.00         | 1.21            | .0140                  |

MUDOS DE CARGA CONSTANTE (TANQUES)

| MUDO | CARGA (M) | COTA TOPOGRÁFICA (M) |
|------|-----------|----------------------|
| 1    | 92.50     | 2290.00              |

MUDOS CON GASTO DE EGRESO (+) O INGRESO (-)

| MUDO | GASTO (M <sup>3</sup> /SEC) | COTA TOPOGRÁFICA (M) |
|------|-----------------------------|----------------------|
| 1    | 0.00                        | 2290.00              |
| 2    | .09                         | 2288.00              |
| 3    | .09                         | 2280.00              |
| 4    | .61                         | 2278.00              |
| 5    | .09                         | 2280.00              |
| 6    | 1.65                        | 2270.00              |
| 7    | .09                         | 2280.00              |

RED DE TUBOS

| MUDO | UNIDO AL<br>MUDO | CON EL<br>TUBO | MUDO | CON EL<br>TUBO |
|------|------------------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|
| 3    | 2                | 2              | 5    | 3              |      |                |      |                |      |                |
| 2    | 3                | 2              | 4    | 4              | 1    | 9              |      |                |      |                |
| 5    | 3                | 3              | 6    | 5              | 4    | 8              |      |                |      |                |
| 4    | 2                | 4              | 7    | 6              | 5    | 8              |      |                |      |                |
| 6    | 5                | 5              | 7    | 7              |      |                |      |                |      |                |
| 7    | 4                | 6              | 6    | 7              |      |                |      |                |      |                |
| 1    | 2                | 9              |      |                |      |                |      |                |      |                |

E N E P A R A G O N

CÁLCULO NO. 1

NÚMERO DE ITERACIONES 58      CRGA= 1.85      ESOR= .0100

| GASTOS EN LOS TUBOS |       |               | CARGAS EN LOS MUDOS |                    |             | 65 |
|---------------------|-------|---------------|---------------------|--------------------|-------------|----|
| TUBO                | GASTO | SALE DEL MUÑO | MUÑO                | NIVEL PIEZOMETRICO | CARGA TOTAL |    |
| 2                   | 1.143 | 2             | 3                   | 89.01              | 9.01        |    |
| 3                   | 1.051 | 3             | 2                   | 90.79              | 2.79        |    |
| 4                   | 1.375 | 2             | 3                   | 89.22              | 9.22        |    |
| 5                   | 1.171 | 5             | 4                   | 89.14              | 11.14       |    |
| 6                   | .566  | 4             | 6                   | 88.69              | 18.69       |    |
| 7                   | .480  | 7             | 7                   | 88.94              | 8.94        |    |
| 8                   | .207  | 4             | 1                   | 92.50              | 2.50        |    |
| 9                   | 2.597 | 1             |                     |                    |             |    |

RESUMEN DE LOS TUBOS

| DIAMETRO | LONGITUD  | VOLUMEN<br>A EXCAVAR |
|----------|-----------|----------------------|
| m        | m         | m <sup>3</sup>       |
| 0.000    | 0.000     | 0.00                 |
| 1.210    | 11200.000 | 7392.00              |
| 0.000    | 0.000     | 0.00                 |
| 0.000    | 0.000     | 0.00                 |
| 0.000    | 0.000     | 0.00                 |
| 0.000    | 0.000     | 0.00                 |
| 0.000    | 0.000     | 0.00                 |
| 0.000    | 0.000     | 0.00                 |
| 0.000    | 0.000     | 0.00                 |
| 0.000    | 0.000     | 0.00                 |

### **CAPITULO III**

#### **PREDICION DEL COMPORTAMIENTO DE LA RED MEDIANTE EL USO DEL MODELO ESTATICO**

## DESCRIPCION GENERAL DEL PROGRAMA

Para aplicar el método de solución descrito anteriormente, se ha empleado un programa de cálculo en FROTRAN, que consta de un programa principal y una subrutina. A continuación se describe la secuencia de cálculo.

La primera parte del programa lee e imprime los datos de las características de la red de tubos, también se calculan las longitudes totales de tubería correspondientes a cada uno de los diámetros que utilizan en la red, esto tiene la finalidad de calcular posteriormente el volumen de excavación correspondiente a dichos diámetros. Los datos se deben proporcionar de acuerdo con el instructivo de uso del programa.

El siguiente paso consiste en armar e imprimir el arreglo de la red por medio de la identificación de los nudos y tubos, con lo cual se pueden determinar para cada tubo los números de los nudos de interconexión. Posteriormente el programa determina el renglón y columna de los elementos diferentes de cero de la matriz de coeficientes, una vez determinada dicha matriz, se inicia el proceso iterativo con el cálculo de los valores de  $\alpha$  y  $\delta$  para cada uno de los tramos.

Con estos valores se calculan los elementos de la matriz de coeficientes. Concluido este cálculo, se llama a la subrutina Gauss que resuelve el sistema de ecuaciones lineales por medio del método SOR que fue descrito anteriormente. Con los resultados que se obtienen se calculan los gastos que circulan en cada uno de los tubos y con los valores de estos gastos, se calculan nuevamente los valores de  $\alpha$  y  $\delta$  y así, sucesivamente, se repite

el proceso hasta completar diez iteraciones. Es conveniente aclarar, que con este número de iteraciones, se garantiza la convergencia del método de solución, obteniendo en el último cálculo, los gastos y presiones correctas para las condiciones fijadas por medio de los datos. Al concluir la última iteración se imprimen los gastos; niveles piezométricos y cargas disponibles en cada uno de los nudos. Por último el programa efectúa el cálculo de los volúmenes de excavación e imprime en forma ordenada el diámetro, longitud total y el volumen correspondiente de excavación. Esta última parte puede ser utilizada para la elaboración de presupuestos en el diseño de redes de agua potable.

### DESCRIPCION DE LA RED DE AGUA POTABLE

En el plano A , se muestra la red primaria de distribución de agua potable, ésta se define convencionalmente como aquella que ésta integrada por tuberías de 0.53 a 1.83 m. de diámetro; la red primaria tiene una longitud total aproximada de 540 km incluyendo los conductos de alimentación que la ligan con los tanques de regulación. En dicho plano, también se muestra la ubicación, de los tanques de regulación. Es conveniente mencionar que no todos ellos se conectan a la red primaria, en la tabla se indican los tanques de entrada directa a la red, los restantes son utilizados para sistemas locales de agua potable o como tanques rompedores de presión en puntos donde ésta es muy alta.

Por lo que respecta a las válvulas, se ha estimado que el número aproximado de éstas es de 500, en la mayoría de los casos no es posible conocer su grado de abertura.

## ELEMENTOS ESPECIALES ( VALVULAS, TANQUES, DISPOSITIVOS DE MEDICION )

Los elementos especiales en un sistema de agua potable, son todos aquellos que se utilizan para guiar y controlar en forma eficiente el flujo de agua en las conducciones; entre estos elementos especiales se pueden mencionar: Las válvulas, los codos, las reducciones, las tapas, etc. Para el caso especial de la red de la ciudad de México, a continuación se mencionan las características de los tanques, válvulas y dispositivos de medición existentes.

### T A N Q U E S

El agua que se capta en las fuentes de abastecimiento, no se obtiene con el régimen requerido para el consumo de la población; esto significa, que ingresa al sistema un gasto constante de estas fuentes y la población demanda un gasto que es variable con respecto al tiempo.

El sitio en donde se modifica el régimen de la fuente para ajustarlo al de los consumos, se denomina tanque de regulación cuando exclusivamente sirve para este objeto. Cuando además se retienen volúmenes de agua destinados a otros fines, recibe el nombre de tanque de almacenamiento y regulación.

También cabe destacar que en los sistemas de agua potable, se calcula una elevación determinada para la ubicación de los tanques, con la finalidad de mantener presiones adecuadas en la red de distribución.

En el plano A , se muestra la ubicación de los tanques de regulación y almacenamiento. En términos generales, puede decirse que en la zona poniente se localizan la mayor parte de ellos, mientras que en las zonas oriente, norte y sur cuentan con un número menor de tanques.

#### V A L V U L A S

Las válvulas sirven para limitar o interrumpir la circulación del agua. Se pueden clasificar según su mecanismo en válvulas de globo, de compuerta, de mariposa y de check, entre otras.

Sin embargo, en muchos casos se tiene el grave problema de no conocer el grado de abertura en las válvulas, esto obliga a efectuar la calibración del modelo ajustando los valores de los coeficientes de pérdidas de energía a través de corridas de prueba en la computadora.

| TANQUES                       | COTA TOPOGRAFICA<br>(M) | CARGA<br>(M) |
|-------------------------------|-------------------------|--------------|
| Chalmita 1 y 2                | 2287.00                 | 6.00         |
| Osc. Santa Isabel             | 2290.00                 | 4.10         |
| Peñón                         | 2290.00                 | 1.50         |
| Santa Isabel                  | 2290.00                 | 4.10         |
| Aero Club 1 y 2               | 2288.00                 | 4.25         |
| San Joaquín                   | 2289.96                 | 2.00         |
| Estrella 1 y 2                | 2292.00                 | 4.80         |
| Planta de Bombeo<br>Xotepingo | 2240.00                 | 39.13        |
| Santa Lucía 1                 | 2301.00                 | 3.60         |
| J. del Arte                   | 2290.00                 | 3.50         |
| Dolores 1, 2, 3<br>y 4        | 2288.00                 | 4.00         |

Tanques por los que ingresa el agua a la red primaria.

## DISPOSITIVOS DE MEDICION

La existencia de dispositivos de medición para la red primaria del sistema de agua potable de la ciudad de México, es fundamental para tratar de interpretar el funcionamiento hidráulico del mismo. Actualmente se cuenta con dispositivos para la medición de presiones y gastos y se continúa expandiendo la red de medición.

En la red primaria se tienen instaladas 32 estaciones medidoras de presión con registros continuos de 24 hrs.

Por lo que respecta a la medición de gastos, se sabe que existen estaciones de aforo que permiten conocer el caudal del agua en bloque, entendiendo por agua en bloque la que se recibe de fuentes externas de abastecimiento al Distrito Federal, como es el caso, del agua proveniente de la cuenca de Lerma y la del río Cutzamala. Sin embargo, no toda esta agua entra a la red primaria, ya que una parte se destina al abastecimiento de poblaciones locales que cuentan con redes de distribución independientes, esto impide precisar un valor del gasto que circula en la red primaria y sólo se ha estimado en forma aproximada.

Para conocer dicho gasto, sería conveniente aumentar el número de dispositivos de aforo, instalándolos en la salida de los tanques y sistemas de bombeo que se conectan directamente a la red primaria.

| No. | ESTACION                | ELEVACIONES (m) |                  |
|-----|-------------------------|-----------------|------------------|
|     |                         | Estimadas       | Lev. Topográfico |
| 1   | Acantilado              | 2242            | 2242.391         |
| 2   | Parque Vía              | 2254            | 2247.988         |
| 3   | Venus                   | 2234            | 2236.772         |
| 4   | Escalera                | 2234            | 2234.456         |
| 5   | Ticomán                 | 2233            | 2234.464         |
| 6   | Calle 325               | 2234            | 2232.584         |
| 7   | Ahuizotla               | 2265            | 2255.699         |
| 8   | Cuitláhuac              | 2235            | 2235.364         |
| 9   | Talismán                | 2232            | 2232.267         |
| 10  | Gran Canal              | 2233            | 2234.033         |
| 11  | Ing. Militares          | 2274            | 2272.950         |
| 12  | Tacuba                  | 2240            | 2241.222         |
| 13  | R. Flores Magón         | 2236            | 2235.439         |
| 14  | Chopo (geranio)         | 2232            | 2233.729         |
| 15  | Aluminio (Platino)      | 2232            | 2231.343         |
| 16  | Norte 17                | 2232            | 2232.499         |
| 17  | Homero                  | 2248            | 2246.870         |
| 18  | P. Arriaga              | 2231            | 2231.975         |
| 19  | Toledo                  | 2236            | 2231.978         |
| 20  | Atlixco                 | 2235            | 2236.052         |
| 21  | Sur 29                  | 2232            | 2233.299         |
| 22  | Río Churubusco          | 2233            | 2233.417         |
| 23  | Tezontle                | 2234            | -----            |
| 24  | Loreto                  | 2236            | -----            |
| 25  | Ermita                  | 2238            | 2238.183         |
| 26  | Calle 2 (Año de Juárez) | 2234            | 2234.613         |
| 27  | Bretaña                 | 2233            | 2233.372         |
| 28  | Nevado                  | 2236            | -----            |
| 29  | Repúblicas              | 2238            | -----            |
| 30  | Amores                  | 2249            | -----            |
| 31  | Centenario (Molinos)    | 2267            | -----            |
| 32  | Universidad             | 2258            | 2261.384         |

Estaciones medidoras de presión.

## PREDICION DEL COMPORTAMIENTO DE LA RED

(OPCIONES PARA SOLUCIONAR EL NIVEL DE SERVICIO EN LA ZONA ORIENTE DEL D.F.)

### ZONAS CON BAJO NIVEL DE SERVICIO

#### CRECIMIENTO DE LA CIUDAD

En una comunidad de millones de habitantes, como lo es la ciudad de México, es difícil prever con exactitud los nuevos asentamientos humanos; como por ejemplo, se puede mencionar el crecimiento inesperado de la zona oriente del D.F., hace algunos años. Estas situaciones originan una serie de problemas que deben resolverse buscando soluciones adecuadas desde el punto de vista técnico y económico. Uno de estos problemas la constituye el abasto de agua potable de las nuevas comunidades, para tal finalidad es necesario aumentar la infraestructura del sistema hidráulico en general y es muy común que se aumenten constantemente nuevos tramos de tubería a la red de distribución existentes. Ante tales cambios, es difícil predecir el comportamiento hidráulico del sistema de agua potable si no se cuenta con los suficientes elementos técnicos para realizar el análisis.

Entre las alternativas para solucionar este problema, se pueden considerar; el incremento de dispositivos para la medición de gastos y presiones, y el uso de modelos matemáticos que simulen el comportamiento hidráulico. Por lo que respecta a los dispositivos de medición se tienen restricciones desde el punto de vista económico ya que su instalación resulta costosa, por esto se trata de aprovechar el uso de modelos matemáticos que sólo requieren de equipo de computación.

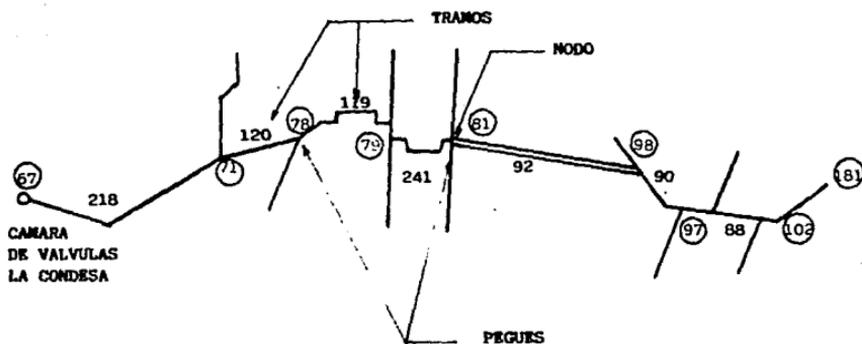
**ZONA DE BAJO NIVEL DE SERVICIO**

Como ejemplo de aplicación del modelo estático, se propone la simulación en el oriente del Distrito Federal que es una de las zonas más castigadas en lo que se refiere a presiones, y carencia de infraestructura hidráulica en zonas de asentamientos humanos irregulares.

## DESCRIPCION DE COMO SE SIMULA LA RED CON LOS TRAMOS PROPUESTOS

En los croquis (1-A y 1-B) se observan las líneas propuestas para dotar de agua potable a la población de Iztapalapa, dichas líneas se propusieron con el fin de que la población mencionada contara con el vital liquido; tomando en consideración la infraestructura actual es decir sin construir nuevas líneas, para que desde el poniente de la ciudad que es donde existen las principales fuentes de llegada de agua potable se envíe en un futuro próximo a la zona de Iztapalapa.

Lo que se hace para simular lo antes dicho, en el banco de datos del programa se modifican los pegues que tienen las líneas propuestas de la siguiente manera:



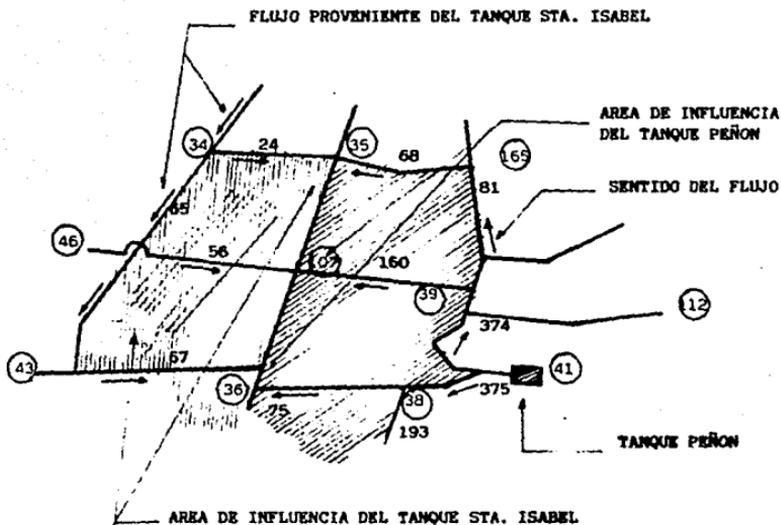
Si nos damos cuenta esta línea esta seccionada en varios tramos los cuales son (218, 120, 119, 241, 92, 90 y 88) lo que se hace es eliminar los siguientes tramos (120, 119, 241, 92, 90 y 88) y poner en el archivo de datos de la computadora que el tramo 218 ahora en lugar de ir del nodo 67 al nodo 71 va ir del nodo 67 al nodo 131 pero también hay que sumarle las longitudes de los

demás tramos eliminados, claro que esto en la realidad no existe porque la línea si tiene dichos pegues con las demás tuberías que se pueden ver, pero hay que aclarar que si esto se fuera a llevar a cabo la política ha seguir sería la de proponer al Sistema de Operación Hidráulica del Departamento del Distrito Federal la de cerrar las válvulas que existen en dichos pegues para que ahora la línea propuesta si funcione como se planteo en la simulación, también cabe señalar que el programa no toma en consideración las válvulas que existen en la red por lo que su simulación consiste en la de aumentar el coeficiente de fricción si sabemos que alguna válvula esta parcialmente abierta o cerrada.

## DESCRIPCION DE COMO SE OBTIENEN LAS AREAS DE INFLUENCIA DE LOS TANQUES

Una vez que se hacen las modificaciones todas ellas en el archivo de datos del programa se hace la simulación correspondiente y el programa automáticamente nos dice en el archivo de resultados el gasto que sale en los nodos, como se menciona anteriormente dicha área es cualitativa puesto que cada persona puede tener diferente criterio para sacar las áreas.

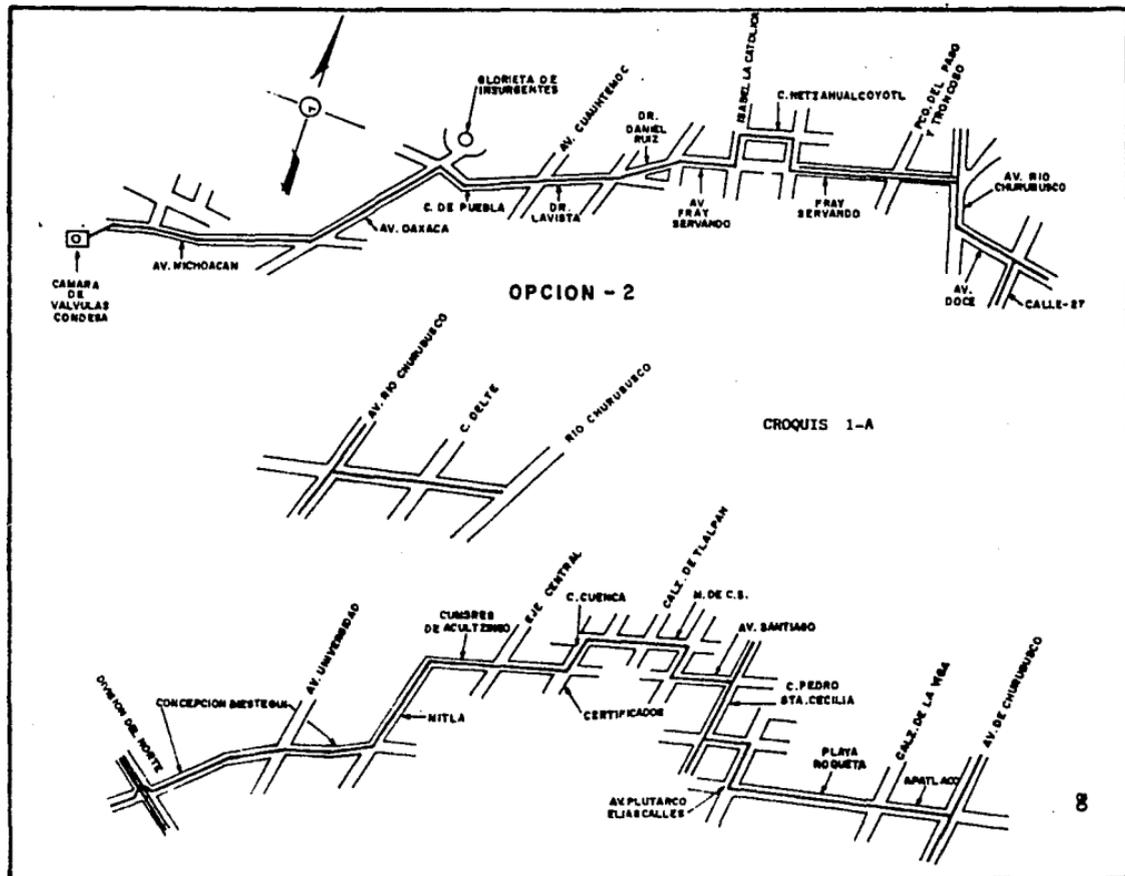
A continuación se hace un ejemplo de como se obtienen



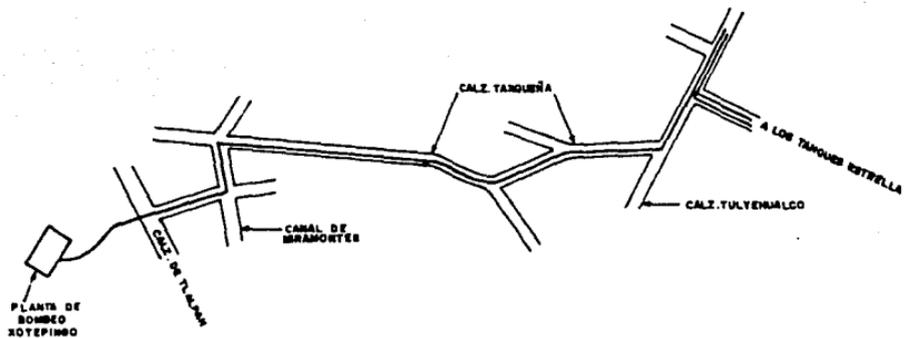
## EJEMPLO

| TUBO | GASTO | SALE DEL NUDO |  |
|------|-------|---------------|--|
| 374  | 0.109 | 41            |  |
| 375  | 0.772 | 41            |  |
| 24   | 0.073 | 34            | AQUI SE INDICA<br>DE QUE NUDO SALE EL<br>GASTO |
| .    | .     | .             |  |
| .    | .     | .             |  |
| .    | .     | .             |  |
| .    | .     | .             |  |
| 67   | 0.020 | 43            |  |

Por último en los planos donde se muestran las áreas de influencia de los tanques se tienen que tomar con las reservas de cada caso, pues dichas áreas pueden variar de acuerdo a cada corrida en particular, pues se toman de acuerdo al sentido del flujo que nos da el modelo.



**SIMULACION LINEA  
XOTEPINGO - CERRO DE LA ESTRELLA**



CROQUIS 1-B

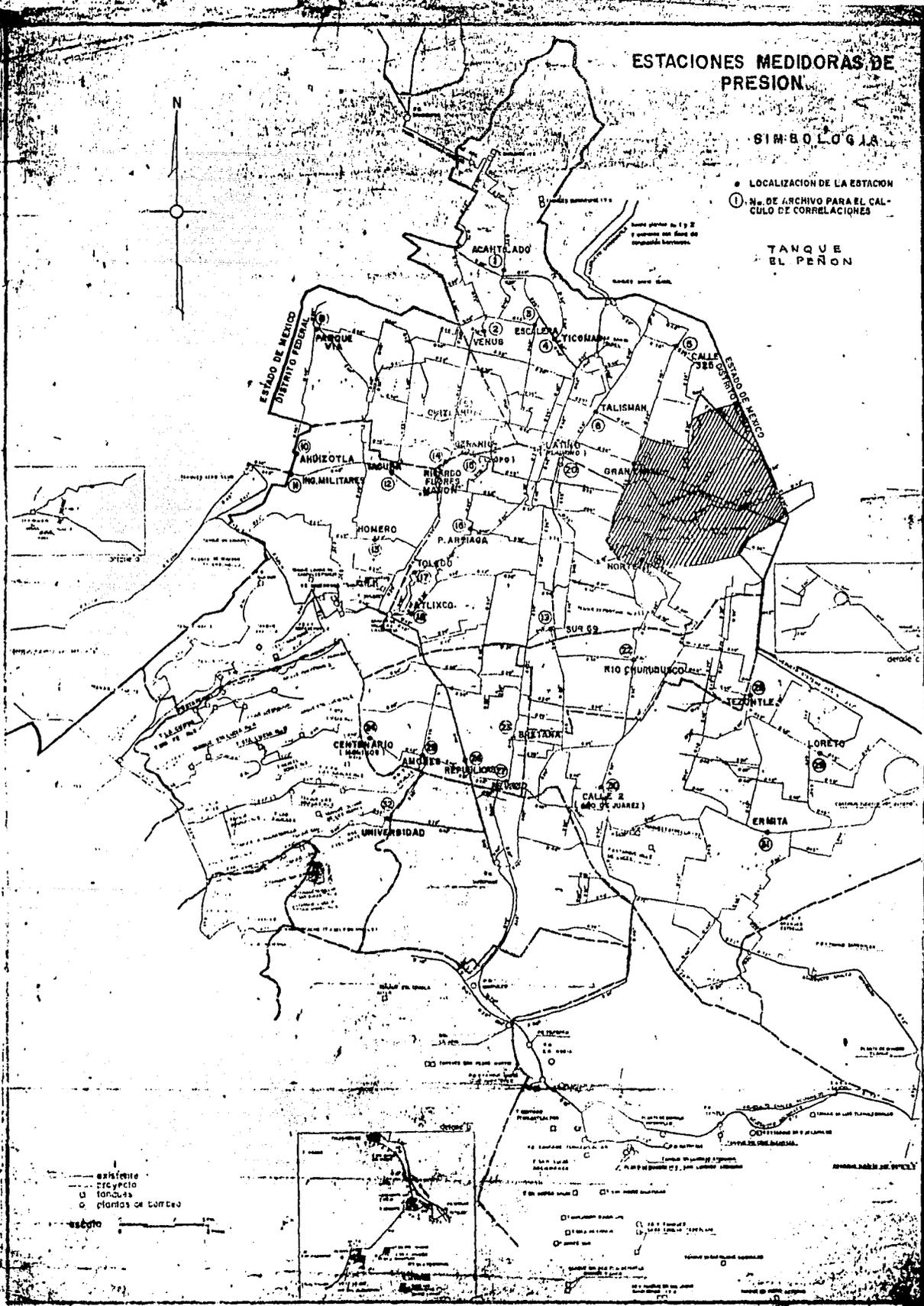
**A R E A S       D E       I N F L U E N C I A**  
**D E       T A N Q U E S**

# ESTACIONES MEDIDORAS DE PRESION

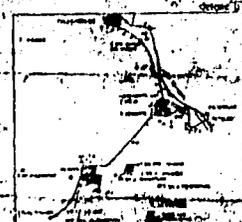
## SIMBOLOGIA

- LOCALIZACION DE LA ESTACION
- ① N.º DE ARCHIVO PARA EL CALCULO DE CORRELACIONES

TANQUE EL PEÑON



○ existente  
 □ cisterna  
 □ tanques  
 ○ plantas de bombeo



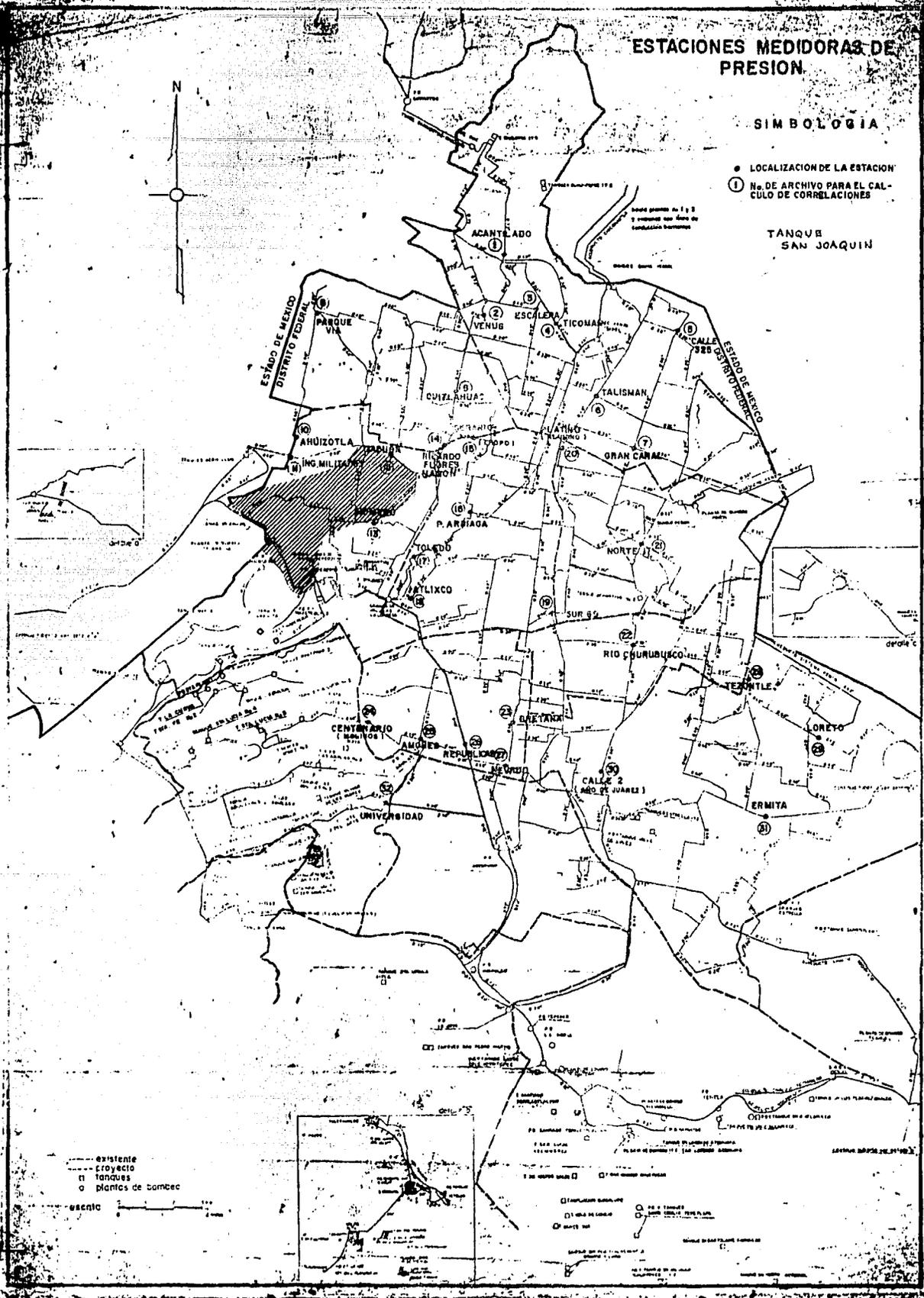
○ tanques de almacenamiento  
 □ tanques de reserva  
 ○ plantas de bombeo  
 □ plantas de tratamiento  
 ○ plantas de desinfección  
 □ plantas de filtración  
 ○ plantas de coagulación  
 □ plantas de floculación  
 ○ plantas de sedimentación  
 □ plantas de clarificación

# ESTACIONES MEDIDORAS DE PRESION

## SIMBOLOGIA

- LOCALIZACION DE LA ESTACION
- ① No. DE ARCHIVO PARA EL CALCULO DE CORRELACIONES

TANQUE SAN JOAQUIN



----- existente  
 - - - - - proyecto  
 □ tanques  
 ○ plantas de bombeo

----- escala

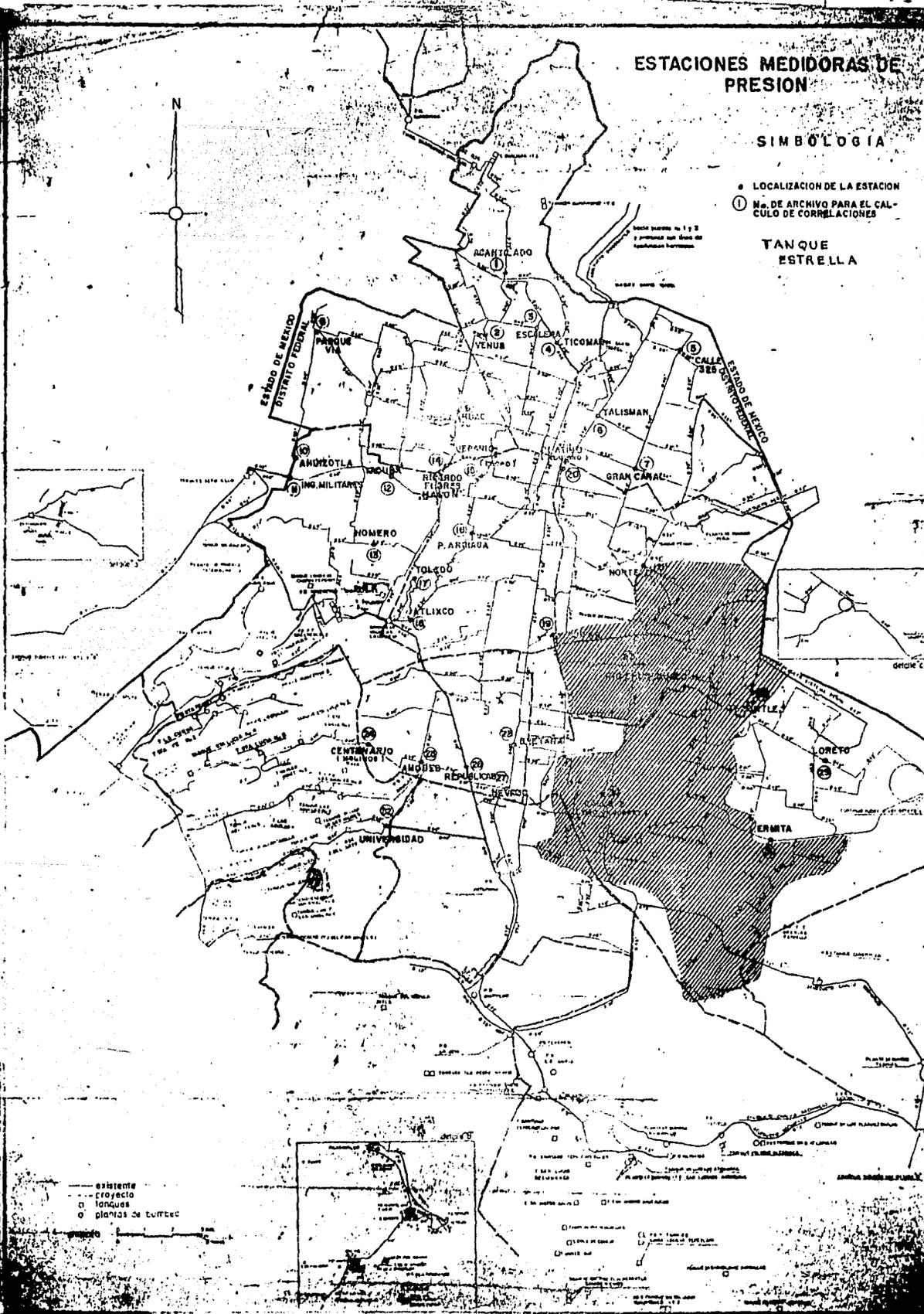
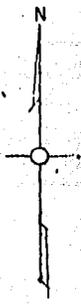
□ TANQUE SAN JOAQUIN  
 ○ PLANTA DE BOMBEO  
 ○ PLANTA DE BOMBEO  
 ○ PLANTA DE BOMBEO

# ESTACIONES MEDIDORAS DE PRESION

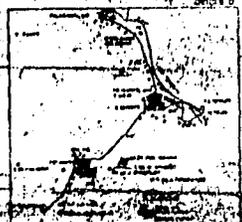
## SIMBOLOGIA

- LOCALIZACION DE LA ESTACION
- ① N.º DE ARCHIVO PARA EL CALCULO DE CORRELACIONES

TANQUE ESTRELLA



— sistema  
 - - - proyecto  
 □ tanques  
 ○ plantas de bombeo



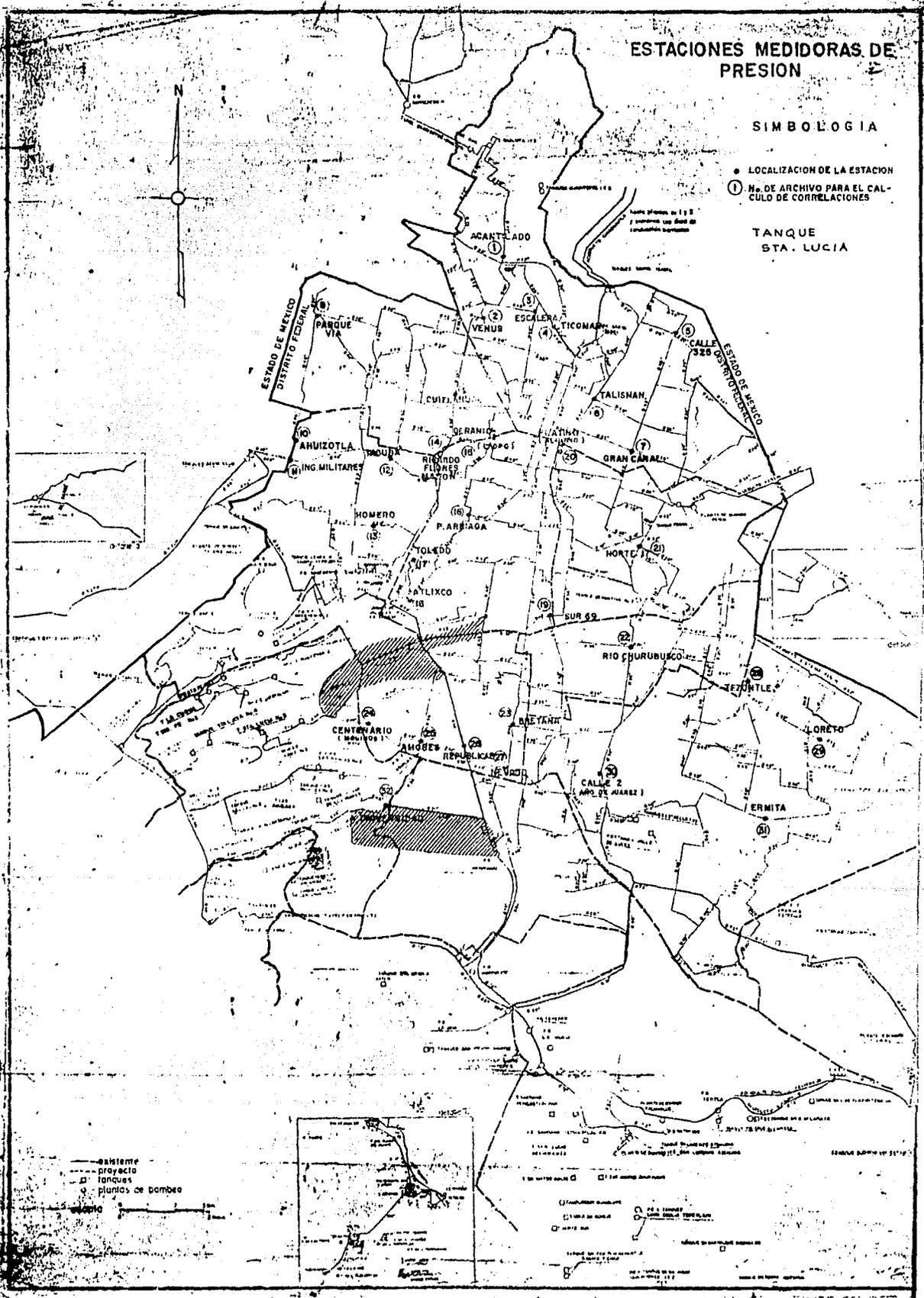
□ TANQUE DE ALTO NIVEL  
 □ TANQUE DE BAJA NIVEL  
 □ TANQUE DE ALTO NIVEL CON PLANTA DE BOMBEO  
 □ TANQUE DE BAJA NIVEL CON PLANTA DE BOMBEO  
 □ TANQUE DE ALTO NIVEL CON PLANTA DE BOMBEO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
 □ TANQUE DE BAJA NIVEL CON PLANTA DE BOMBEO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
 □ TANQUE DE ALTO NIVEL CON PLANTA DE BOMBEO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
 □ TANQUE DE BAJA NIVEL CON PLANTA DE BOMBEO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

# ESTACIONES MEDIDORAS DE PRESION

## SIMBOLOGIA

- LOCALIZACION DE LA ESTACION
- ① N. DE ARCHIVO PARA EL CALCULO DE CORRELACIONES

TANQUE STA. LUCIA

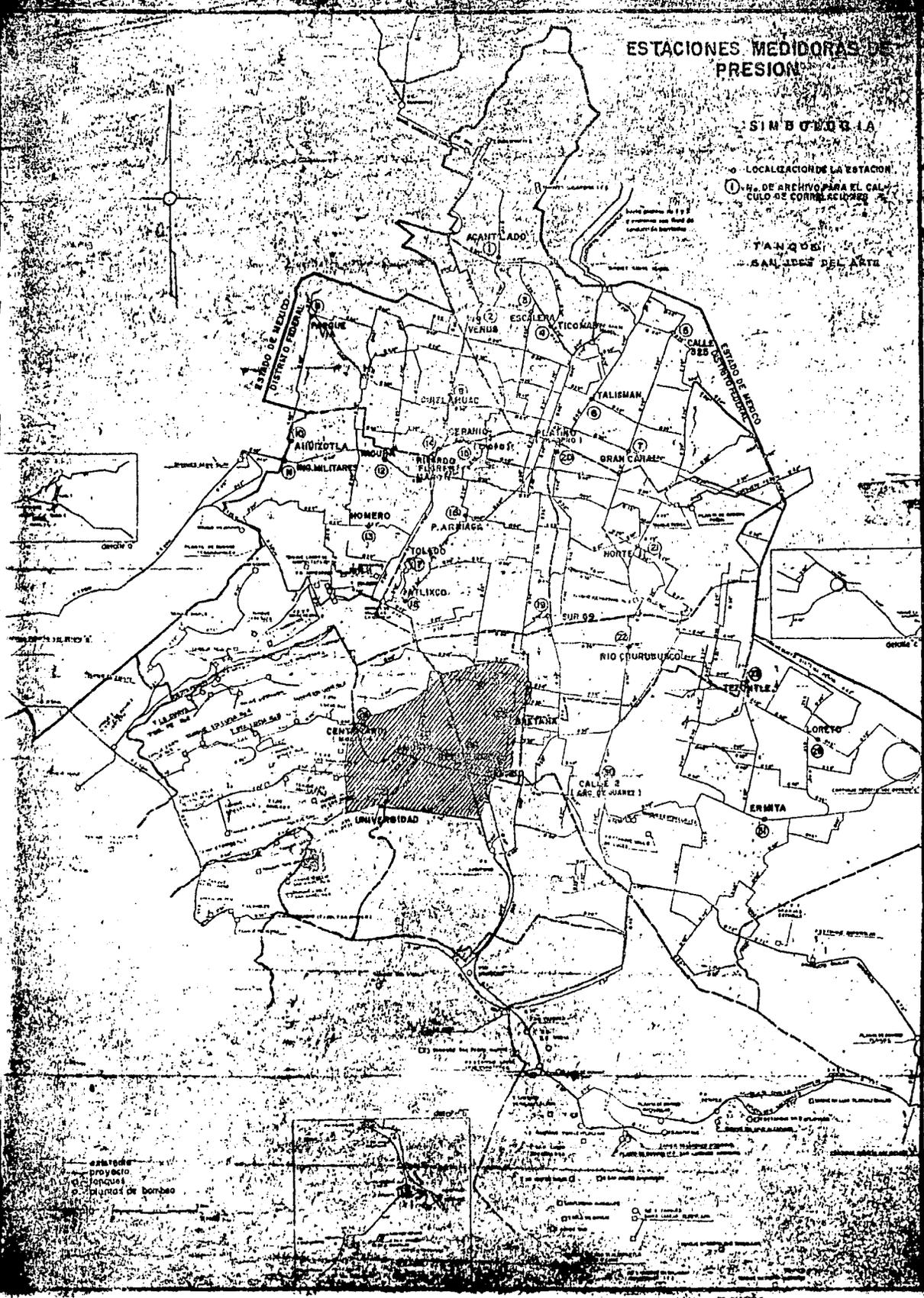


# ESTACIONES MEDIDORAS DE PRESION

## SIMBOLOGIA

- LOCALIZACION DE LA ESTACION
- ① N. DE ARCHIVO PARA EL CALCULO DE CORRELACIONES

TANQUES  
SAN JESUS DEL ARTE

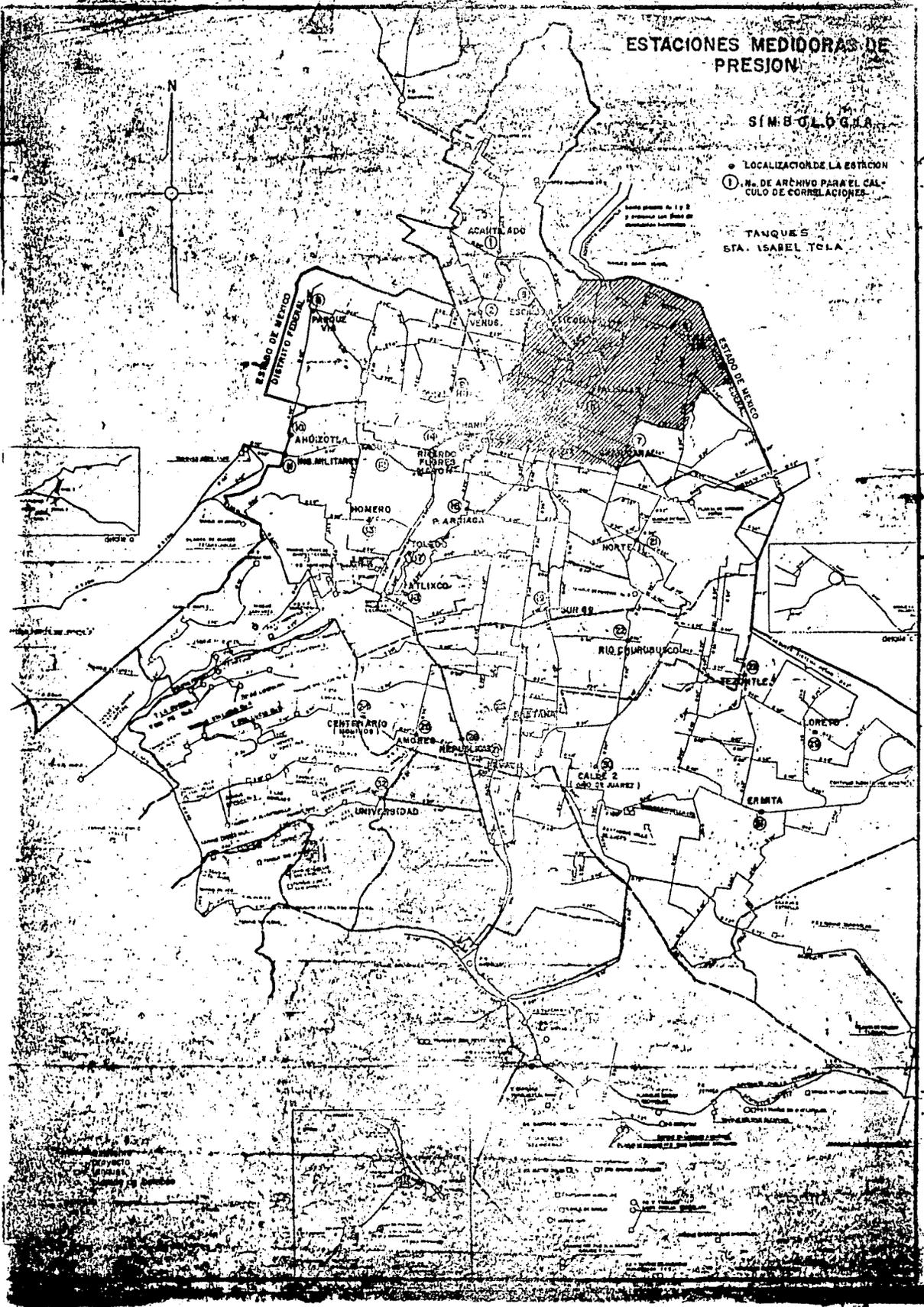


# ESTACIONES MEDIDORAS DE PRESION

## SIMBOLOGIA

- LOCALIZACION DE LA ESTACION
- ① N. DE ARCHIVO PARA EL CALCULO DE CORRELACIONES

TANQUES  
STA. ISABEL TOLA



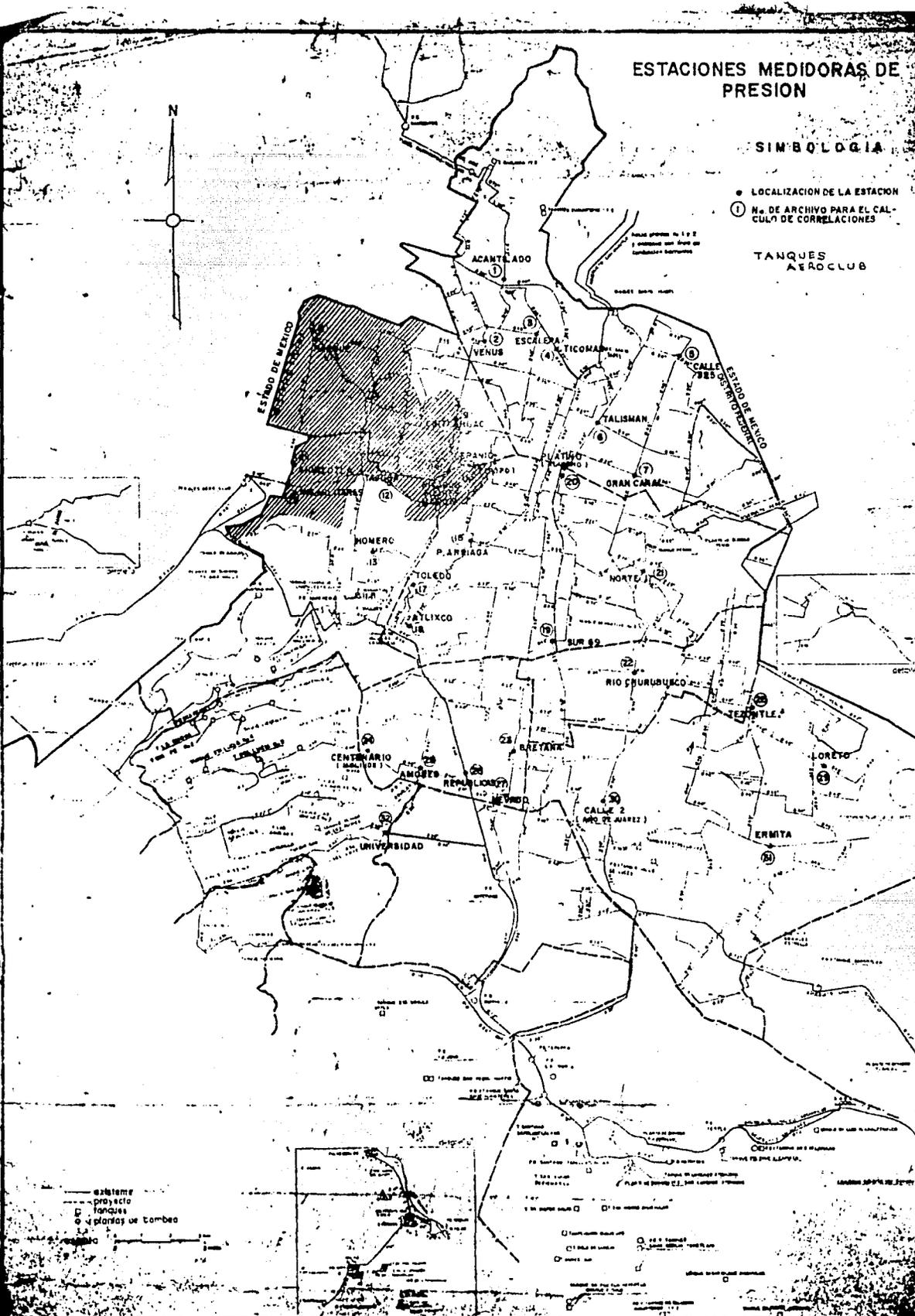


# ESTACIONES MEDIDORAS DE PRESION

## SIMBOLOGIA

- LOCALIZACION DE LA ESTACION
- ① N.º DE ARCHIVO PARA EL CALCULO DE CORRELACIONES

TANQUES AEROCUB



— sistema  
 — proyecto  
 □ tanques  
 ○ plantas de bombeo

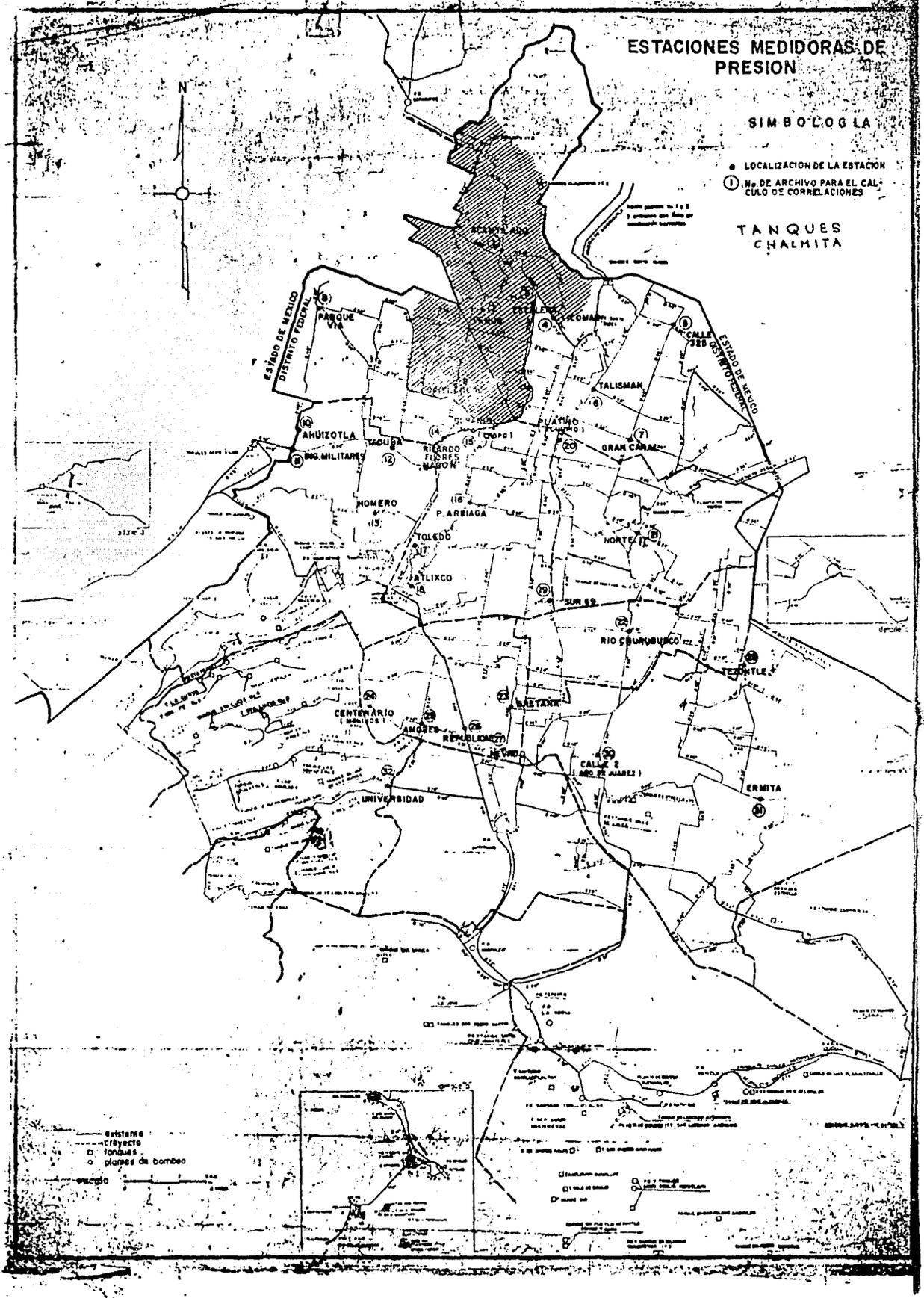
□ Tanques AEROCUB  
 ○ Estación de bombeo  
 □ Estación de medición  
 ○ Estación de control  
 □ Estación de regulación

# ESTACIONES MEDIDORAS DE PRESION

## SIMBOLOGIA

- LOCALIZACION DE LA ESTACION
- ① N.º DE ARCHIVO PARA EL CALCULO DE CORRELACIONES

## TANQUES CHALMITA

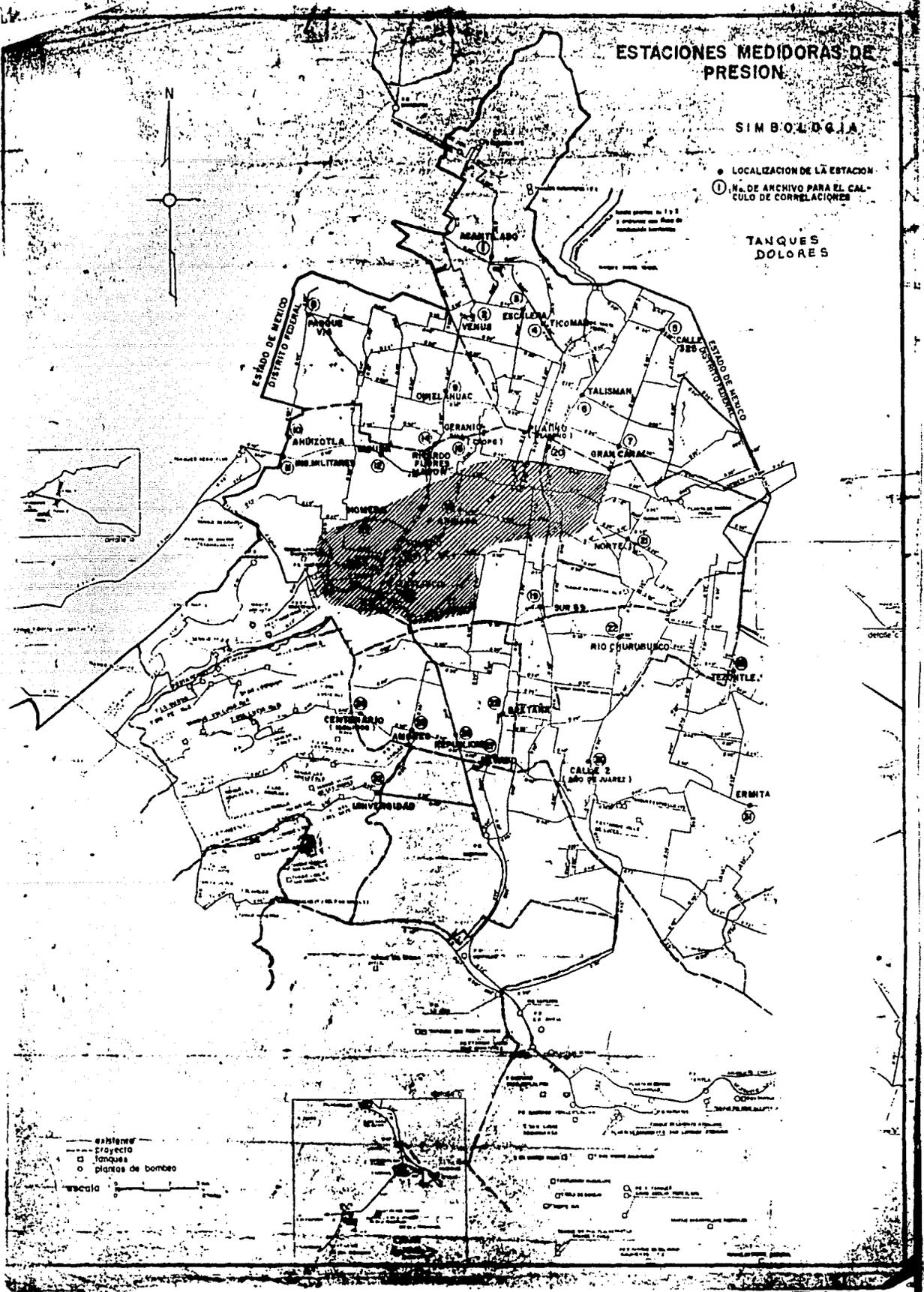


# ESTACIONES MEDIDORAS DE PRESION

## SIMBOLOGIA

- LOCALIZACION DE LA ESTACION
- ① N.º DE ARCHIVO PARA EL CALCULO DE CORRELACIONES

TANQUES DOLORES

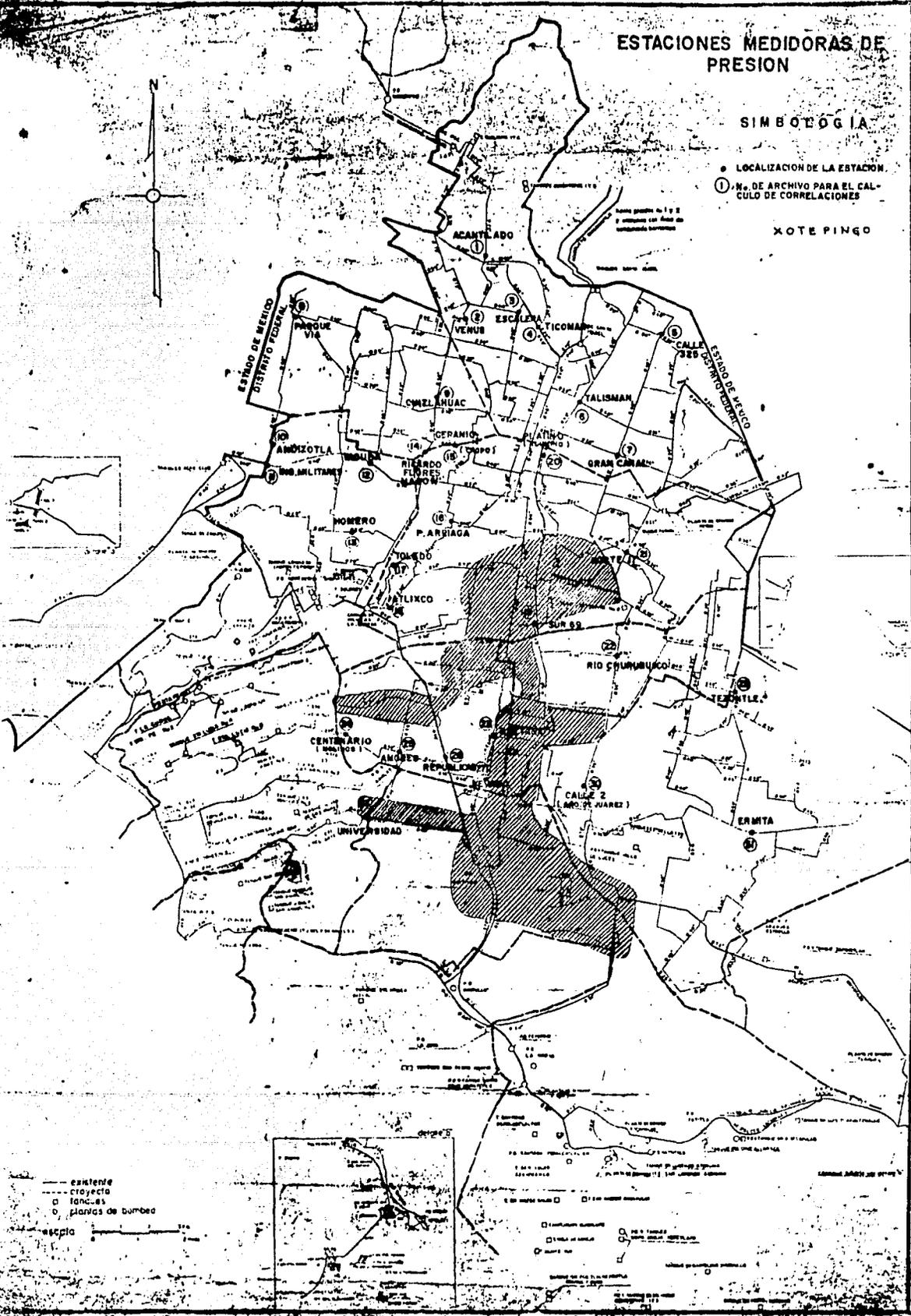


# ESTACIONES MEDIDORAS DE PRESION

## SIMBOLOGIA

- LOCALIZACION DE LA ESTACION.
- ① N.º DE ARCHIVO PARA EL CALCULO DE CORRELACIONES

XOTEPINGO



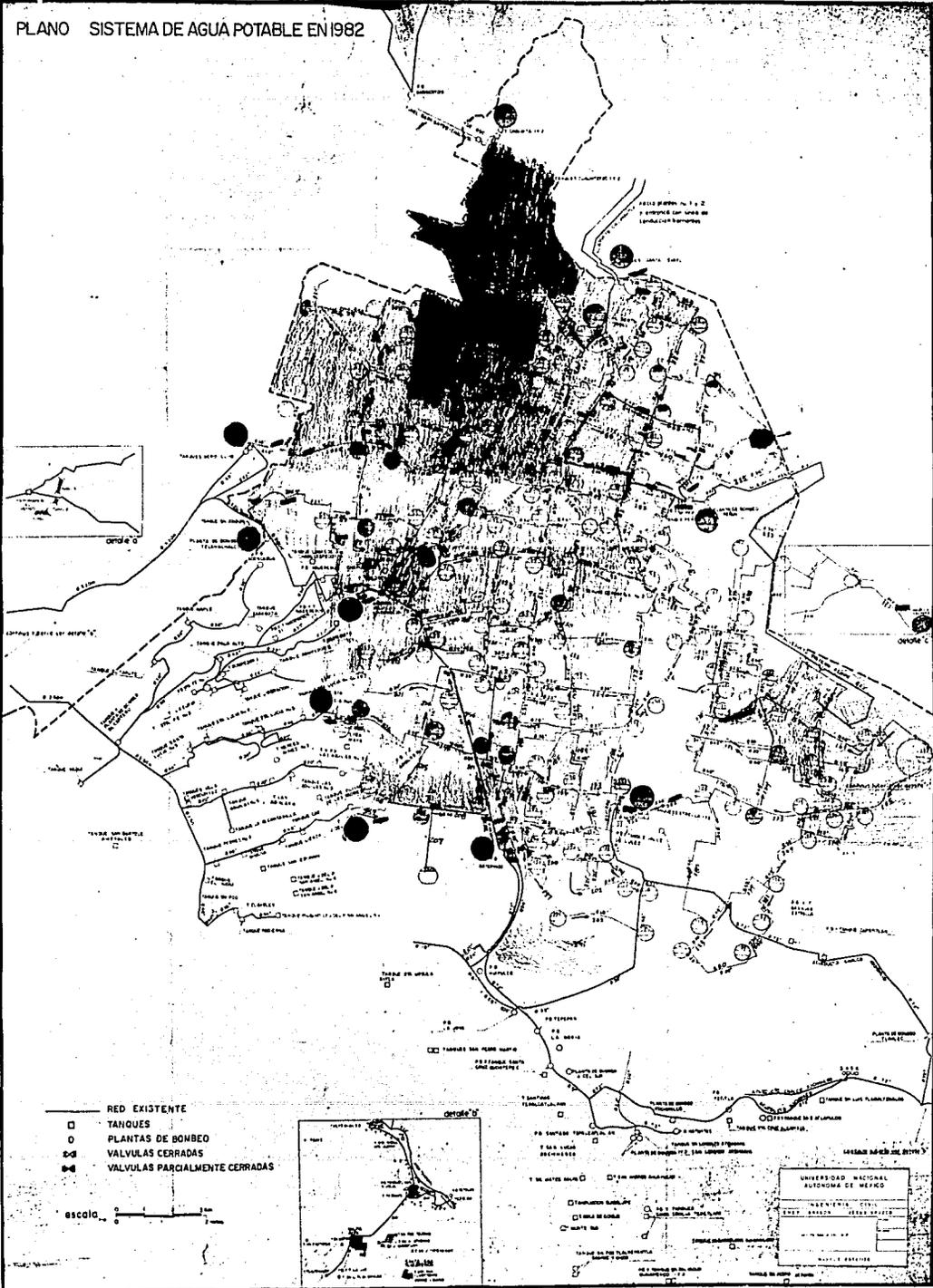
--- existente  
 - - - - - proyecta  
 □ tanques  
 ○ plantas de bombeo  
 --- escala

● LOCALIZACION ESTACIONES  
 ○ N.º ARCHIVO ESTACIONES  
 □ TANQUES  
 ○ PLANTAS DE BOMBEO

**PLANO DE FLUJOS**

**DE UNA CORRIDA DEL MODELO**

PLANO SISTEMA DE AGUA POTABLE EN 1982



- RED EXISTENTE
- TANQUES
  - PLANTAS DE BOMBEO
  - ◐ VALVULAS CERRADAS
  - ◑ VALVULAS PARCIALMENTE CERRADAS

ESCALA 1:50,000

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

INSTITUTO CIVIL  
DE INVESTIGACIONES Y  
DESARROLLO URBANO

SECRETARIA DE URBANISMO Y  
OBRAS PUBLICAS

PROYECTO DE AGUA POTABLE  
DE LA CIUDAD DE MEXICO

PLANO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE  
EN 1982

**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES**

**NOTA :** TODAS LAS CORRIDAS DEL MODELO ESTATICO  
SE HICIERON EN LA COMPUTADORA DE LA DGCOH.

**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES**

**NOTA : TODAS LAS CORRIDAS DEL MODELO ESTATICO  
SE HICIERON EN LA COMPUTADORA DE LA DGGOH.**

DESCRIPCION DE COMO SE OBTIENEN LAS ZONAS  
DE BAJA PRESION EN EL D.F.

Una vez que se tiene el archivo base, es decir el archivo de datos y archivo de salida con los resultados de presiones calibradas de acuerdo a los reportes que se manejen de las 32 estaciones medidoras de presión, para un día específico y una hora determinada, se empiezan hacer las comparaciones en cuanto a presiones en los archivos de salida de las corridas con los tramos modificados y el archivo base calibrado.

Para lo cual se tiene la siguiente metodología.

- Teniendo el archivo base calibrado, por ejemplo el archivo AZTECA 4 el cual es una calibración para el día 14 de agosto de 1987 a las 13 P.M. es decir se ajustan las presiones del modelo, con las presiones que se nos presentaron ese día en el Distrito Federal, para que de tal manera se simule lo más real posible las condiciones que se nos presentaron en la ciudad ese día.
- Como segundo paso el archivo AZTECA 4, como es un archivo base se manda copiar en la computadora con otro nombre, digamos como el archivo Azteca, el cual es el que se utilizo para la primera simulación.
- El tercer paso sería la de proponer los nuevos tramos en el archivo AZTECA, indicando su longitud, diámetro, nudos que une así como su coeficiente.

**MODIFICACIONES A LOS ARCHIVOS QUE SE UTILIZARON EN LAS SIMULACIONES****AZTECA (OPCION 1)**

TUBO 218, Une a los nudos 67 al 131

Longitud = 13080.00 mts.

TUBOS ELIMINADOS: 120, 119, 241, 92, 90 y 88

Características: Línea directa de la Cámara de Válvulas Condesa hasta la Av. Ignacio Zaragoza en Pantitlán.

**APACHE (OPCION 2)**

Las mismas características que la opción uno pero añadiendo un tramo de tubería nuevo en la Av. Río Churubusco a Río Churubusco.

TUBO 137, une a los nudos 96 al 192

Longitud = 920 mts.

**COMANCHE (OPCION 3)**

Las mismas características que la opción uno

TUBO 139, une a los nudos 3 y 95

Longitud = 7100 mts

TUBOS ELIMINADOS: 136 y 134

Características: Línea directa de División del Norte hasta Av. Río Churubusco

XOT 8 (OPCION 4)

Características: Línea directa que va de la planta de Bombeo Zotepingo a la Calzada Tulyehualco.

TUBO 354, une a los nudos 149 - 133

Longitud = 5500.00 mts.

**DESCRIPCION PARA EL USO DEL PROGRAMA**

- 1.- Determinar la configuración de la red y numerar nudos y tubos. Cabe aclarar que tal numeración es arbitraria, pero se recomienda seguir cierto orden para facilitar su localización en los planos correspondientes.
2. Determinar los puntos de entrada de agua (nudos de carga constante), la carga del tanque y su cota topográfica.
3. Determinar los nodos con gasto de egreso (nudos con demanda), su gasto y su cota topográfica.
4. Para cada tubo definir sus nudos extremos, características de longitud, diámetro y coeficiente de Manning.

**Ilustración para la introducción de los datos.**

El ejemplo manual que se resolvió en el capítulo dos, se muestra la forma en que se ordenan los datos en la computadora. (ver listado de datos del programa RED.SIETE).

| a | b  | c | d       | e       | f     | g     |
|---|----|---|---------|---------|-------|-------|
| 7 | 8  | 1 | 1       | 7       | 0.868 |       |
| 1 | 85 |   | 0.01    | 200     |       |       |
| 2 | 2  | 3 | 1500.00 |         | 1.21  | .0140 |
| 3 | 3  | 5 | 1000.00 |         | 1.21  | .0140 |
| 4 | 2  | 4 | 2000.00 |         | 1.21  | .0140 |
| 5 | 5  | 6 | 800.00  |         | 1.21  | .0140 |
| 6 | 4  | 7 | 900.00  |         | 1.21  | .0140 |
| 7 | 7  | 6 | 1500.00 |         | 1.21  | .0140 |
| 8 | 4  | 5 | 2500.00 |         | 1.21  | .0140 |
| 9 | 1  | 2 | 1000.00 |         | 1.21  | .0140 |
| 1 |    |   | 92.50   | 2290.00 |       |       |
| 2 |    |   | 0.00    | 2290.00 |       |       |
| 3 |    |   | 0.10    | 2290.00 |       |       |
| 4 |    |   | 0.10    | 2290.00 |       |       |
| 5 |    |   | 0.70    | 2270.00 |       |       |
| 6 |    |   | 0.10    | 2290.00 |       |       |
| 7 |    |   | 1.90    | 2270.00 |       |       |
| 8 |    |   | 0.10    | 2290.00 |       |       |

TARJETA DE CONTROL 1  
 TARJETA DE CONTROL 2  
 COEFICIENTES DE FRICCION  
 DIAMETROS DE LOS TUBOS  
 COTAS TOPOGRAFICAS DE LOS NODOS  
 GASTO DE DEMANDA DE LOS NODOS  
 NODOS  
 CARCA DEL TANQUE (2.50 + 90.00)

• TRABOS O TUBOS

TARJETA DE CONTROL 1

- a: NUMERO DE NODOS  
 b: NUMERO DE TUBOS  
 c: TUBOS ASOCIADOS A TANQUES  
 d: NUMERO DE TANQUES  
 e: NODOS CON DEMANDA CONOCIDA  
 f: NUMERO DE NODO MAS ALTO  
 g: NUMERO DE CALCULOS

TARJETA DE CONTROL 2

- 1.85 — FACTOR DE ACELERACION  
 0.01 — PORCENTAJE DE ERROR  
 200 — NUMERO DE ITERACIONES  
 0.868 — FACTOR DE AFECTACION  
 PARA EL GASTO DE  
 DEMANDA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA MEXICO

JESUS OROZCO LOPEZ

R E D S I E T E

- Posteriormente se corre el programa en la computadora, el cual nos indica las presiones y el nuevo gasto que circula por las tuberías propuestas, para después compararlas con el archivo AZTECA 4, y ver si la simulación propuesta nos eleva las presiones en la zona del D.F. considerada.
  
- Para el caso de las simulaciones consideradas en este trabajo se utilizó el archivo base AZTECA 4, con los archivos AZTECA, APACHE, COMANCHE y XOT 8 para ver de que manera aumentaban o disminuían con las modificaciones hechas a cada uno de ellos.

## RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Los resultados obtenidos en las simulaciones con este programa demuestran claramente la utilidad del modelo en cuestión; por ejemplo, en el primer caso se seleccionó una zona con bajo nivel de servicio, según la simulación efectuada, se puede afirmar que en la zona sur-oriente aumentan los valores de las presiones, esto significa que además de suministrar más agua a los habitantes de dicha zona; aumentan en forma general los valores de las presiones en los nudos, haciendo posible una mejor distribución en la hora de máxima demanda. En la simulación, se han supuesto algunos datos (cotas topográficas y demandas), por lo que sería conveniente obtener los valores reales en caso de llevar a cabo el proyecto de llevar agua del poniente de la ciudad a las zonas con falta de servicio que en este caso es la oriente que comprende las Delegaciones de Iztapalapa, Iztacalco y parte de Tlahuac. También es importante notar, que se propusieron tuberías que funcionarán directamente desde la cámara de válvulas La Condesa; sin embargo esto en la realidad se podría hacer cerrando las válvulas que existen en los puentes que tiene dicha línea.

Así como se ha descrito anteriormente, también se pueden simular diversas situaciones para poder predecir de una manera general, el comportamiento hidráulico de la red primaria bajo los cambios realizados.

Por ejemplo, se puede simular la eventual falla de una o más tanques de almacenamiento, lo cual se ve de una manera cualitativa en las zonas de influencia de los tanques, que zona del D.F. quedaría sin el vital líquido.

**OPCIONES**

1. Seccionando la línea de Xotepingo-Cerro de la Estrella y proponiendo un tramo nuevo, las presiones bajan en parte de Iztacalco, por lo tanto se puede decir que no es funcional esta alternativa.
2. En la línea que va de División del Norte y Río Churubusco junto con el tramo nuevo, como se mencionó en el punto No. 1 se observó que al seccionar esta línea aumentan las presiones tanto al oriente como al sur de dicha línea y bajan las presiones en la zona centro, por lo tanto está alternativa es la que presenta aumento de presiones en la zona oriente.
3. Simulación Xotepingo-Taxqueña y dos tramos propuestos se observó, que bajan las presiones en gran parte de la red, por lo tanto se eliminará.
4. Simulación Xotepingo-Taxqueña y una línea propuesta que va de Churubusco a Río Churubusco, se ve que de igual forma que algunas de las simulaciones si cumplen con el objetivo de aumentar la presión en la zona oriente.

**RESUMEN**

- Las simulaciones 1 y 3 tienen la tendencia de disminuir la presión en el oriente del D.F.
- La simulación 4 aumenta en gran parte de Iztapalapa por lo que cumple con los objetivos.
- La simulación 2 cumple también con los objetivos de aumentar la presión en el oriente por lo que las simulaciones 4 y 2 son las metas que se requieren

**ARCHIVO BASE AZTECA 4**

**NOTA : TODAS LAS CORRIDAS  
DEL MODELO ESTATICO SE HICIERON EN LA  
COMPUTADORA DE LA D G C O H.**

File: /POTABLE/RAZTICA4  
Created: Mon Dec 28, 1987 3:21:05 pm  
Updated: Mon Dec 28, 1987 4:34:28 pm  
Printed: Mon Dec 28, 1987 4:36:26 pm

RAZTICA4

RAZTICA4

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

JESUS OROZCO LOPEZ

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA RED

91

| TUBO | NUDOS QUE UNE | LONGITUD<br>(M) | DIÁMETRO<br>(M) | COEFICIENTE DE BANKING |
|------|---------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| 1    | 176 4         | 1900.00         | .51             | .0160                  |
| 2    | 32 34         | 1670.00         | .91             | .0160                  |
| 4    | 4 10          | 4030.00         | .91             | .0600                  |
| 5    | 4 10          | 3290.00         | .51             | .1000                  |
| 6    | 4 7           | 1500.00         | 1.22            | .2000                  |
| 7    | 172 6         | 1700.00         | 1.83            | .0800                  |
| 8    | 6 7           | 340.00          | 1.22            | .0160                  |
| 9    | 7 8           | 1330.00         | 1.22            | .0160                  |
| 10   | 8 13          | 2630.00         | 1.22            | .0800                  |
| 11   | 11 90         | 1100.00         | .91             | .0160                  |
| 12   | 10 13         | 1370.00         | .51             | .0800                  |
| 14   | 5 67          | 1000.00         | .51             | .0200                  |
| 17   | 13 16         | 1780.00         | 1.22            | .0200                  |
| 19   | 16 19         | 900.00          | 1.22            | .0160                  |
| 20   | 16 17         | 1160.00         | 1.22            | .0200                  |
| 21   | 17 18         | 1310.01         | .51             | .0200                  |
| 22   | 18 32         | 1615.00         | 1.22            | .0160                  |
| 23   | 32 35         | 1505.00         | 1.22            | .0160                  |
| 24   | 31 35         | 1850.00         | 1.22            | .0160                  |
| 25   | 19 31         | 1020.00         | 1.22            | .0160                  |
| 26   | 30 147        | 900.00          | 1.22            | .0600                  |
| 27   | 29 30         | 1480.00         | .91             | .0160                  |
| 28   | 8 104         | 1500.00         | 1.22            | .0800                  |
| 29   | 28 130        | 1900.00         | .91             | .0160                  |
| 30   | 20 28         | 650.00          | 1.22            | .0160                  |
| 31   | 6 20          | 1940.00         | 1.22            | .0800                  |
| 32   | 20 21         | 1350.00         | 1.22            | .0160                  |
| 33   | 6 183         | 1100.00         | 1.22            | .0160                  |
| 34   | 21 22         | 855.00          | 1.22            | .0160                  |
| 35   | 182 27        | 1400.00         | 1.22            | .0160                  |
| 36   | 25 27         | 1530.00         | .91             | .0160                  |
| 37   | 175 146       | 960.00          | 1.22            | .0500                  |
| 39   | 23 24         | 2150.00         | 1.22            | .0300                  |
| 40   | 24 25         | 2800.00         | 1.22            | .0160                  |
| 42   | 25 60         | 1820.00         | .91             | .0300                  |
| 43   | 59 60         | 700.00          | .91             | .0500                  |
| 44   | 56 60         | 1030.00         | 1.22            | .0500                  |
| 45   | 58 59         | 880.00          | .91             | .0500                  |
| 46   | 56 58         | 900.00          | 1.22            | .0500                  |
| 47   | 56 57         | 1160.00         | 1.22            | .0500                  |
| 48   | 27 57         | 340.00          | 1.22            | .0500                  |
| 49   | 49 57         | 1920.00         | .91             | .0500                  |
| 50   | 50 56         | 1340.00         | 1.22            | .0500                  |
| 52   | 49 50         | 1150.00         | 1.22            | .0500                  |
| 53   | 28 49         | 1010.00         | 1.22            | .0160                  |
| 54   | 48 49         | 1710.00         | .91             | .0500                  |
| 55   | 50 51         | 1400.00         | 1.22            | .0500                  |
| 56   | 46 107        | 2900.00         | .91             | .0500                  |
| 57   | 47 48         | 900.00          | .91             | .0500                  |
| 58   | 29 47         | 1450.00         | 1.22            | .0160                  |
| 59   | 46 47         | 1010.00         | .91             | .0500                  |
| 60   | 30 46         | 1000.00         | 1.22            | .0600                  |
| 61   | 45 51         | 2200.00         | 1.22            | .0500                  |

ENEP ARAGON

|     |     |     |         |      |       |
|-----|-----|-----|---------|------|-------|
| 62  | 44  | 45  | 2400.00 | 1.22 | .0500 |
| 63  | 45  | 46  | 1800.00 | 1.22 | .0160 |
| 64  | 43  | 45  | 800.00  | 1.22 | .0500 |
| 65  | 31  | 43  | 2800.00 | 1.22 | .0160 |
| 66  | 35  | 107 | 1000.00 | 1.22 | .0500 |
| 67  | 36  | 43  | 2280.00 | 1.22 | .0500 |
| 68  | 35  | 165 | 1530.00 | .51  | .0300 |
| 69  | 76  | 77  | 2450.00 | .51  | .0500 |
| 70  | 36  | 77  | 960.00  | 1.22 | .0500 |
| 72  | 18  | 34  | 2540.00 | .51  | .0500 |
| 73  | 36  | 107 | 1100.00 | 1.22 | .0500 |
| 74  | 34  | 165 | 1700.00 | .51  | .0500 |
| 75  | 36  | 38  | 1560.00 | .51  | .0160 |
| 76  | 98  | 81  | 2400.00 | .51  | .0200 |
| 77  | 100 | 53  | 2260.00 | .91  | .0500 |
| 78  | 87  | 135 | 2250.00 | .51  | .0700 |
| 79  | 5   | 64  | 2520.00 | .51  | .0160 |
| 80  | 34  | 39  | 6100.00 | .51  | .0500 |
| 81  | 39  | 165 | 1190.00 | .51  | .0200 |
| 82  | 100 | 131 | 3495.00 | .51  | .0200 |
| 83  | 77  | 101 | 600.00  | 1.22 | .0200 |
| 84  | 100 | 101 | 1350.00 | .51  | .0500 |
| 85  | 69  | 100 | 1390.00 | .81  | .0500 |
| 86  | 99  | 101 | 1640.00 | 1.22 | .0300 |
| 87  | 100 | 99  | 700.00  | .81  | .0500 |
| 89  | 102 | 103 | 700.00  | 1.22 | .0200 |
| 91  | 98  | 99  | 580.00  | 1.22 | .0600 |
| 93  | 11  | 81  | 840.00  | 1.22 | .0500 |
| 94  | 75  | 76  | 420.00  | .81  | .0600 |
| 95  | 75  | 80  | 1390.00 | .91  | .0700 |
| 96  | 80  | 79  | 1120.00 | .91  | .0500 |
| 97  | 79  | 84  | 2500.00 | .91  | .0500 |
| 98  | 82  | 84  | 1000.00 | 1.22 | .0500 |
| 99  | 82  | 124 | 500.00  | 1.22 | .0500 |
| 100 | 74  | 75  | 500.00  | .81  | .0500 |
| 101 | 73  | 74  | 2310.00 | .81  | .0500 |
| 102 | 51  | 73  | 1540.00 | 1.22 | .0500 |
| 103 | 72  | 44  | 1050.00 | 1.22 | .0500 |
| 104 | 54  | 73  | 1150.00 | .91  | .0500 |
| 105 | 52  | 17  | 1030.00 | 1.22 | .0500 |
| 106 | 54  | 65  | 2420.00 | .91  | .0160 |
| 107 | 65  | 5   | 1200.00 | .91  | .0500 |
| 108 | 168 | 167 | 1250.00 | 1.22 | .0040 |
| 109 | 68  | 70  | 950.00  | 1.22 | .0500 |
| 110 | 70  | 72  | 2090.00 | 1.22 | .0500 |
| 111 | 72  | 73  | 1400.00 | .51  | .0500 |
| 112 | 44  | 80  | 1700.00 | .91  | .0700 |
| 113 | 45  | 74  | 870.00  | 1.22 | .0500 |
| 114 | 50  | 54  | 1570.00 | 1.22 | .0160 |
| 115 | 54  | 58  | 2080.00 | .91  | .0160 |
| 116 | 59  | 64  | 3090.00 | .51  | .0160 |
| 117 | 63  | 64  | 985.00  | .51  | .0160 |
| 118 | 64  | 65  | 2160.00 | .51  | .0160 |
| 121 | 71  | 70  | 780.00  | .91  | .0160 |
| 122 | 86  | 78  | 1740.00 | 1.22 | .0500 |
| 123 | 2   | 127 | 1210.00 | .51  | .0150 |
| 124 | 84  | 85  | 1500.00 | .91  | .0500 |
| 125 | 85  | 86  | 650.00  | 1.22 | .0500 |
| 126 | 86  | 87  | 2650.00 | .91  | .0500 |
| 127 | 85  | 178 | 1150.00 | 1.22 | .0500 |

92

ENEP ARAGON

JESUS OROZCO

|     |         |         |      |       |
|-----|---------|---------|------|-------|
| 128 | 88 178  | 1850.00 | .51  | .0500 |
| 129 | 87 88   | 950.00  | 1.22 | .0500 |
| 130 | 82 94   | 950.00  | 1.22 | .0500 |
| 131 | 94 96   | 2650.00 | .91  | .0300 |
| 132 | 96 97   | 1775.00 | .91  | .0500 |
| 133 | 95 96   | 1780.00 | .91  | .0300 |
| 134 | 93 95   | 2260.00 | .91  | .0500 |
| 135 | 93 94   | 1760.00 | 1.22 | .0500 |
| 136 | 91 93   | 1685.00 | .91  | .0300 |
| 138 | 04 89   | 1210.00 | 1.22 | .0500 |
| 139 | 15 91   | 1290.00 | .91  | .0160 |
| 140 | 90 178  | 710.00  | .51  | .0500 |
| 141 | 91 134  | 1155.00 | 1.22 | .0500 |
| 142 | 145 139 | 1800.00 | .51  | .0500 |
| 143 | 93 144  | 800.00  | 1.22 | .0500 |
| 144 | 144 134 | 1600.00 | .51  | .0500 |
| 145 | 139 138 | 1970.00 | .51  | .0500 |
| 146 | 95 138  | 1140.00 | .91  | .0500 |
| 147 | 175 164 | 1830.00 | 1.22 | .0500 |
| 148 | 121 132 | 1051.00 | 1.22 | .0160 |
| 149 | 103 105 | 625.00  | 1.22 | .0160 |
| 150 | 103 104 | 1400.00 | 1.22 | .0160 |
| 151 | 105 106 | 1760.00 | 1.22 | .0300 |
| 152 | 104 106 | 900.00  | .51  | .0160 |
| 153 | 104 186 | 2940.00 | 1.22 | .0150 |
| 154 | 108 109 | 1020.00 | 1.22 | .0160 |
| 155 | 108 114 | 2600.00 | 1.22 | .0150 |
| 156 | 114 177 | 2420.00 | 1.22 | .0300 |
| 157 | 109 113 | 4675.00 | .51  | .0160 |
| 158 | 190 155 | 2200.00 | 1.22 | .0145 |
| 159 | 109 113 | 1550.00 | 1.22 | .0160 |
| 160 | 107 39  | 1750.00 | .91  | .0150 |
| 161 | 113 122 | 2000.00 | 1.22 | .0160 |
| 162 | 117 122 | 2700.00 | 1.22 | .0160 |
| 163 | 113 117 | 1440.00 | .51  | .0160 |
| 164 | 122 123 | 3375.00 | 1.22 | .0160 |
| 165 | 179 123 | 3305.00 | 1.22 | .0160 |
| 166 | 179 180 | 500.00  | 1.22 | .0160 |
| 167 | 118 180 | 1180.00 | 1.22 | .0900 |
| 168 | 117 118 | 820.00  | 1.22 | .0160 |
| 169 | 114 118 | 2460.00 | 1.22 | .0160 |
| 170 | 125 179 | 2810.00 | 1.22 | .0150 |
| 171 | 119 180 | 1400.00 | 1.22 | .0150 |
| 172 | 119 125 | 530.00  | 1.22 | .0040 |
| 173 | 116 119 | 1800.00 | 1.22 | .0160 |
| 174 | 114 116 | 1640.00 | 1.22 | .0900 |
| 175 | 115 116 | 1020.00 | 1.22 | .0160 |
| 176 | 115 177 | 2850.00 | 1.22 | .0900 |
| 177 | 115 128 | 1090.00 | 1.22 | .0080 |
| 176 | 91 89   | 400.00  | 1.22 | .0300 |
| 179 | 126 127 | 2945.00 | 1.22 | .0150 |
| 180 | 127 128 | 5310.00 | 1.72 | .0160 |
| 181 | 187 126 | 1700.00 | .51  | .0020 |
| 182 | 137 138 | 2450.00 | 1.22 | .0900 |
| 183 | 140 137 | 1000.00 | 1.22 | .0500 |
| 184 | 139 140 | 2640.00 | 1.22 | .0500 |
| 185 | 139 141 | 2275.00 | .51  | .0500 |
| 186 | 140 141 | 1100.00 | 1.22 | .0500 |
| 187 | 136 140 | 1420.00 | 1.22 | .0500 |
| 188 | 136 14  | 1400.00 | 1.22 | .0500 |

ENEP ARAGON

JESUS OROZCO

|     |         |          |      |       |
|-----|---------|----------|------|-------|
| 189 | 142 143 | 1700.00  | .91  | .0500 |
| 190 | 141 142 | 750.00   | 1.22 | .0500 |
| 191 | 142 146 | 1000.00  | 1.22 | .0500 |
| 192 | 145 146 | 1400.00  | 1.22 | .0500 |
| 193 | 38 69   | 780.00   | .81  | .0400 |
| 194 | 146 148 | 2560.00  | 1.22 | .0500 |
| 195 | 154 190 | 750.00   | 1.22 | .0145 |
| 197 | 151 154 | 2680.00  | 1.22 | .0160 |
| 198 | 150 151 | 360.00   | 1.22 | .0160 |
| 199 | 143 150 | 870.00   | 1.22 | .0500 |
| 200 | 151 152 | 1730.00  | 1.22 | .0500 |
| 201 | 152 173 | 1200.00  | .51  | .0160 |
| 202 | 152 153 | 2700.00  | 1.22 | .0500 |
| 203 | 154 174 | 2690.00  | .51  | .0160 |
| 204 | 153 173 | 800.00   | 1.22 | .0500 |
| 205 | 153 181 | 550.00   | 1.22 | .0500 |
| 207 | 191 156 | 2000.00  | 1.22 | .0145 |
| 208 | 157 158 | 2360.00  | 1.22 | .0500 |
| 209 | 157 156 | 1500.00  | 1.22 | .0145 |
| 211 | 158 160 | 4535.00  | 1.22 | .0160 |
| 212 | 160 161 | 1910.00  | 1.22 | .0160 |
| 213 | 161 162 | 2360.00  | .51  | .0160 |
| 214 | 90 164  | 4310.00  | .91  | .0150 |
| 215 | 164 167 | 2615.00  | .91  | .0160 |
| 216 | 67 161  | 2380.00  | 1.22 | .0500 |
| 217 | 67 87   | 1800.00  | 1.22 | .0500 |
| 218 | 67 131  | 13080.00 | .91  | .0500 |
| 219 | 67 68   | 2150.00  | 1.22 | .0160 |
| 220 | 67 68   | 1830.00  | 1.22 | .0160 |
| 221 | 160 163 | 3510.00  | .51  | .0160 |
| 222 | 158 167 | 4020.00  | .51  | .0160 |
| 223 | 110 111 | 925.00   | 1.22 | .0160 |
| 224 | 133 137 | 900.00   | .91  | .0150 |
| 225 | 11 76   | 1440.00  | .81  | .0500 |
| 226 | 111 164 | 2090.00  | 1.22 | .0160 |
| 228 | 133 136 | 1700.00  | .91  | .0500 |
| 229 | 191 157 | 2200.00  | 1.22 | .0500 |
| 233 | 145 134 | 800.00   | 1.22 | .0500 |
| 234 | 130 29  | 750.00   | .91  | .0500 |
| 235 | 39 112  | 3450.00  | .91  | .0500 |
| 236 | 48 130  | 1000.00  | 1.22 | .0500 |
| 237 | 112 92  | 4900.00  | .91  | .0160 |
| 238 | 9 92    | 3740.00  | .91  | .0500 |
| 239 | 9 194   | 2300.00  | .51  | .0100 |
| 240 | 9 104   | 600.00   | .51  | .0500 |
| 242 | 131 102 | 400.00   | .91  | .0150 |
| 243 | 190 15  | 350.00   | .91  | .0145 |
| 244 | 138 120 | 1000.00  | 1.22 | .0160 |
| 245 | 43 76   | 930.00   | 1.22 | .0500 |
| 249 | 139 144 | 600.00   | 1.22 | .0500 |
| 252 | 185 121 | 700.00   | 1.22 | .0160 |
| 253 | 132 108 | 2300.00  | .51  | .0150 |
| 254 | 132 177 | 850.00   | 1.22 | .0160 |
| 255 | 22 23   | 1910.00  | 1.22 | .0150 |
| 256 | 23 25   | 1680.00  | 1.22 | .0150 |
| 257 | 48 51   | 1450.00  | 1.22 | .0500 |
| 258 | 89 178  | 1450.00  | .51  | .0500 |
| 259 | 125 126 | 2540.00  | 1.22 | .0160 |
| 260 | 105 120 | 1700.00  | 1.22 | .0090 |
| 262 | 34 112  | 4500.00  | .91  | .0300 |

ENEP ARAGON

JESUS OROZCO

|     |         |         |      |       |
|-----|---------|---------|------|-------|
| 263 | 52 18   | 2120.00 | 1.22 | 0122  |
| 264 | 24 26   | 3800.00 | 1.22 | 0160  |
| 265 | 25 182  | 2250.00 | .51  | 0150  |
| 266 | 22 182  | 1220.00 | 1.22 | .0150 |
| 268 | 14 143  | 1100.00 | 1.22 | .0150 |
| 269 | 182 184 | 4900.00 | .51  | .0150 |
| 270 | 29 184  | 1100.00 | 1.22 | 0160  |
| 271 | 183 172 | 2400.00 | .51  | 0500  |
| 272 | 176 172 | 1000.00 | 1.83 | .1000 |
| 273 | 21 183  | 1400.00 | 1.22 | 0160  |
| 274 | 184 147 | 1750.00 | .51  | .0300 |
| 275 | 13 147  | 650.00  | 1.22 | 0160  |
| 276 | 185 186 | 1100.00 | 1.22 | 0150  |
| 277 | 185 186 | 400.00  | 1.22 | 0160  |
| 278 | 108 186 | 800.00  | .51  | 0150  |
| 279 | 188 187 | 2500.00 | .51  | 0100  |
| 280 | 2 188   | 2600.00 | .51  | 0150  |
| 283 | 69 77   | 1600.00 | .51  | 0500  |
| 284 | 69 11   | 3200.00 | .51  | 3500  |
| 288 | 189 159 | 2900.00 | 1.22 | 0145  |
| 289 | 52 18   | 2120.00 | 1.22 | 0145  |
| 290 | 175 15  | 2200.00 | .51  | 0145  |
| 291 | 57 182  | 1950.00 | .51  | 0150  |
| 292 | 147 30  | 900.00  | .51  | 0500  |
| 293 | 30 46   | 1000.00 | .51  | 0700  |
| 294 | 46 45   | 1800.00 | .51  | 0160  |
| 295 | 45 74   | 870.00  | .51  | 0160  |
| 351 | 59 189  | 5100.00 | 1.22 | 0145  |
| 352 | 129 128 | 2690.00 | 1.22 | 0525  |
| 353 | 129 133 | 1810.00 | .91  | 0725  |
| 354 | 149 150 | 720.00  | 1.22 | 1025  |
| 355 | 149 148 | 670.00  | 1.22 | 0875  |
| 356 | 149 88  | 7110.00 | 1.22 | 0465  |
| 357 | 149 138 | 1360.00 | 1.22 | 0275  |
| 359 | 169 191 | 500.00  | 1.22 | 1125  |
| 360 | 166 110 | 1160.00 | 1.22 | 0375  |
| 361 | 66 67   | 1725.00 | 1.22 | 0925  |
| 362 | 66 67   | 1725.00 | 1.22 | 0925  |
| 363 | 66 63   | 2275.00 | .51  | 0525  |
| 364 | 62 63   | 3200.00 | .51  | 0122  |
| 365 | 61 59   | 3875.00 | 1.22 | 0200  |
| 366 | 61 26   | 2850.00 | 1.22 | 0150  |
| 367 | 1 176   | 4630.00 | 1.83 | 0325  |
| 368 | 1 4     | 5100.00 | 1.83 | 0200  |
| 370 | 42 17   | 2050.00 | .51  | 0125  |
| 371 | 12 13   | 925.00  | 1.22 | 0925  |
| 372 | 12 13   | 790.00  | 1.22 | 1025  |
| 373 | 12 19   | 1190.00 | .51  | 0725  |
| 374 | 41 37   | 1875.00 | .51  | 0425  |
| 375 | 41 38   | 500.00  | .81  | 0560  |
| 376 | 42 52   | 1980.00 | 1.22 | 0145  |

95

ENEP ARAGON

JESUS OROZCO

CALCULO NO. 10

GASTOS EN LOS TUBOS CARGAS EN LOS NUDOS

| TUBO | CASO  | SALE DEL MUDO | MUDO | NIVEL PIEZOMETRICO | CARGA TOTAL |
|------|-------|---------------|------|--------------------|-------------|
| 1    | .144  | 4             | 4    | 92.27              | 51.72       |
| 2    | .623  | 32            | 176  | 88.53              | 47.03       |
| 4    | .141  | 4             | 34   | 71.85              | 36.30       |
| 5    | .020  | 4             | 32   | 74.68              | 40.58       |
| 6    | .274  | 4             | 10   | 87.37              | 52.83       |
| 7    | 1.150 | 172           | 7    | 75.35              | 39.85       |
| 8    | .057  | 6             | 6    | 75.35              | 38.85       |
| 9    | .219  | 7             | 172  | 81.33              | 41.48       |
| 10   | .162  | 13            | 8    | 75.29              | 40.49       |
| 11   | .030  | 80            | 13   | 76.86              | 36.86       |
| 12   | .057  | 10            | 80   | 60.68              | 28.61       |
| 14   | .037  | 67            | 11   | 60.68              | 28.47       |
| 17   | .476  | 13            | 67   | 72.05              | 31.25       |
| 19   | 1.290 | 16            | 5    | 71.69              | 36.99       |
| 20   | .909  | 17            | 16   | 76.28              | 36.18       |
| 21   | .081  | 18            | 19   | 74.92              | 41.06       |
| 22   | 1.741 | 18            | 17   | 77.65              | 37.68       |
| 23   | .953  | 32            | 18   | 79.15              | 44.09       |
| 24   | .068  | 35            | 35   | 73.43              | 40.27       |
| 25   | 1.268 | 19            | 31   | 73.42              | 40.15       |
| 26   | .621  | 147           | 147  | 76.40              | 18.65       |
| 27   | .112  | 30            | 30   | 71.95              | 37.42       |
| 28   | .302  | 8             | 29   | 71.87              | 37.37       |
| 29   | .338  | 28            | 104  | 72.00              | 37.37       |
| 30   | .985  | 20            | 130  | 71.91              | 37.46       |
| 31   | .213  | 6             | 28   | 72.85              | 37.45       |
| 32   | .804  | 21            | 20   | 73.34              | 37.84       |
| 33   | .749  | 6             | 21   | 74.13              | 36.25       |
| 34   | .175  | 22            | 183  | 74.79              | 38.54       |
| 35   | .110  | 182           | 22   | 74.14              | 35.57       |
| 36   | .306  | 25            | 27   | 74.07              | 34.27       |
| 37   | .389  | 175           | 182  | 74.08              | 36.93       |
| 39   | .475  | 24            | 25   | 74.69              | 28.19       |
| 40   | .760  | 24            | 146  | 66.93              | 30.73       |
| 42   | .022  | 60            | 175  | 68.23              | 26.14       |
| 43   | .504  | 59            | 24   | 76.17              | 25.67       |
| 44   | .378  | 60            | 23   | 74.62              | 32.87       |
| 45   | .488  | 59            | 60   | 74.71              | 31.45       |
| 46   | .076  | 56            | 59   | 82.27              | 36.54       |
| 47   | .173  | 57            | 56   | 73.39              | 35.02       |
| 48   | .346  | 27            | 58   | 73.34              | 33.98       |
| 49   | .117  | 57            | 57   | 73.70              | 37.63       |
| 50   | .379  | 56            | 49   | 72.58              | 36.18       |
| 52   | .298  | 49            | 50   | 71.68              | 34.11       |
| 53   | .402  | 28            | 48   | 71.27              | 36.86       |
| 54   | .135  | 49            | 51   | 70.09              | 34.00       |
| 55   | .357  | 50            | 107  | 69.63              | 30.76       |
| 56   | .006  | 46            | 46   | 69.63              | 35.98       |
| 57   | .091  | 47            | 47   | 71.58              | 38.75       |
| 58   | .460  | 29            | 45   | 69.27              | 37.58       |
| 59   | .213  | 47            | 44   | 66.06              | 33.87       |
| 60   | .425  | 30            | 43   | 69.50              | 35.31       |
| 61   | .205  | 51            | 36   | 67.69              | 35.09       |
| 62   | .387  | 45            | 165  | 70.48              | 29.98       |
| 63   | .473  | 46            | 77   | 64.12              | 31.42       |
| 64   | .180  | 43            | 76   | 66.87              | 35.17       |

ENEP"

ARAGON

JESUS OROZCO

|     |       |     |     |       |       |
|-----|-------|-----|-----|-------|-------|
| 65  | 1.240 | 31  | 38  | 71.75 | 39.84 |
| 66  | .653  | 35  | 81  | 60.51 | 28.04 |
| 67  | .298  | 43  | 98  | 62.54 | 28.29 |
| 68  | .076  | 25  | 53  | 61.81 | 24.31 |
| 69  | .039  | 76  | 100 | 63.03 | 25.67 |
| 70  | .646  | 36  | 135 | 68.66 | 37.56 |
| 72  | .055  | 18  | 87  | 69.90 | 36.84 |
| 73  | .444  | 107 | 64  | 71.97 | 18.40 |
| 74  | .029  | 34  | 39  | 69.60 | 35.33 |
| 75  | .163  | 38  | 131 | 64.10 | 28.68 |
| 76  | .075  | 98  | 101 | 63.84 | 31.09 |
| 77  | .113  | 100 | 69  | 66.24 | 34.31 |
| 78  | .017  | 87  | 99  | 62.97 | 29.24 |
| 79  | .034  | 64  | 103 | 64.10 | 24.72 |
| 80  | .020  | 34  | 102 | 64.10 | 25.96 |
| 81  | .070  | 165 | 75  | 66.58 | 35.58 |
| 82  | .045  | 131 | 79  | 58.45 | 26.85 |
| 83  | .571  | 77  | 84  | 59.43 | 22.24 |
| 84  | .025  | 101 | 82  | 59.43 | 26.33 |
| 85  | .171  | 69  | 124 | 59.43 | 21.83 |
| 86  | .407  | 101 | 74  | 68.76 | 39.66 |
| 87  | .033  | 100 | 73  | 69.52 | 37.32 |
| 89  | .027  | 103 | 72  | 66.20 | 33.93 |
| 91  | .240  | 99  | 54  | 71.63 | 35.73 |
| 91  | .150  | 11  | 52  | 81.10 | 43.10 |
| 95  | .078  | 76  | 65  | 71.43 | 31.84 |
| 95  | .226  | 75  | 167 | 79.58 | 19.79 |
| 96  | .216  | 88  | 168 | 79.57 | 11.67 |
| 97  | .096  | 84  | 70  | 67.55 | 33.28 |
| 98  | .026  | 84  | 68  | 71.73 | 37.00 |
| 99  | .018  | 82  | 63  | 71.98 | 13.14 |
| 100 | .234  | 74  | 71  | 67.30 | 35.00 |
| 101 | .065  | 73  | 78  | 55.24 | 22.84 |
| 102 | .203  | 91  | 86  | 57.71 | 23.54 |
| 103 | .120  | 72  | 127 | 64.88 | 27.45 |
| 104 | .208  | 54  | 2   | 63.85 | 24.65 |
| 105 | .613  | 52  | 85  | 58.13 | 23.51 |
| 106 | .139  | 54  | 178 | 58.60 | 24.32 |
| 107 | .071  | 5   | 88  | 70.42 | 32.98 |
| 108 | .140  | 167 | 94  | 59.96 | 28.15 |
| 109 | .703  | 68  | 96  | 59.95 | 24.88 |
| 110 | .269  | 78  | 97  | 57.68 | 23.28 |
| 111 | .050  | 73  | 95  | 61.70 | 26.74 |
| 112 | .195  | 44  | 93  | 62.03 | 26.64 |
| 113 | .256  | 45  | 91  | 62.36 | 28.43 |
| 114 | .172  | 58  | 89  | 61.94 | 27.66 |
| 115 | .434  | 58  | 15  | 63.56 | 29.66 |
| 116 | .187  | 59  | 98  | 79.39 | 45.49 |
| 117 | .011  | 63  | 134 | 63.37 | 29.12 |
| 118 | .051  | 64  | 139 | 63.54 | 28.94 |
| 121 | .269  | 70  | 145 | 64.42 | 30.52 |
| 122 | .399  | 86  | 144 | 62.91 | 26.14 |
| 123 | .100  | 127 | 138 | 64.08 | 29.19 |
| 124 | .143  | 84  | 164 | 80.46 | 32.47 |
| 125 | .270  | 85  | 132 | 64.32 | 28.84 |
| 126 | .329  | 87  | 121 | 64.23 | 28.83 |
| 127 | .214  | 178 | 105 | 64.10 | 24.51 |
| 128 | .083  | 88  | 104 | 64.11 | 24.20 |
| 129 | .249  | 88  | 106 | 64.17 | 28.81 |
| 130 | .252  | 94  | 186 | 64.17 | 28.19 |

ENEP ARAGON

JESUS OROZCI

|     |      |     |     |       |       |
|-----|------|-----|-----|-------|-------|
| 131 | .016 | 94  | 109 | 64.57 | 28.14 |
| 132 | .174 | 96  | 108 | 64.57 | 28.55 |
| 133 | .253 | 95  | 114 | 64.57 | 25.00 |
| 134 | .058 | 93  | 177 | 64.37 | 28.84 |
| 135 | .363 | 93  | 113 | 64.58 | 27.33 |
| 136 | .113 | 91  | 153 | 63.67 | 23.97 |
| 138 | .482 | 89  | 190 | 63.69 | 24.19 |
| 139 | .461 | 15  | 122 | 64.60 | 25.61 |
| 140 | .177 | 90  | 117 | 64.59 | 27.10 |
| 141 | .313 | 134 | 123 | 64.69 | 23.19 |
| 142 | .823 | 145 | 179 | 64.77 | 24.27 |
| 143 | .351 | 144 | 100 | 64.77 | 23.71 |
| 144 | .018 | 134 | 118 | 64.59 | 26.95 |
| 145 | .017 | 138 | 125 | 64.80 | 24.49 |
| 146 | .221 | 139 | 119 | 64.50 | 25.25 |
| 147 | .866 | 164 | 116 | 65.15 | 27.17 |
| 148 | .295 | 132 | 115 | 65.46 | 23.15 |
| 149 | .641 | 103 | 128 | 65.58 | 22.48 |
| 150 | .082 | 104 | 126 | 64.72 | 6.72  |
| 151 | .114 | 106 | 187 | 64.25 | 10.25 |
| 152 | .827 | 106 | 137 | 65.96 | 32.27 |
| 153 | .162 | 106 | 140 | 65.39 | 28.69 |
| 154 | .081 | 109 | 141 | 65.57 | 27.16 |
| 155 | .040 | 114 | 136 | 65.31 | 22.01 |
| 156 | .161 | 114 | 14  | 65.00 | 24.44 |
| 157 | .005 | 113 | 143 | 64.99 | 26.59 |
| 158 | .087 | 190 | 142 | 65.86 | 27.82 |
| 159 | .004 | 113 | 148 | 72.29 | 32.40 |
| 160 | .068 | 107 | 154 | 63.82 | 25.36 |
| 161 | .098 | 122 | 151 | 64.63 | 25.49 |
| 162 | .053 | 122 | 150 | 64.86 | 27.53 |
| 163 | .609 | 117 | 152 | 64.01 | 27.26 |
| 164 | .167 | 123 | 173 | 63.88 | 26.91 |
| 165 | .167 | 179 | 153 | 63.97 | 28.12 |
| 166 | .064 | 180 | 174 | 63.60 | 25.86 |
| 167 | .073 | 180 | 181 | 63.97 | 28.25 |
| 168 | .037 | 117 | 156 | 79.50 | 20.87 |
| 169 | .099 | 118 | 191 | 79.61 | 11.61 |
| 170 | .108 | 125 | 158 | 78.47 | 37.19 |
| 171 | .156 | 119 | 157 | 79.45 | 30.50 |
| 172 | .291 | 119 | 160 | 79.45 | 36.05 |
| 173 | .461 | 116 | 161 | 74.93 | 36.47 |
| 174 | .110 | 116 | 162 | 73.23 | 13.23 |
| 175 | .580 | 115 | 163 | 68.98 | .58   |
| 176 | .115 | 115 | 111 | 85.14 | 22.64 |
| 177 | .783 | 128 | 110 | 87.54 | 17.54 |
| 178 | .575 | 91  | 133 | 66.62 | 26.72 |
| 179 | .257 | 127 | 112 | 68.20 | 33.06 |
| 180 | .375 | 126 | 92  | 67.05 | 31.70 |
| 181 | .429 | 126 | 9   | 61.89 | 26.41 |
| 182 | .163 | 137 | 194 | 59.03 | 23.63 |
| 183 | .255 | 137 | 120 | 64.09 | 26.68 |
| 184 | .280 | 140 | 185 | 64.18 | 28.88 |
| 185 | .031 | 141 | 26  | 84.85 | 22.95 |
| 186 | .136 | 141 | 188 | 62.35 | 22.35 |
| 187 | .076 | 140 | 159 | 92.96 | 52.61 |
| 188 | .158 | 136 | 189 | 92.97 | -2.17 |
| 189 | .110 | 142 | 55  | 93.00 | 3.00  |
| 190 | .210 | 142 | 129 | 96.80 | 4.80  |
| 191 | .346 | 146 | 149 | 80.00 | 39.13 |

|     |       |     |
|-----|-------|-----|
| 192 | .449  | 146 |
| 193 | .373  | 38  |
| 194 | .485  | 148 |
| 195 | .487  | 154 |
| 197 | .574  | 151 |
| 198 | .852  | 150 |
| 199 | .129  | 143 |
| 200 | .199  | 151 |
| 201 | .034  | 152 |
| 202 | .044  | 152 |
| 203 | .009  | 154 |
| 204 | .001  | 153 |
| 205 | .009  | 153 |
| 207 | .266  | 191 |
| 208 | .216  | 157 |
| 209 | .205  | 156 |
| 211 | .854  | 158 |
| 212 | .550  | 160 |
| 213 | .087  | 161 |
| 214 | .255  | 164 |
| 215 | .279  | 164 |
| 216 | .368  | 161 |
| 217 | .367  | 67  |
| 218 | .120  | 67  |
| 219 | .404  | 67  |
| 220 | .439  | 67  |
| 221 | .139  | 160 |
| 222 | .054  | 167 |
| 223 | 1.687 | 110 |
| 224 | .435  | 133 |
| 225 | .233  | 76  |
| 226 | 1.565 | 111 |
| 228 | .174  | 133 |
| 229 | .089  | 191 |
| 233 | .383  | 145 |
| 234 | .036  | 130 |
| 235 | .090  | 39  |
| 236 | .268  | 130 |
| 237 | .232  | 112 |
| 238 | .180  | 92  |
| 239 | .182  | 9   |
| 240 | .063  | 104 |
| 242 | .005  | 102 |
| 243 | .323  | 190 |
| 244 | .024  | 120 |
| 245 | .563  | 43  |
| 249 | .343  | 139 |
| 252 | .286  | 121 |
| 253 | .036  | 108 |
| 254 | .267  | 177 |
| 255 | .547  | 23  |
| 256 | .237  | 25  |
| 257 | .302  | 48  |
| 258 | .050  | 89  |
| 259 | .181  | 125 |
| 260 | .110  | 105 |
| 262 | .230  | 34  |
| 263 | 1.072 | 52  |
| 264 | 1.582 | 26  |
| 265 | .057  | 25  |

|     |        |      |
|-----|--------|------|
| 169 | 83.50  | 3.50 |
| 166 | 104.60 | 3.60 |
| 66  | 92.00  | 4.00 |
| 62  | 91.96  | 2.00 |
| 61  | 92.25  | 4.25 |
| 1   | 93.00  | 6.00 |
| 42  | 94.10  | 4.10 |
| 12  | 94.10  | 4.10 |
| 41  | 94.50  | 4.50 |

99

E N E P ARAGON

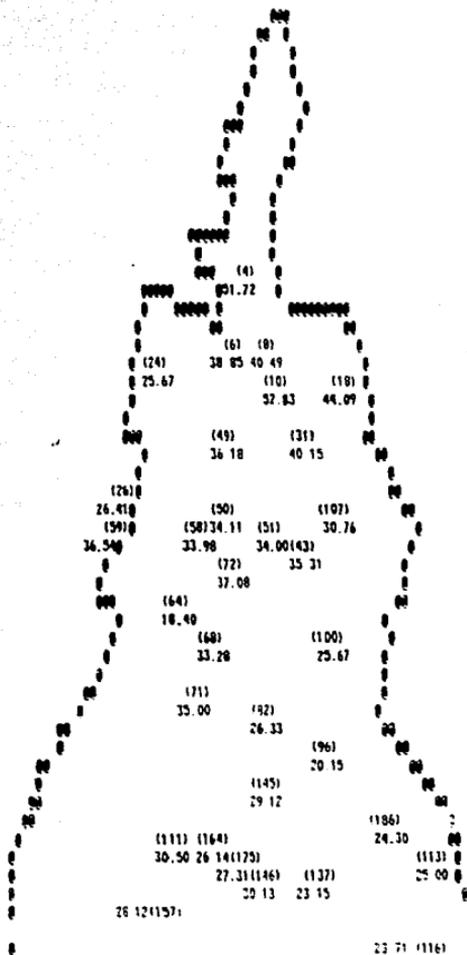
JESUS OROZCO

|     |       |     |
|-----|-------|-----|
| 266 | .276  | 22  |
| 268 | .115  | 14  |
| 269 | .071  | 182 |
| 270 | .364  | 184 |
| 271 | .054  | 172 |
| 272 | 1.325 | 176 |
| 273 | .716  | 183 |
| 274 | .087  | 147 |
| 275 | .876  | 13  |
| 276 | .110  | 185 |
| 277 | .157  | 185 |
| 278 | .077  | 188 |
| 279 | .143  | 187 |
| 280 | .083  | 2   |
| 283 | .038  | 69  |
| 284 | .043  | 69  |
| 288 | .078  | 189 |
| 289 | 1.109 | 52  |
| 290 | .165  | 175 |
| 291 | .048  | 182 |
| 292 | .073  | 147 |
| 293 | .036  | 30  |
| 294 | .046  | 46  |
| 295 | .078  | 45  |
| 351 | .087  | 55  |
| 352 | 1.087 | 129 |
| 353 | .578  | 129 |
| 354 | .749  | 149 |
| 355 | .649  | 149 |
| 356 | .418  | 149 |
| 357 | .645  | 149 |
| 359 | .415  | 169 |
| 360 | 1.713 | 166 |
| 361 | .616  | 66  |
| 362 | .616  | 66  |
| 363 | .092  | 66  |
| 364 | .335  | 62  |
| 365 | 1.344 | 61  |
| 366 | 1.799 | 61  |
| 367 | 1.494 | 1   |
| 368 | .917  | 1   |
| 370 | .371  | 42  |
| 371 | .828  | 12  |
| 372 | .768  | 12  |
| 373 | .091  | 12  |
| 374 | .095  | 41  |
| 375 | .677  | 41  |
| 376 | 2.960 | 42  |

## E N E P ARAGON

## JESUS OROZCO

|       |            |            |
|-------|------------|------------|
| 0.000 | 0.000      | 0.00       |
| 0.000 | 0.000      | 0.00       |
| 0.000 | 0.000      | 0.00       |
| .510  | 128480.020 | 0.00       |
| 0.000 | 0.000      | 0.00       |
| .810  | 8040.000   | 25326.00   |
| .910  | 102115.000 | 321662.25  |
| 1.220 | 261481.000 | 1262953.50 |
| 1.830 | 12630.000  | 118469.39  |



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE

MEXICO

JESUS OROZCO

## SIMULACION 1

File: /POTABLE/RNITICA  
Created: Mon Dec 21, 1987 2:22:59 pm  
Updated: Mon Dec 21, 1987 2:23:59 pm  
Printed: Mon Dec 21, 1987 2:26:14 pm

102

0000 000 0000 0000 0000 000 000  
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000  
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0000 0000 0000 0000 0000 000 000  
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000  
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

| TUBO | CASTO | SALE DEL MUÑO | MUÑO | NIVEL PIEZOMETRICO | CARGA TOTAL |
|------|-------|---------------|------|--------------------|-------------|
| 1    | .144  | 4             | 4    | 92.27              | 51.72       |
| 2    | .623  | 32            | 176  | 88.53              | 47.03       |
| 4    | .141  | 4             | 34   | 71.85              | 36.30       |
| 5    | .020  | 4             | 32   | 74.68              | 40.58       |
| 6    | .274  | 4             | 10   | 87.37              | 52.47       |
| 7    | 1.158 | 172           | 7    | 75.35              | 39.85       |
| 8    | .057  | 6             | 6    | 75.35              | 38.85       |
| 9    | .219  | 7             | 172  | 81.33              | 41.48       |
| 10   | .162  | 13            | 8    | 75.29              | 40.49       |
| 11   | .030  | 80            | 13   | 76.86              | 36.86       |
| 12   | .057  | 10            | 80   | 60.68              | 28.61       |
| 14   | .037  | 67            | 11   | 60.68              | 28.47       |
| 17   | .476  | 13            | 67   | 72.05              | 31.25       |
| 19   | 1.290 | 16            | 5    | 71.69              | 36.99       |
| 20   | .909  | 17            | 16   | 76.28              | 36.18       |
| 21   | .081  | 18            | 19   | 74.92              | 41.06       |
| 22   | 1.741 | 16            | 17   | 77.65              | 37.68       |
| 23   | .953  | 32            | 18   | 79.15              | 44.15       |
| 24   | .068  | 35            | 35   | 73.43              | 40.27       |
| 25   | 1.268 | 19            | 31   | 73.42              | 41.15       |
| 26   | .621  | 147           | 147  | 76.40              | 38.65       |
| 27   | .112  | 30            | 30   | 71.95              | 37.42       |
| 28   | .302  | 8             | 29   | 71.87              | 37.37       |
| 29   | .338  | 28            | 184  | 72.00              | 37.37       |
| 30   | .905  | 20            | 130  | 71.91              | 37.46       |
| 31   | .213  | 6             | 28   | 72.85              | 37.45       |
| 32   | .804  | 21            | 20   | 73.34              | 37.84       |
| 33   | .749  | 6             | 21   | 74.13              | 36.25       |
| 34   | .175  | 22            | 183  | 74.79              | 38.54       |
| 35   | .110  | 182           | 22   | 74.16              | 35.57       |
| 36   | .306  | 25            | 27   | 74.07              | 34.27       |
| 37   | .389  | 175           | 182  | 74.08              | 36.93       |
| 39   | .475  | 24            | 25   | 74.69              | 28.19       |
| 40   | .760  | 24            | 146  | 66.93              | 30.73       |
| 42   | .022  | 60            | 175  | 68.23              | 27.25       |
| 43   | .504  | 59            | 24   | 76.17              | 25.67       |
| 44   | .378  | 60            | 23   | 74.62              | 32.87       |
| 45   | .488  | 59            | 60   | 74.71              | 31.45       |
| 46   | .076  | 56            | 59   | 82.27              | 36.54       |
| 47   | .173  | 57            | 56   | 73.39              | 35.02       |
| 48   | .346  | 27            | 58   | 73.34              | 33.98       |
| 49   | .117  | 57            | 57   | 73.70              | 37.63       |
| 50   | .379  | 56            | 49   | 72.58              | 36.92       |
| 52   | .298  | 49            | 50   | 71.68              | 34.21       |
| 53   | .402  | 28            | 48   | 71.27              | 36.86       |
| 54   | .135  | 49            | 51   | 70.09              | 34.90       |
| 55   | .357  | 50            | 107  | 69.63              | 36.76       |
| 56   | .006  | 46            | 46   | 69.63              | 35.98       |
| 57   | .091  | 47            | 47   | 71.58              | 38.75       |
| 58   | .460  | 29            | 45   | 69.27              | 37.58       |
| 59   | .213  | 47            | 44   | 66.06              | 33.87       |
| 60   | .425  | 30            | 43   | 69.50              | 37.81       |
| 61   | .205  | 51            | 36   | 67.69              | 35.09       |
| 62   | .387  | 45            | 165  | 70.46              | 29.98       |
| 63   | .473  | 46            | 77   | 64.12              | 31.42       |
| 64   | .180  | 43            | 76   | 66.87              | 35.17       |

|     |       |     |     |       |       |
|-----|-------|-----|-----|-------|-------|
| 65  | 1.240 | 31  | 38  | 71.75 | 39.84 |
| 66  | .653  | 35  | 81  | 60.51 | 28.04 |
| 67  | .298  | 43  | 98  | 62.54 | 28.29 |
| 68  | .076  | 35  | 53  | 61.81 | 24.31 |
| 69  | .035  | 76  | 100 | 63.03 | 30.97 |
| 70  | .646  | 36  | 135 | 68.66 | 37.56 |
| 72  | .055  | 18  | 87  | 69.90 | 36.84 |
| 73  | .444  | 107 | 64  | 71.97 | 18.93 |
| 74  | .029  | 34  | 39  | 69.60 | 35.33 |
| 75  | .165  | 38  | 131 | 64.10 | 28.68 |
| 76  | .075  | 98  | 101 | 63.84 | 31.09 |
| 77  | .113  | 100 | 69  | 66.24 | 34.31 |
| 78  | .017  | 87  | 99  | 62.97 | 29.24 |
| 79  | .034  | 64  | 103 | 64.10 | 24.72 |
| 80  | .020  | 34  | 102 | 64.10 | 25.96 |
| 81  | .070  | 165 | 75  | 66.58 | 35.50 |
| 82  | .045  | 131 | 79  | 58.45 | 26.85 |
| 83  | .571  | 77  | 84  | 59.43 | 22.24 |
| 84  | .025  | 101 | 82  | 59.43 | 26.33 |
| 85  | .171  | 69  | 124 | 59.43 | 21.83 |
| 86  | .407  | 101 | 74  | 68.76 | 39.66 |
| 87  | .033  | 100 | 73  | 69.52 | 37.32 |
| 89  | .027  | 103 | 72  | 66.20 | 33.93 |
| 91  | .240  | 99  | 54  | 71.63 | 35.73 |
| 93  | .150  | 11  | 52  | 81.10 | 43.10 |
| 94  | .078  | 76  | 65  | 71.43 | 31.84 |
| 95  | .226  | 75  | 167 | 79.58 | 19.79 |
| 96  | .216  | 80  | 168 | 79.57 | 11.67 |
| 97  | .096  | 84  | 70  | 67.55 | 33.96 |
| 98  | .026  | 84  | 68  | 71.73 | 37.08 |
| 99  | .018  | 82  | 63  | 71.98 | 13.14 |
| 100 | .234  | 74  | 71  | 67.30 | 35.33 |
| 101 | .045  | 73  | 78  | 55.24 | 22.84 |
| 102 | .203  | 51  | 86  | 57.71 | 23.54 |
| 103 | .120  | 72  | 127 | 64.88 | 27.45 |
| 104 | .208  | 54  | 2   | 63.85 | 24.65 |
| 105 | .613  | 52  | 85  | 58.13 | 23.51 |
| 106 | .139  | 54  | 178 | 58.60 | 24.32 |
| 107 | .071  | 5   | 88  | 70.42 | 32.98 |
| 108 | .140  | 167 | 94  | 59.96 | 25.17 |
| 109 | .703  | 68  | 96  | 59.95 | 24.38 |
| 110 | .269  | 70  | 97  | 57.68 | 23.28 |
| 111 | .050  | 73  | 95  | 61.70 | 26.74 |
| 112 | .195  | 44  | 93  | 62.03 | 26.66 |
| 113 | .256  | 45  | 91  | 62.36 | 28.43 |
| 114 | .172  | 50  | 89  | 61.94 | 27.66 |
| 115 | .434  | 58  | 15  | 63.56 | 29.66 |
| 116 | .187  | 59  | 90  | 79.39 | 45.49 |
| 117 | .011  | 63  | 134 | 63.37 | 29.42 |
| 118 | .051  | 64  | 139 | 63.54 | 28.94 |
| 121 | .269  | 70  | 145 | 64.42 | 30.52 |
| 122 | .399  | 86  | 144 | 62.91 | 27.86 |
| 123 | .100  | 127 | 138 | 64.08 | 29.19 |
| 124 | .143  | 84  | 164 | 80.46 | 32.47 |
| 125 | .270  | 85  | 132 | 64.32 | 28.84 |
| 126 | .329  | 87  | 121 | 64.27 | 28.83 |
| 127 | .214  | 178 | 105 | 64.10 | 24.51 |
| 128 | .083  | 68  | 104 | 64.11 | 28.80 |
| 129 | .249  | 88  | 106 | 64.17 | 28.81 |
| 130 | .252  | 94  | 186 | 64.17 | 28.19 |

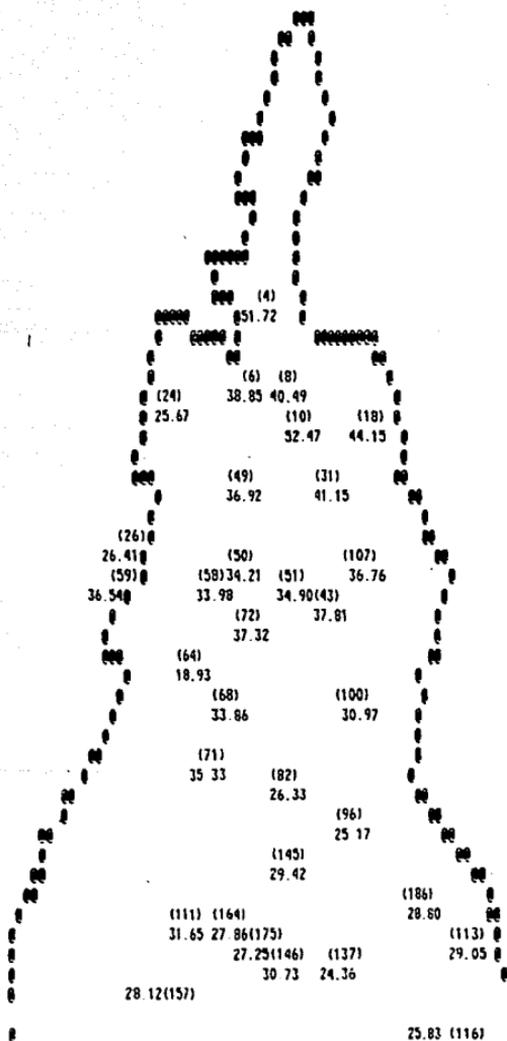
|     |       |     |     |       |       |
|-----|-------|-----|-----|-------|-------|
| 131 | .016  | 94  | 109 | 64.57 | 28.14 |
| 132 | .174  | 96  | 108 | 64.57 | 28.55 |
| 133 | .253  | 95  | 114 | 64.57 | 29.05 |
| 134 | .058  | 93  | 177 | 64.37 | 28.86 |
| 135 | .363  | 93  | 113 | 64.58 | 27.33 |
| 136 | .113  | 91  | 155 | 63.67 | 23.97 |
| 138 | .482  | 89  | 190 | 63.69 | 24.19 |
| 139 | .461  | 15  | 122 | 64.60 | 25.61 |
| 140 | .177  | 90  | 117 | 64.59 | 27.10 |
| 141 | .313  | 134 | 123 | 64.69 | 23.19 |
| 142 | .023  | 145 | 179 | 64.77 | 24.27 |
| 143 | .351  | 144 | 180 | 64.77 | 25.83 |
| 144 | .018  | 134 | 118 | 64.59 | 26.95 |
| 145 | .017  | 138 | 125 | 64.80 | 24.49 |
| 146 | .221  | 138 | 119 | 64.80 | 25.25 |
| 147 | .866  | 164 | 116 | 65.15 | 27.17 |
| 148 | .295  | 132 | 115 | 65.46 | 24.36 |
| 149 | .041  | 103 | 128 | 65.58 | 22.48 |
| 150 | .082  | 104 | 126 | 64.72 | 6.72  |
| 151 | .114  | 106 | 187 | 64.25 | 10.25 |
| 152 | .027  | 106 | 137 | 65.96 | 32.27 |
| 153 | .162  | 186 | 140 | 65.39 | 28.69 |
| 154 | .081  | 109 | 141 | 65.57 | 27.16 |
| 155 | .040  | 114 | 136 | 65.31 | 22.01 |
| 156 | .161  | 114 | 14  | 65.00 | 24.44 |
| 157 | .005  | 113 | 143 | 64.99 | 26.59 |
| 158 | .087  | 190 | 142 | 65.86 | 27.82 |
| 159 | .084  | 113 | 148 | 72.29 | 32.40 |
| 160 | .068  | 107 | 154 | 63.82 | 25.36 |
| 161 | .098  | 122 | 151 | 64.63 | 25.49 |
| 162 | .053  | 122 | 150 | 64.86 | 27.53 |
| 163 | .009  | 117 | 152 | 64.01 | 27.26 |
| 164 | .167  | 123 | 173 | 63.88 | 26.91 |
| 165 | .167  | 179 | 153 | 63.97 | 28.12 |
| 166 | .064  | 180 | 174 | 63.80 | 25.86 |
| 167 | .073  | 160 | 181 | 63.97 | 28.25 |
| 168 | .037  | 117 | 156 | 79.50 | 20.87 |
| 169 | .099  | 118 | 191 | 79.61 | 11.61 |
| 170 | .108  | 125 | 158 | 78.47 | 37.19 |
| 171 | .156  | 119 | 157 | 79.45 | 31.65 |
| 172 | .291  | 119 | 160 | 75.45 | 36.05 |
| 173 | .461  | 116 | 151 | 74.93 | 36.47 |
| 174 | .110  | 116 | 162 | 73.23 | 13.23 |
| 175 | .580  | 115 | 163 | 68.98 | 58    |
| 176 | .115  | 115 | 111 | 85.14 | 22.64 |
| 177 | .703  | 129 | 110 | 87.54 | 17.54 |
| 178 | .575  | 91  | 133 | 66.62 | 26.72 |
| 179 | .257  | 127 | 112 | 68.20 | 33.00 |
| 180 | .375  | 128 | 92  | 67.05 | 31.70 |
| 181 | .429  | 126 | 9   | 51.89 | 26.41 |
| 182 | .163  | 137 | 194 | 59.03 | 23.63 |
| 183 | .255  | 137 | 120 | 64.09 | 26.60 |
| 184 | .280  | 140 | 185 | 64.18 | 28.80 |
| 185 | .031  | 141 | 26  | 84.85 | 22.95 |
| 186 | .136  | 141 | 188 | 62.35 | 22.35 |
| 187 | .076  | 140 | 159 | 92.96 | 52.61 |
| 188 | -.158 | 136 | 189 | 92.97 | -2.17 |
| 189 | .110  | 142 | 55  | 33.00 | 3.00  |
| 190 | .210  | 142 | 129 | 96.80 | 4.80  |
| 191 | .346  | 146 | 149 | 80.00 | 39.13 |

|     |       |     |
|-----|-------|-----|
| 192 | .449  | 146 |
| 193 | .373  | 78  |
| 194 | .485  | 148 |
| 195 | .487  | 154 |
| 197 | .574  | 151 |
| 198 | .852  | 150 |
| 199 | .129  | 143 |
| 200 | .199  | 151 |
| 201 | .034  | 152 |
| 202 | .044  | 152 |
| 203 | .009  | 154 |
| 204 | .001  | 153 |
| 205 | .009  | 153 |
| 207 | .266  | 191 |
| 208 | .216  | 157 |
| 209 | .205  | 156 |
| 211 | .854  | 158 |
| 212 | .550  | 160 |
| 213 | .087  | 161 |
| 214 | .255  | 164 |
| 215 | .279  | 164 |
| 216 | .368  | 161 |
| 217 | .367  | 67  |
| 218 | .120  | 67  |
| 219 | .404  | 67  |
| 220 | .438  | 67  |
| 221 | .139  | 160 |
| 222 | .054  | 167 |
| 223 | 1.687 | 110 |
| 224 | .435  | 133 |
| 225 | .233  | 76  |
| 226 | 1.565 | 111 |
| 228 | .134  | 133 |
| 229 | .089  | 191 |
| 233 | .383  | 145 |
| 234 | .036  | 130 |
| 235 | .098  | 39  |
| 236 | .268  | 130 |
| 237 | .212  | 112 |
| 238 | .180  | 92  |
| 239 | .182  | 9   |
| 240 | .063  | 104 |
| 242 | .005  | 102 |
| 243 | .323  | 190 |
| 244 | .084  | 120 |
| 245 | .563  | 43  |
| 249 | .343  | 139 |
| 252 | .286  | 121 |
| 253 | .036  | 108 |
| 254 | .267  | 177 |
| 255 | .547  | 23  |
| 256 | .237  | 25  |
| 257 | .302  | 48  |
| 258 | .050  | 89  |
| 259 | .181  | 125 |
| 260 | .110  | 105 |
| 262 | .230  | 34  |
| 263 | 1.072 | 52  |
| 264 | 1.582 | 26  |
| 265 | .057  | 25  |

|     |        |      |
|-----|--------|------|
| 169 | 83.50  | 3.50 |
| 166 | 104.60 | 3.60 |
| 66  | 92.00  | 4.00 |
| 62  | 91.96  | 2.00 |
| 61  | 92.25  | 4.25 |
| 1   | 93.00  | 6.00 |
| 42  | 94.10  | 4.10 |
| 12  | 94.10  | 4.10 |
| 41  | 94.50  | 4.50 |

|     |       |     |
|-----|-------|-----|
| 266 | .276  | 22  |
| 268 | .115  | 14  |
| 269 | .071  | 182 |
| 270 | .364  | 184 |
| 271 | .054  | 172 |
| 272 | 1.325 | 176 |
| 273 | .716  | 183 |
| 274 | .087  | 147 |
| 275 | .076  | 13  |
| 276 | .110  | 185 |
| 277 | .157  | 185 |
| 278 | .077  | 108 |
| 279 | .143  | 187 |
| 280 | .083  | 2   |
| 283 | .038  | 69  |
| 284 | .043  | 69  |
| 288 | .078  | 189 |
| 289 | 1.109 | 52  |
| 290 | .165  | 175 |
| 291 | .048  | 182 |
| 292 | .073  | 147 |
| 293 | .036  | 30  |
| 294 | .046  | 46  |
| 295 | .078  | 45  |
| 351 | .087  | 55  |
| 352 | 1.087 | 129 |
| 353 | .578  | 129 |
| 354 | .749  | 149 |
| 355 | .649  | 149 |
| 356 | .418  | 149 |
| 357 | .645  | 149 |
| 359 | .415  | 169 |
| 360 | 1.713 | 166 |
| 361 | .616  | 66  |
| 362 | .616  | 66  |
| 363 | .092  | 66  |
| 364 | .335  | 62  |
| 365 | 1.344 | 61  |
| 366 | 1.799 | 61  |
| 367 | 1.494 | 1   |
| 368 | .917  | 1   |
| 370 | .371  | 42  |
| 371 | .828  | 12  |
| 372 | .768  | 12  |
| 373 | .091  | 12  |
| 374 | .095  | 41  |
| 375 | .677  | 41  |
| 376 | 2.960 | 42  |

|       |            |            |
|-------|------------|------------|
| 0.000 | 0.000      | 0.00       |
| 0.000 | 0.000      | 0.00       |
| 0.000 | 0.000      | 0.00       |
| .510  | 128480.020 | 0.00       |
| 0.000 | 0.000      | 0.00       |
| .810  | 8040.000   | 25326.00   |
| .910  | 102115.000 | 321662.25  |
| 1.220 | 261481.000 | 1262953.50 |
| 1.630 | 12630.000  | 118469.39  |



SIMULACION

CAMARA CONDOSA - ORIENTE 217

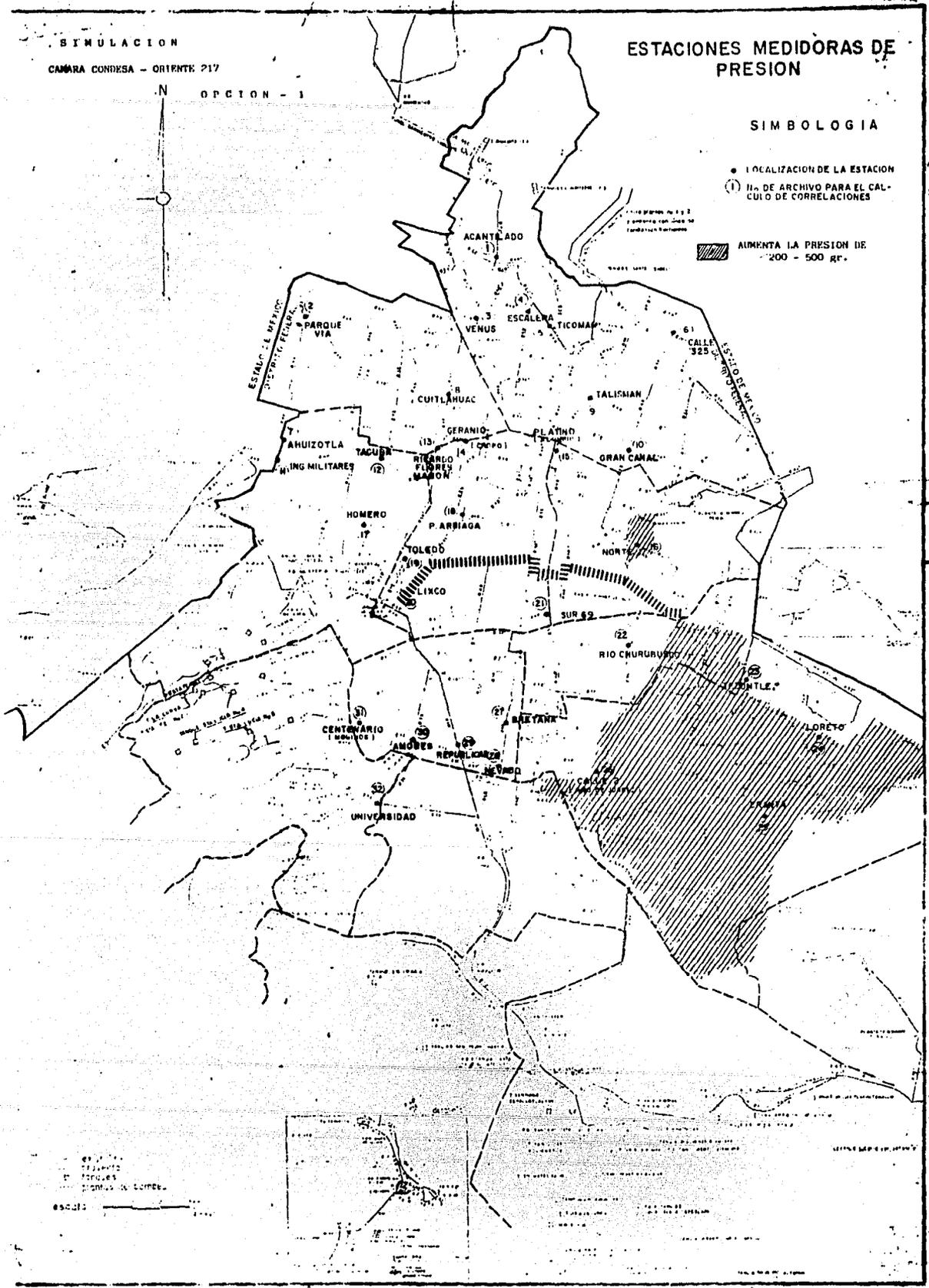
OPCION - 1

# ESTACIONES MEDIDORAS DE PRESION

## SIMBOLOGIA

- LOCALIZACION DE LA ESTACION
- ① No. DE ARCHIVO PARA EL CALCULO DE CORRELACIONES

 ALIMENTA LA PRESION DE 200 - 500 gr.



ESCALA

## **SIMULACION 2**

File: /POTABLE/RAPACHE  
Created: Tue Dec 22, 1987 12:19:01 pm  
Updated: Tue Dec 22, 1987 12:19:48 pm  
Printed: Tue Dec 22, 1987 12:21:40 pm

109

0000 000 0000 000 0000 0 0 0000  
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
0000 0000 0000 0000 0000 0000  
0 0 0000 0 0000 0 0 0  
0 0 0 0 0 0 0000 0 0 0000

0000 0000 0000 0000 0000 0 0 00  
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
0000 0000 0000 0000 0000 0000  
0 0 0000 0 0 0 0 0000

UNIVERSIDAD  
NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MEXICO

| GASTOS EN LOS TUBOS |       |               | CARGAS EN LOS MUDOS |                    |             | 110 |
|---------------------|-------|---------------|---------------------|--------------------|-------------|-----|
| TUBO                | GASTO | SALE DEL MUDO | MUDO                | NIVEL PIEZOMETRICO | CARGA TOTAL |     |
| 1                   | .144  | 4             | 4                   | 92.27              | 31.72       |     |
| 2                   | .626  | 32            | 176                 | 88.52              | 47.02       |     |
| 4                   | .141  | 4             | 14                  | 71.75              | 36.20       |     |
| 5                   | .020  | 4             | 32                  | 74.61              | 40.51       |     |
| 6                   | .274  | 4             | 10                  | 87.36              | 52.46       |     |
| 7                   | 1.159 | 172           | 7                   | 75.31              | 39.81       |     |
| 8                   | .058  | 6             | 6                   | 75.31              | 38.81       |     |
| 9                   | .220  | 7             | 172                 | 81.30              | 41.45       |     |
| 10                  | .161  | 13            | 8                   | 75.25              | 40.45       |     |
| 11                  | .039  | 80            | 13                  | 76.81              | 36.81       |     |
| 12                  | .057  | 10            | 80                  | 60.71              | 28.64       |     |
| 14                  | .037  | 67            | 11                  | 60.70              | 28.49       |     |
| 17                  | .478  | 13            | 67                  | 72.81              | 31.21       |     |
| 19                  | 1.293 | 16            | 5                   | 71.64              | 36.94       |     |
| 20                  | .911  | 17            | 16                  | 76.23              | 36.13       |     |
| 21                  | .081  | 18            | 19                  | 74.85              | 40.99       |     |
| 22                  | 1.745 | 18            | 17                  | 77.60              | 37.63       |     |
| 23                  | .954  | 32            | 18                  | 79.09              | 44.09       |     |
| 24                  | .066  | 35            | 35                  | 73.36              | 40.20       |     |
| 25                  | 1.271 | 19            | 31                  | 73.35              | 41.08       |     |
| 26                  | .622  | 147           | 147                 | 76.35              | 38.60       |     |
| 27                  | .111  | 30            | 30                  | 71.88              | 37.35       |     |
| 28                  | .383  | 8             | 29                  | 71.88              | 37.30       |     |
| 29                  | .329  | 28            | 184                 | 71.94              | 37.31       |     |
| 30                  | .907  | 20            | 130                 | 71.85              | 37.40       |     |
| 31                  | .214  | 6             | 28                  | 72.80              | 37.40       |     |
| 32                  | .806  | 21            | 20                  | 73.29              | 37.79       |     |
| 33                  | .749  | 6             | 21                  | 74.09              | 36.21       |     |
| 34                  | .177  | 22            | 183                 | 74.74              | 38.49       |     |
| 35                  | .109  | 182           | 22                  | 74.11              | 35.52       |     |
| 36                  | .307  | 25            | 27                  | 74.02              | 34.22       |     |
| 37                  | .391  | 175           | 182                 | 74.04              | 36.89       |     |
| 39                  | .475  | 24            | 25                  | 74.65              | 28.15       |     |
| 40                  | .762  | 24            | 146                 | 66.95              | 30.75       |     |
| 42                  | .022  | 60            | 175                 | 68.25              | 27.27       |     |
| 43                  | .505  | 59            | 24                  | 76.13              | 25.63       |     |
| 44                  | .378  | 60            | 23                  | 74.57              | 32.32       |     |
| 45                  | .489  | 59            | 60                  | 74.66              | 31.40       |     |
| 46                  | .076  | 56            | 59                  | 82.25              | 36.52       |     |
| 47                  | .123  | 57            | 56                  | 73.35              | 34.97       |     |
| 48                  | .347  | 27            | 58                  | 73.30              | 33.94       |     |
| 49                  | .117  | 57            | 57                  | 73.66              | 37.59       |     |
| 50                  | .380  | 56            | 49                  | 72.53              | 36.87       |     |
| 52                  | .298  | 49            | 50                  | 71.63              | 34.16       |     |
| 53                  | .402  | 28            | 48                  | 71.21              | 36.80       |     |
| 54                  | .135  | 49            | 51                  | 70.02              | 34.83       |     |
| 55                  | .358  | 50            | 107                 | 69.53              | 36.66       |     |
| 56                  | .013  | 46            | 46                  | 69.55              | 35.90       |     |
| 57                  | .091  | 47            | 47                  | 71.52              | 38.68       |     |
| 58                  | .461  | 29            | 45                  | 69.18              | 37.49       |     |
| 59                  | .214  | 47            | 44                  | 66.01              | 33.82       |     |
| 60                  | .427  | 30            | 43                  | 69.41              | 37.72       |     |
| 61                  | .207  | 51            | 36                  | 67.55              | 34.94       |     |
| 62                  | .385  | 45            | 165                 | 70.38              | 29.88       |     |

|     |       |     |     |       |       |
|-----|-------|-----|-----|-------|-------|
| 63  | .470  | 46  | 77  | 63.85 | 31.15 |
| 64  | .178  | 43  | 76  | 66.80 | 35.10 |
| 65  | 1.242 | 31  | 38  | 71.58 | 39.67 |
| 66  | .656  | 35  | 81  | 60.52 | 28.05 |
| 67  | .303  | 43  | 98  | 62.24 | 27.99 |
| 68  | .076  | 35  | 53  | 61.43 | 23.93 |
| 69  | .036  | 76  | 100 | 62.66 | 30.60 |
| 70  | .657  | 36  | 135 | 68.68 | 37.58 |
| 72  | .056  | 18  | 87  | 69.92 | 36.86 |
| 73  | .450  | 107 | 64  | 71.93 | 18.89 |
| 74  | .029  | 34  | 39  | 69.49 | 35.22 |
| 75  | .165  | 38  | 131 | 62.94 | 27.52 |
| 76  | .069  | 98  | 101 | 63.56 | 30.81 |
| 77  | .113  | 100 | 69  | 66.00 | 34.07 |
| 78  | .017  | 87  | 99  | 62.64 | 28.91 |
| 79  | .034  | 64  | 103 | 62.94 | 23.56 |
| 80  | .020  | 34  | 102 | 62.94 | 24.80 |
| 81  | .071  | 165 | 75  | 66.52 | 35.44 |
| 82  | .023  | 131 | 79  | 58.72 | 27.12 |
| 83  | .583  | 77  | 84  | 59.97 | 22.78 |
| 84  | .027  | 101 | 82  | 59.97 | 26.87 |
| 85  | .174  | 69  | 124 | 59.97 | 22.37 |
| 86  | .418  | 101 | 74  | 68.68 | 39.58 |
| 87  | .016  | 100 | 73  | 69.46 | 37.26 |
| 89  | .004  | 103 | 72  | 66.14 | 33.87 |
| 91  | .234  | 99  | 54  | 71.58 | 35.68 |
| 93  | .156  | 11  | 52  | 81.06 | 43.06 |
| 94  | .077  | 76  | 65  | 71.38 | 31.79 |
| 95  | .224  | 75  | 167 | 79.59 | 19.90 |
| 96  | .204  | 80  | 168 | 79.59 | 11.69 |
| 97  | .109  | 84  | 70  | 67.50 | 33.81 |
| 98  | .021  | 82  | 68  | 71.69 | 37.04 |
| 99  | .017  | 82  | 63  | 71.94 | 13.10 |
| 100 | .234  | 74  | 71  | 67.25 | 35.28 |
| 101 | .065  | 73  | 78  | 55.60 | 23.20 |
| 102 | .203  | 51  | 86  | 58.07 | 23.90 |
| 103 | .120  | 72  | 127 | 63.78 | 26.35 |
| 104 | .208  | 54  | 2   | 62.76 | 23.56 |
| 105 | .614  | 52  | 85  | 58.51 | 23.89 |
| 106 | .138  | 54  | 178 | 58.97 | 24.69 |
| 107 | .071  | 5   | 88  | 70.44 | 33.00 |
| 108 | .138  | 167 | 94  | 60.73 | 25.94 |
| 109 | .704  | 68  | 96  | 60.98 | 25.91 |
| 110 | .270  | 70  | 97  | 58.71 | 24.31 |
| 111 | .050  | 73  | 95  | 61.90 | 26.94 |
| 112 | .193  | 44  | 93  | 62.29 | 26.92 |
| 113 | .255  | 45  | 91  | 62.58 | 28.65 |
| 114 | .172  | 50  | 192 | 62.93 | 23.34 |
| 115 | .435  | 58  | 89  | 62.20 | 27.92 |
| 116 | .187  | 59  | 15  | 63.67 | 29.77 |
| 117 | .011  | 63  | 90  | 79.42 | 45.52 |
| 118 | .051  | 64  | 134 | 63.53 | 29.58 |
| 121 | .269  | 70  | 139 | 63.49 | 28.89 |
| 122 | .399  | 86  | 145 | 64.52 | 30.62 |
| 123 | .100  | 127 | 144 | 63.00 | 27.95 |
| 124 | .151  | 84  | 136 | 62.94 | 28.05 |
| 125 | .275  | 85  | 164 | 80.49 | 32.50 |
| 126 | .324  | 87  | 132 | 63.17 | 27.69 |
| 127 | .211  | 178 | 121 | 63.09 | 27.69 |
| 128 | .082  | 88  | 105 | 62.94 | 23.35 |

ENEP ARAGON

JESUS OROZCO

|     |      |     |     |       |       |
|-----|------|-----|-----|-------|-------|
| 129 | .249 | 88  | 104 | 62.96 | 27.65 |
| 130 | .299 | 94  | 106 | 63.02 | 27.66 |
| 131 | .079 | 96  | 106 | 63.02 | 27.04 |
| 132 | .174 | 96  | 109 | 63.45 | 27.02 |
| 133 | .184 | 95  | 108 | 63.44 | 27.42 |
| 134 | .063 | 93  | 114 | 63.45 | 27.93 |
| 135 | .315 | 93  | 177 | 63.23 | 27.72 |
| 136 | .107 | 91  | 113 | 63.46 | 26.21 |
| 137 | .164 | 192 | 155 | 63.77 | 24.07 |
| 138 | .455 | 89  | 190 | 63.78 | 24.28 |
| 139 | .439 | 15  | 122 | 63.48 | 24.49 |
| 140 | .176 | 90  | 117 | 63.47 | 25.98 |
| 141 | .302 | 134 | 123 | 63.57 | 22.07 |
| 142 | .025 | 145 | 179 | 63.66 | 23.16 |
| 143 | .315 | 144 | 180 | 63.66 | 24.72 |
| 144 | .019 | 134 | 118 | 63.47 | 25.83 |
| 145 | .017 | 139 | 125 | 63.69 | 23.38 |
| 146 | .146 | 138 | 119 | 63.69 | 24.14 |
| 147 | .866 | 164 | 116 | 64.05 | 26.37 |
| 148 | .303 | 132 | 115 | 64.38 | 23.33 |
| 149 | .083 | 103 | 128 | 64.50 | 21.40 |
| 150 | .094 | 104 | 126 | 63.62 | 5.62  |
| 151 | .120 | 106 | 187 | 63.15 | 9.15  |
| 152 | .028 | 106 | 137 | 65.74 | 32.05 |
| 153 | .166 | 186 | 140 | 65.28 | 28.50 |
| 154 | .084 | 109 | 141 | 65.49 | 27.36 |
| 155 | .041 | 114 | 136 | 65.23 | 21.93 |
| 156 | .165 | 114 | 14  | 64.98 | 24.42 |
| 157 | .005 | 113 | 143 | 64.98 | 26.58 |
| 158 | .087 | 190 | 142 | 65.02 | 27.78 |
| 159 | .086 | 113 | 148 | 72.30 | 32.41 |
| 160 | .071 | 107 | 154 | 63.91 | 25.45 |
| 161 | .101 | 122 | 151 | 64.66 | 25.52 |
| 162 | .054 | 122 | 150 | 64.88 | 27.55 |
| 163 | .009 | 117 | 152 | 64.04 | 27.29 |
| 164 | .173 | 123 | 173 | 63.97 | 27.00 |
| 165 | .173 | 179 | 153 | 63.97 | 28.12 |
| 166 | .070 | 180 | 174 | 63.89 | 25.95 |
| 167 | .075 | 180 | 181 | 63.97 | 28.25 |
| 168 | .034 | 117 | 156 | 79.50 | 20.97 |
| 169 | .103 | 118 | 191 | 79.60 | 11.60 |
| 170 | .113 | 125 | 158 | 78.47 | 37.19 |
| 171 | .161 | 119 | 157 | 79.45 | 31.65 |
| 172 | .298 | 119 | 160 | 75.44 | 36.94 |
| 173 | .469 | 116 | 161 | 74.91 | 36.45 |
| 174 | .113 | 116 | 162 | 73.21 | 13.21 |
| 175 | .590 | 115 | 163 | 68.97 | 57    |
| 176 | .118 | 115 | 111 | 85.15 | 22.65 |
| 177 | .717 | 128 | 110 | 87.55 | 17.55 |
| 178 | .547 | 91  | 133 | 66.42 | 26.52 |
| 179 | .262 | 127 | 112 | 67.99 | 32.79 |
| 180 | .380 | 128 | 92  | 66.77 | 31.42 |
| 181 | .429 | 126 | 9   | 61.20 | 25.72 |
| 182 | .199 | 137 | 194 | 58.35 | 22.95 |
| 183 | .227 | 137 | 120 | 62.93 | 25.44 |
| 184 | .276 | 140 | 185 | 63.03 | 27.65 |
| 185 | .031 | 141 | 26  | 84.83 | 22.93 |
| 186 | .147 | 141 | 188 | 61.25 | 21.25 |
| 187 | .064 | 140 | 159 | 92.96 | 52.61 |
| 188 | .140 | 136 | 189 | 92.97 | -2.17 |

|     |       |     |
|-----|-------|-----|
| 189 | .108  | 142 |
| 190 | .221  | 142 |
| 191 | .356  | 146 |
| 192 | .441  | 146 |
| 193 | .376  | 38  |
| 194 | .484  | 148 |
| 195 | .467  | 154 |
| 197 | .554  | 151 |
| 198 | .832  | 150 |
| 199 | .109  | 143 |
| 200 | .200  | 151 |
| 201 | .025  | 152 |
| 202 | .054  | 152 |
| 203 | .009  | 154 |
| 204 | .010  | 153 |
| 205 | .009  | 153 |
| 207 | .266  | 191 |
| 208 | .216  | 157 |
| 209 | .205  | 156 |
| 211 | .856  | 158 |
| 212 | .552  | 160 |
| 213 | .087  | 161 |
| 214 | .254  | 164 |
| 215 | .200  | 164 |
| 216 | .370  | 161 |
| 217 | .361  | 67  |
| 218 | .128  | 67  |
| 219 | .404  | 67  |
| 220 | .438  | 67  |
| 221 | .139  | 160 |
| 222 | .054  | 167 |
| 223 | 1.686 | 110 |
| 224 | .443  | 133 |
| 225 | .231  | 76  |
| 226 | 1.565 | 111 |
| 228 | .128  | 133 |
| 229 | .089  | 191 |
| 233 | .373  | 145 |
| 234 | .037  | 130 |
| 235 | .101  | 39  |
| 236 | .268  | 130 |
| 237 | .239  | 112 |
| 238 | .187  | 92  |
| 239 | .182  | 9   |
| 240 | .056  | 104 |
| 242 | .018  | 131 |
| 243 | .302  | 190 |
| 244 | .062  | 138 |
| 245 | .561  | 43  |
| 249 | .305  | 139 |
| 252 | .295  | 121 |
| 253 | .037  | 108 |
| 254 | .275  | 177 |
| 255 | .540  | 23  |
| 256 | .238  | 25  |
| 257 | .303  | 48  |
| 258 | .049  | 89  |
| 259 | .176  | 125 |
| 260 | .034  | 120 |
| 261 | .156  | 105 |

|     |        |       |
|-----|--------|-------|
| 55  | 93.00  | 3.00  |
| 129 | 96.80  | 4.80  |
| 149 | 80.00  | 39.13 |
| 169 | 83.50  | 3.50  |
| 166 | 104.60 | 3.60  |
| 66  | 92.00  | 4.00  |
| 62  | 91.96  | 2.00  |
| 61  | 92.25  | 4.25  |
| 1   | 93.00  | 6.00  |
| 42  | 94.10  | 4.10  |
| 12  | 94.10  | 4.10  |
| 41  | 94.50  | 4.50  |

E N E P A R A G O N

JESUS OROZCO

|     |       |     |
|-----|-------|-----|
| 262 | .233  | 34  |
| 263 | 1.074 | 52  |
| 264 | 1.584 | 26  |
| 265 | .057  | 25  |
| 266 | .276  | 22  |
| 268 | .097  | 14  |
| 269 | .071  | 182 |
| 270 | .366  | 184 |
| 271 | .054  | 172 |
| 272 | 1.326 | 176 |
| 273 | .716  | 183 |
| 274 | .087  | 147 |
| 275 | .877  | 13  |
| 276 | .112  | 185 |
| 277 | .165  | 185 |
| 278 | .079  | 108 |
| 279 | .143  | 187 |
| 280 | .083  | 2   |
| 283 | .038  | 69  |
| 284 | .042  | 69  |
| 288 | .078  | 189 |
| 289 | 1.112 | 52  |
| 290 | .143  | 175 |
| 291 | .048  | 182 |
| 292 | .073  | 147 |
| 293 | .036  | 30  |
| 294 | .046  | 46  |
| 295 | .078  | 45  |
| 351 | .087  | 55  |
| 352 | 1.105 | 129 |
| 353 | .580  | 129 |
| 354 | .749  | 149 |
| 355 | .649  | 149 |
| 356 | .418  | 149 |
| 357 | .646  | 149 |
| 359 | .416  | 169 |
| 360 | 1.712 | 166 |
| 361 | .616  | 66  |
| 362 | .616  | 66  |
| 363 | .093  | 66  |
| 364 | .336  | 62  |
| 365 | 1.345 | 61  |
| 366 | 1.801 | 61  |
| 367 | 1.495 | 1   |
| 368 | .918  | 1   |
| 370 | .371  | 42  |
| 371 | .829  | 12  |
| 372 | .769  | 12  |
| 373 | .091  | 12  |
| 374 | .096  | 41  |
| 375 | .679  | 41  |
| 376 | 2.965 | 42  |

E N E P A R A G O N

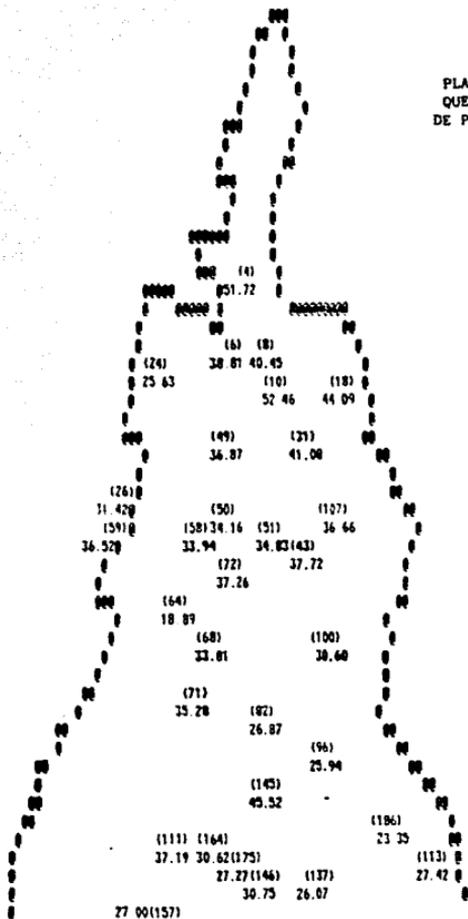
JESUS OROZCO

|       |            |      |
|-------|------------|------|
| 0 000 | 0 000      | 0 00 |
| 0 000 | 0 000      | 0 00 |
| 0 000 | 0 000      | 0 00 |
| .510  | 129400.020 | 0 00 |
| 0 000 | 0 000      | 0 00 |

|       |            |            |
|-------|------------|------------|
| .810  | 8040 000   | 25326 00   |
| 910   | 102115 000 | 321662 25  |
| 1.220 | 261831 000 | 1264644 30 |
| 1.830 | 12630 000  | 118469.39  |

115

PLANO DEL D. F. EN EL QUE  
QUE SE MUESTRAN LAS ESTACIONES MEDIDAS DE  
DE PRESION CON SUS RESULTADOS.



E N E P ARAGON

JESUS OROZCO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

JESUS OROZCO

# ESTACIONES MEDIDORAS DE PRESION

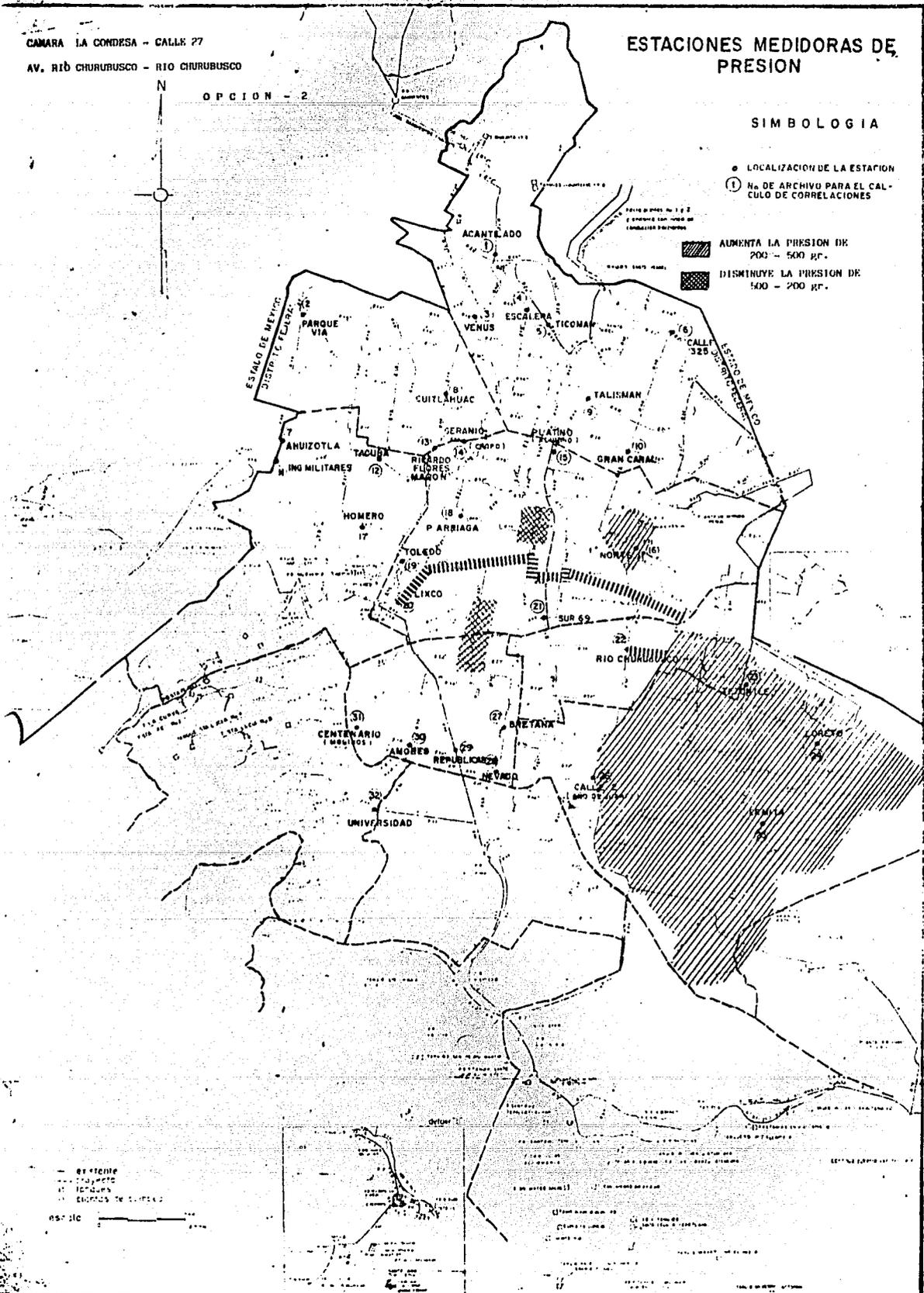
OPCIÓN - 2

## SIMBOLOGIA

- LOCALIZACION DE LA ESTACION
- ① N° DE ARCHIVO PARA EL CALCULO DE CORRELACIONES

 AUMENTA LA PRESION DE 200 - 500 RP.

 DISMINUYE LA PRESION DE 500 - 200 RP.



- ESTACION  
 - TUBERIA  
 - TUBERIA  
 - TUBERIA  
 - TUBERIA

1:50,000

(1) ESTACION DE PRESION  
 (2) ESTACION DE PRESION  
 (3) ESTACION DE PRESION  
 (4) ESTACION DE PRESION  
 (5) ESTACION DE PRESION  
 (6) ESTACION DE PRESION  
 (7) ESTACION DE PRESION  
 (8) ESTACION DE PRESION  
 (9) ESTACION DE PRESION  
 (10) ESTACION DE PRESION  
 (11) ESTACION DE PRESION  
 (12) ESTACION DE PRESION  
 (13) ESTACION DE PRESION  
 (14) ESTACION DE PRESION  
 (15) ESTACION DE PRESION  
 (16) ESTACION DE PRESION  
 (17) ESTACION DE PRESION  
 (18) ESTACION DE PRESION  
 (19) ESTACION DE PRESION  
 (20) ESTACION DE PRESION  
 (21) ESTACION DE PRESION  
 (22) ESTACION DE PRESION  
 (23) ESTACION DE PRESION  
 (24) ESTACION DE PRESION  
 (25) ESTACION DE PRESION  
 (26) ESTACION DE PRESION  
 (27) ESTACION DE PRESION  
 (28) ESTACION DE PRESION  
 (29) ESTACION DE PRESION  
 (30) ESTACION DE PRESION  
 (31) ESTACION DE PRESION  
 (32) ESTACION DE PRESION

### **SIMULACION 3**

File: /POTABLE/ROMANCHO  
Created: Tue Dec 22, 1987 2:35:55 pm  
Updated: Tue Dec 22, 1987 2:36:48 pm  
Printed: Tue Dec 22, 1987 2:40:25 pm

117

0000 0000 000 0 0 000 0 0 0000 0 0 00000  
0 0 0 0 0 0 00 00 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
0000 0 0 0 0 0 0000 0 00 0 0 0 0  
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
0 0 0000 000 0 0 0 0 0 0 0000 0 0 00000

0000 00000 0000 0000 0000 00000 0 000  
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
0000 0 0000 0000 0000 0 0 0 0 0 0  
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
0 0 0000 0 0 0 0 0 0 0 000 00000

UNIVERSIDAD  
NACIONAL AUTONOMA DE  
MEXICO

|    |       |     |     |       |       |
|----|-------|-----|-----|-------|-------|
| 1  | .146  | 4   | 4   | 92.25 | 51.70 |
| 2  | .629  | 32  | 176 | 88.38 | 46.88 |
| 4  | .142  | 4   | 34  | 71.03 | 35.48 |
| 5  | .020  | 4   | 32  | 73.90 | 39.80 |
| 6  | .280  | 4   | 10  | 87.26 | 52.36 |
| 7  | 1.184 | 172 | 7   | 74.62 | 39.12 |
| 8  | .059  | 6   | 6   | 74.62 | 38.12 |
| 9  | .226  | 7   | 172 | 80.88 | 41.03 |
| 10 | .164  | 13  | 8   | 74.56 | 39.76 |
| 11 | .166  | 11  | 13  | 76.17 | 36.17 |
| 12 | .058  | 10  | 80  | 52.91 | 20.84 |
| 14 | .029  | 5   | 11  | 53.04 | 20.83 |
| 17 | .487  | 13  | 67  | 70.09 | 29.20 |
| 19 | 1.323 | 16  | 5   | 70.22 | 35.52 |
| 20 | .932  | 17  | 16  | 75.57 | 35.47 |
| 21 | .083  | 13  | 19  | 74.13 | 40.27 |
| 22 | 1.781 | 18  | 17  | 77.00 | 37.03 |
| 23 | .967  | 32  | 18  | 78.57 | 43.57 |
| 24 | .092  | 35  | 35  | 72.56 | 39.40 |
| 25 | 1.303 | 19  | 31  | 72.55 | 40.28 |
| 26 | .638  | 147 | 147 | 75.69 | 37.94 |
| 27 | .110  | 30  | 30  | 70.99 | 36.46 |
| 28 | .312  | 8   | 29  | 70.91 | 36.41 |
| 29 | .350  | 28  | 184 | 71.05 | 36.42 |
| 30 | .939  | 20  | 130 | 70.96 | 36.51 |
| 31 | .219  | 6   | 28  | 71.97 | 36.57 |
| 32 | .832  | 21  | 20  | 72.49 | 36.99 |
| 33 | .766  | 6   | 21  | 73.34 | 35.46 |
| 34 | .194  | 22  | 183 | 74.03 | 37.78 |
| 35 | .115  | 182 | 22  | 73.37 | 34.78 |
| 36 | .316  | 25  | 27  | 73.27 | 33.47 |
| 37 | .370  | 175 | 182 | 73.29 | 36.14 |
| 39 | .488  | 24  | 25  | 73.94 | 27.44 |
| 40 | .782  | 24  | 146 | 72.27 | 36.07 |
| 42 | .016  | 60  | 175 | 73.44 | 32.46 |
| 43 | .515  | 59  | 24  | 75.50 | 25.00 |
| 44 | .394  | 60  | 23  | 73.86 | 32.11 |
| 45 | .500  | 59  | 60  | 73.95 | 30.69 |
| 46 | .086  | 56  | 59  | 81.83 | 36.10 |
| 47 | .186  | 57  | 56  | 72.52 | 34.14 |
| 48 | .362  | 27  | 58  | 72.45 | 33.09 |
| 49 | .121  | 57  | 57  | 72.88 | 36.91 |
| 50 | .398  | 56  | 49  | 71.67 | 36.01 |
| 52 | .320  | 49  | 50  | 70.62 | 33.15 |
| 53 | .424  | 28  | 48  | 70.27 | 35.86 |
| 54 | .139  | 49  | 51  | 68.95 | 33.76 |
| 55 | .367  | 50  | 107 | 68.65 | 35.78 |
| 56 | .039  | 107 | 46  | 68.46 | 34.91 |
| 57 | .095  | 47  | 47  | 70.61 | 37.77 |
| 58 | .475  | 29  | 45  | 67.98 | 36.29 |
| 59 | .224  | 47  | 44  | 63.68 | 31.49 |
| 60 | .444  | 30  | 43  | 68.24 | 36.55 |
| 61 | .222  | 51  | 36  | 66.98 | 34.38 |
| 62 | .448  | 45  | 165 | 69.55 | 29.05 |
| 63 | .543  | 46  | 77  | 64.13 | 31.43 |
| 64 | .191  | 43  | 76  | 64.63 | 32.93 |
| 65 | 1.299 | 31  | 38  | 71.68 | 39.77 |
| 66 | .662  | 35  | 81  | 53.01 | 20.54 |
| 67 | .248  | 43  | 98  | 62.41 | 28.16 |

E N E P

ARAGON

JESUS OROZCO

|     |      |     |     |       |       |
|-----|------|-----|-----|-------|-------|
| 68  | .077 | 35  | 53  | 68.67 | 31.17 |
| 69  | .015 | 76  | 100 | 64.58 | 32.52 |
| 70  | .578 | 36  | 135 | 63.81 | 32.71 |
| 72  | .656 | 18  | 87  | 65.06 | 32.00 |
| 73  | .412 | 107 | 64  | 70.81 | 17.77 |
| 74  | .030 | 34  | 39  | 68.62 | 34.35 |
| 75  | .178 | 38  | 131 | 62.51 | 27.09 |
| 76  | .162 | 98  | 101 | 63.93 | 31.18 |
| 77  | .206 | 53  | 69  | 66.52 | 34.59 |
| 78  | .017 | 87  | 99  | 63.21 | 29.48 |
| 79  | .049 | 64  | 103 | 62.49 | 23.11 |
| 80  | .021 | 34  | 102 | 62.49 | 24.35 |
| 81  | .072 | 165 | 75  | 64.06 | 32.98 |
| 82  | .063 | 100 | 79  | 36.98 | 5.38  |
| 83  | .485 | 77  | 84  | 29.48 | -7.71 |
| 84  | .023 | 100 | 82  | 29.39 | -3.71 |
| 85  | .133 | 69  | 124 | 29.39 | -8.21 |
| 86  | .369 | 101 | 74  | 67.33 | 38.23 |
| 87  | .157 | 100 | 73  | 68.32 | 36.12 |
| 89  | .074 | 102 | 72  | 63.87 | 31.60 |
| 91  | .327 | 99  | 54  | 70.57 | 34.67 |
| 93  | .064 | 11  | 52  | 80.61 | 42.61 |
| 94  | .109 | 76  | 65  | 70.20 | 30.61 |
| 95  | .310 | 75  | 167 | 80.59 | 20.80 |
| 96  | .578 | 80  | 168 | 80.59 | 12.69 |
| 97  | .266 | 79  | 70  | 65.34 | 31.65 |
| 98  | .099 | 84  | 68  | 69.67 | 35.02 |
| 99  | .018 | 82  | 63  | 70.86 | 12.02 |
| 100 | .287 | 74  | 71  | 65.10 | 33.13 |
| 101 | .074 | 73  | 78  | 28.26 | -4.14 |
| 102 | .213 | 51  | 86  | 30.73 | -3.44 |
| 103 | .140 | 72  | 127 | 63.38 | 25.95 |
| 104 | .214 | 54  | 2   | 62.36 | 23.16 |
| 105 | .627 | 52  | 85  | 30.75 | -3.87 |
| 106 | .186 | 54  | 178 | 31.52 | -2.76 |
| 107 | .021 | 5   | 88  | 65.73 | 28.29 |
| 108 | .140 | 167 | 94  | 29.66 | -5.13 |
| 109 | .715 | 68  | 96  | 33.75 | -1.32 |
| 110 | .281 | 70  | 97  | 31.47 | -2.93 |
| 111 | .058 | 73  | 95  | 43.13 | 0.17  |
| 112 | .276 | 44  | 93  | 29.63 | -5.74 |
| 113 | .290 | 45  | 89  | 29.39 | -4.89 |
| 114 | .204 | 50  | 3   | 43.12 | 3.92  |
| 115 | .457 | 58  | 90  | 79.64 | 45.74 |
| 116 | .193 | 59  | 134 | 69.71 | 35.76 |
| 117 | .023 | 63  | 139 | 70.92 | 36.32 |
| 118 | .054 | 64  | 145 | 70.55 | 36.65 |
| 121 | .269 | 70  | 144 | 70.90 | 35.95 |
| 122 | .399 | 86  | 170 | 70.90 | 35.53 |
| 123 | .100 | 127 | 138 | 62.37 | 27.48 |
| 124 | .141 | 85  | 164 | 81.64 | 33.65 |
| 125 | .047 | 85  | 132 | 62.73 | 27.25 |
| 126 | .552 | 87  | 121 | 62.64 | 27.24 |
| 127 | .275 | 178 | 105 | 62.47 | 22.88 |
| 128 | .141 | 88  | 104 | 62.50 | 27.19 |
| 129 | .283 | 88  | 106 | 62.57 | 27.21 |
| 130 | .178 | 94  | 186 | 62.57 | 26.59 |
| 131 | .317 | 96  | 109 | 63.03 | 26.60 |
| 132 | .174 | 96  | 108 | 62.03 | 27.01 |
| 133 | .586 | 95  | 114 | 63.03 | 27.51 |

JESUS OROZCO

JESUS OROZCO

|     |      |     |     |       |       |
|-----|------|-----|-----|-------|-------|
| 135 | .043 | 94  | 177 | 62.80 | 27.29 |
| 138 | .090 | 84  | 113 | 63.04 | 25.79 |
| 139 | .017 | 95  | 155 | 70.96 | 31.26 |
| 140 | .269 | 90  | 190 | 70.97 | 31.47 |
| 141 | .319 | 134 | 122 | 63.07 | 24.08 |
| 142 | .015 | 139 | 117 | 63.06 | 25.57 |
| 143 | .009 | 144 | 123 | 63.16 | 21.66 |
| 144 | .028 | 144 | 179 | 63.26 | 22.76 |
| 145 | .068 | 139 | 160 | 63.26 | 24.32 |
| 146 | .630 | 138 | 118 | 63.06 | 25.42 |
| 147 | .709 | 164 | 125 | 63.29 | 22.98 |
| 148 | .315 | 132 | 119 | 63.29 | 23.74 |
| 149 | .156 | 103 | 116 | 63.66 | 25.68 |
| 150 | .096 | 104 | 115 | 63.98 | 22.69 |
| 151 | .129 | 106 | 128 | 64.11 | 21.01 |
| 152 | .028 | 106 | 91  | 29.38 | -4.55 |
| 153 | .170 | 186 | 126 | 63.22 | 5.22  |
| 154 | .085 | 109 | 187 | 62.75 | 8.75  |
| 155 | .044 | 114 | 137 | 71.29 | 17.60 |
| 156 | .173 | 114 | 140 | 71.27 | 14.57 |
| 157 | .000 | 113 | 141 | 71.40 | 32.99 |
| 153 | .087 | 190 | 136 | 71.27 | 27.97 |
| 159 | .092 | 113 | 14  | 71.23 | 30.67 |
| 160 | .064 | 107 | 143 | 71.23 | 32.83 |
| 161 | .109 | 122 | 142 | 71.61 | 33.57 |
| 162 | .052 | 122 | 148 | 75.11 | 35.22 |
| 163 | .000 | 117 | 154 | 70.99 | 32.53 |
| 164 | .178 | 123 | 151 | 71.14 | 32.00 |
| 165 | .178 | 179 | 150 | 71.23 | 33.90 |
| 166 | .067 | 180 | 152 | 70.53 | 33.78 |
| 167 | .077 | 180 | 173 | 70.46 | 33.49 |
| 168 | .046 | 117 | 153 | 70.46 | 34.61 |
| 169 | .112 | 118 | 174 | 70.97 | 33.03 |
| 170 | .116 | 125 | 181 | 70.46 | 34.74 |
| 171 | .165 | 119 | 156 | 79.37 | 20.74 |
| 172 | .287 | 119 | 191 | 79.48 | 11.48 |
| 173 | .470 | 116 | 158 | 78.28 | 37.00 |
| 174 | .115 | 116 | 157 | 79.32 | 31.52 |
| 175 | .594 | 115 | 160 | 74.75 | 35.35 |
| 176 | .120 | 115 | 161 | 74.07 | 35.61 |
| 177 | .722 | 128 | 162 | 72.37 | 12.37 |
| 178 | .087 | 89  | 163 | 68.27 | -1.13 |
| 179 | .263 | 127 | 111 | 96.07 | 23.57 |
| 180 | .381 | 128 | 110 | 88.35 | 18.35 |
| 181 | .429 | 126 | 133 | 71.90 | 32.90 |
| 182 | .355 | 137 | 112 | 67.23 | 32.03 |
| 183 | .050 | 137 | 92  | 66.03 | 30.68 |
| 184 | .122 | 140 | 9   | 60.60 | 25.12 |
| 185 | .015 | 141 | 194 | 57.74 | 22.34 |
| 186 | .117 | 141 | 120 | 62.45 | 24.96 |
| 187 | .010 | 140 | 185 | 62.58 | 27.20 |
| 188 | .052 | 136 | 26  | 84.56 | 22.66 |
| 189 | .072 | 142 | 168 | 60.85 | 20.85 |
| 190 | .175 | 142 | 159 | 92.96 | 52.61 |
| 191 | .273 | 146 | 169 | 92.97 | -2.17 |
| 192 | .371 | 146 | 15  | 73.33 | 19.43 |
| 193 | .361 | 38  | 55  | 93.00 | 3.00  |
| 194 | .352 | 148 | 129 | 96.80 | 4.80  |
| 195 | .165 | 154 | 149 | 60.00 | 39.13 |
| 197 | .252 | 151 | 169 | 83.50 | 3.50  |

120

ENEP ARAGON

JESUS OROZCO

|     |       |     |     |        |      |     |
|-----|-------|-----|-----|--------|------|-----|
| 198 | .529  | 150 | 166 | 104.60 | 3.60 | 121 |
| 199 | .014  | 150 | 66  | 92.00  | 4.00 |     |
| 200 | .200  | 151 | 62  | 91.96  | 2.00 |     |
| 201 | .025  | 152 | 61  | 92.25  | 4.25 |     |
| 202 | .053  | 152 | 1   | 93.00  | 6.00 |     |
| 203 | .009  | 154 | 42  | 94.10  | 4.10 |     |
| 204 | .010  | 153 | 12  | 94.10  | 4.10 |     |
| 205 | .009  | 153 | 41  | 94.50  | 4.50 |     |
| 207 | .271  | 191 |     |        |      |     |
| 208 | .222  | 157 |     |        |      |     |
| 209 | .210  | 156 |     |        |      |     |
| 211 | .924  | 158 |     |        |      |     |
| 212 | .620  | 160 |     |        |      |     |
| 213 | .087  | 161 |     |        |      |     |
| 214 | .348  | 164 |     |        |      |     |
| 215 | .303  | 164 |     |        |      |     |
| 216 | .438  | 161 |     |        |      |     |
| 217 | .555  | 67  |     |        |      |     |
| 218 | .116  | 67  |     |        |      |     |
| 219 | .410  | 67  |     |        |      |     |
| 220 | .444  | 67  |     |        |      |     |
| 221 | .139  | 160 |     |        |      |     |
| 222 | .078  | 167 |     |        |      |     |
| 223 | 1.646 | 110 |     |        |      |     |
| 224 | .422  | 133 |     |        |      |     |
| 225 | .319  | 76  |     |        |      |     |
| 226 | 1.524 | 111 |     |        |      |     |
| 228 | .094  | 133 |     |        |      |     |
| 229 | .090  | 191 |     |        |      |     |
| 233 | .343  | 145 |     |        |      |     |
| 234 | .038  | 130 |     |        |      |     |
| 235 | .098  | 39  |     |        |      |     |
| 236 | .278  | 130 |     |        |      |     |
| 237 | .237  | 112 |     |        |      |     |
| 238 | .185  | 92  |     |        |      |     |
| 239 | .182  | 9   |     |        |      |     |
| 240 | .058  | 104 |     |        |      |     |
| 242 | .093  | 131 |     |        |      |     |
| 244 | .215  | 120 |     |        |      |     |
| 245 | .660  | 43  |     |        |      |     |
| 249 | .046  | 139 |     |        |      |     |
| 252 | .306  | 121 |     |        |      |     |
| 253 | .039  | 104 |     |        |      |     |
| 254 | .284  | 177 |     |        |      |     |
| 255 | .565  | 22  |     |        |      |     |
| 256 | .242  | 25  |     |        |      |     |
| 257 | .320  | 48  |     |        |      |     |
| 258 | .040  | 178 |     |        |      |     |
| 259 | .175  | 125 |     |        |      |     |
| 260 | .242  | 105 |     |        |      |     |
| 262 | .235  | 34  |     |        |      |     |
| 263 | 1.093 | 52  |     |        |      |     |
| 264 | 1.617 | 26  |     |        |      |     |
| 265 | .058  | 25  |     |        |      |     |
| 266 | .285  | 22  |     |        |      |     |
| 268 | .011  | 14  |     |        |      |     |
| 269 | .074  | 182 |     |        |      |     |
| 270 | .379  | 184 |     |        |      |     |
| 271 | .055  | 172 |     |        |      |     |
| 272 | 1.352 | 178 |     |        |      |     |

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

JESUS OROZCO

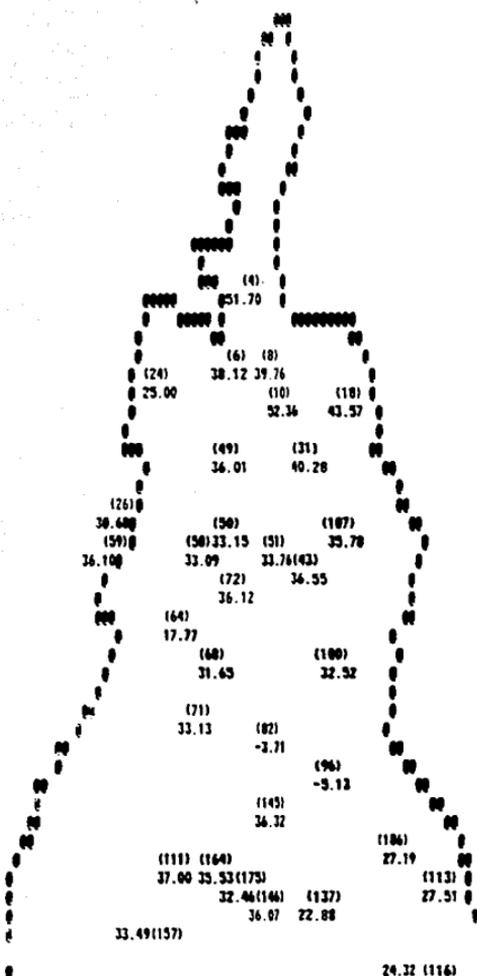
|     |       |     |
|-----|-------|-----|
| 273 | .735  | 183 |
| 274 | .089  | 147 |
| 275 | .897  | 13  |
| 276 | .113  | 185 |
| 277 | .173  | 185 |
| 278 | .082  | 108 |
| 279 | .143  | 187 |
| 280 | .083  | 2   |
| 283 | .040  | 69  |
| 284 | .067  | 69  |
| 288 | .078  | 189 |
| 289 | 1.131 | 52  |
| 290 | .026  | 175 |
| 291 | .050  | 182 |
| 292 | .075  | 147 |
| 293 | .037  | 30  |
| 294 | .053  | 46  |
| 295 | .089  | 45  |
| 351 | .087  | 55  |
| 352 | 1.112 | 129 |
| 353 | .525  | 129 |
| 354 | .570  | 149 |
| 355 | .517  | 149 |
| 356 | .510  | 149 |
| 357 | .685  | 149 |
| 359 | .422  | 169 |
| 360 | 1.672 | 166 |
| 361 | .647  | 66  |
| 362 | .647  | 66  |
| 363 | .095  | 66  |
| 364 | .344  | 62  |
| 365 | 1.373 | 61  |
| 366 | 1.834 | 61  |
| 367 | 1.519 | 1   |
| 368 | .927  | 1   |
| 370 | .378  | 42  |
| 371 | .844  | 12  |
| 372 | .784  | 12  |
| 373 | .092  | 12  |
| 374 | .097  | 41  |
| 375 | .678  | 41  |
| 376 | 3.016 | 42  |

122

|       |            |            |
|-------|------------|------------|
| 0.000 | 0.000      | 0.00       |
| 0.000 | 0.000      | 0.00       |
| 0.000 | 0.000      | 0.00       |
| .510  | 128480.020 | 0.00       |
| 0.000 | 0.000      | 0.00       |
| .810  | 8040.000   | 25326.00   |
| .910  | 103630.000 | 326434.50  |
| 1.220 | 261481.000 | 1262953.50 |
| 1.830 | 12630.000  | 118469.29  |

E N E P ARAGON

JESUS OROZCO



E N E P ARAGON

JESUS OROZCO

**SIMULACION**  
**CADENA LA CONDESA - ORIENTE 217**  
**DIVISION DEL NORTE - AV. RIO CHURUBUSCO**

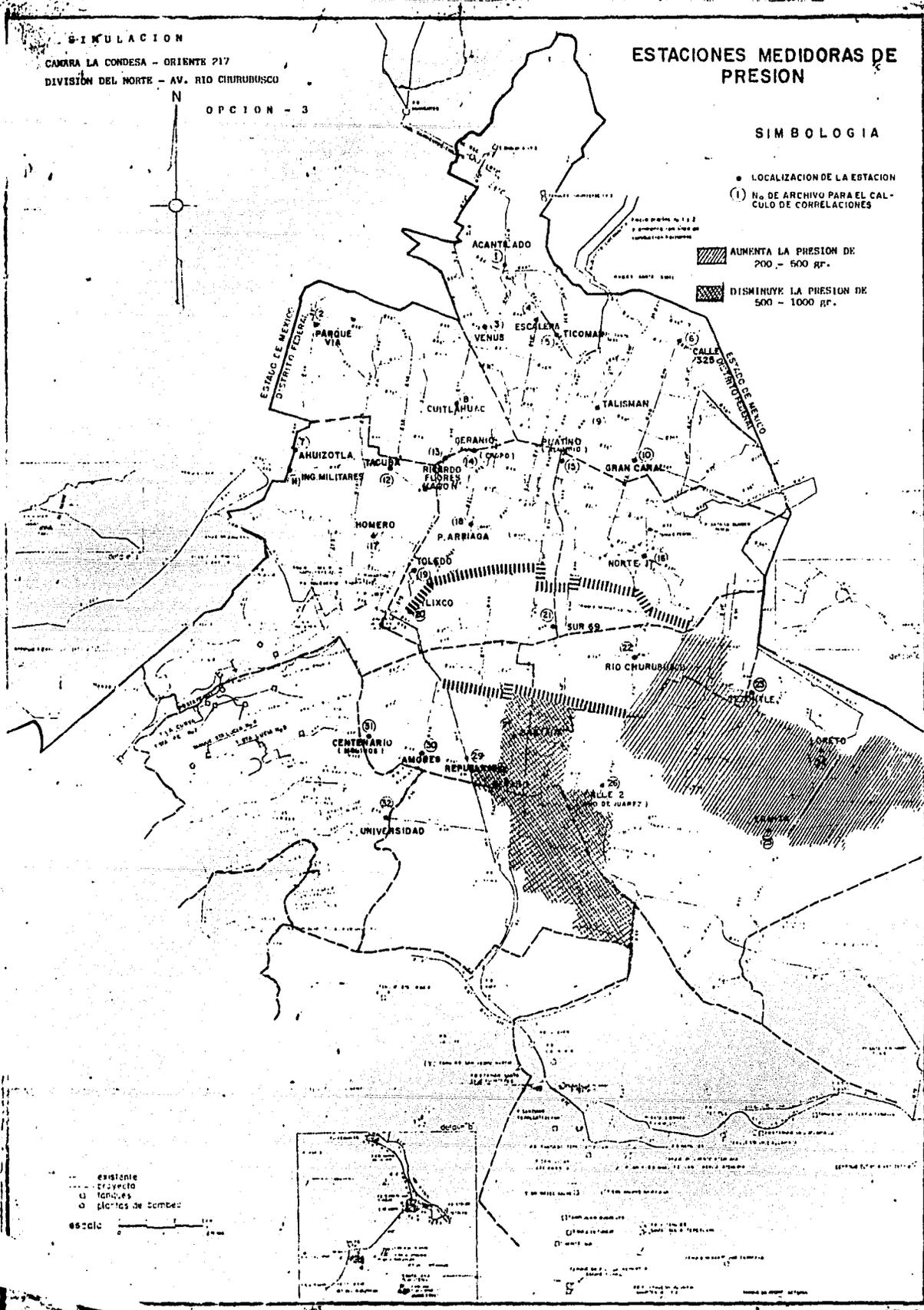
**ESTACIONES MEDIDORAS DE PRESION**

OPCION - 3

**SIMBOLOGIA**

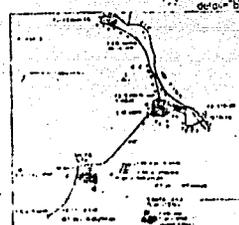
- LOCALIZACION DE LA ESTACION
- (1) N.º DE ARCHIVO PARA EL CALCULO DE CORRELACIONES

-  AUMENTA LA PRESION DE 200 - 500 RP.
-  DISMINUYE LA PRESION DE 500 - 1000 RP.



--- existente  
 --- proyecto  
 □ tanques  
 ○ plantas de bombeo

escala 0 100 200



(1) tanque existente  
 (2) tanque proyecto  
 (3) planta de bombeo existente  
 (4) planta de bombeo proyecto

## **SIMULACION 4**

File: /POTABLE/RX01B  
Created: Tue Dec 22, 1987 5:41:57 pm  
Updated: Tue Dec 22, 1987 5:42:51 pm  
Printed: Tue Dec 22, 1987 5:46:16 pm

124

0000 0 0 000 0000 000  
0 0 0 0 0 0 0 0 0  
0 0 0 0 0 0 0 0 0  
0000 0 0 0 0 000  
0 0 0 0 0 0 0 0 0  
0 0 0 0 000 0 000  
0 0 0 0 000 0 000

000 0000 0000 0000 0000 0000 0 000  
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
000 0 0000 0000 0000 0 0 0 0  
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
0 0 0000 0 0 0 0 0 000 0000

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

JESUS OROZCO

| COSTOS | EN    | LOS      | TUBOS | CARGAS | EN                 | LOS          | HUJOS |  |
|--------|-------|----------|-------|--------|--------------------|--------------|-------|--|
| TUBO   | CASTO | SALE DEL | HUJO  | HUJO   | NIVEL PIEZOMETRICO | CARGA TOTAL  |       |  |
| 1      | .166  | 4        | 4     | 92.02  | 91.47              |              |       |  |
| 2      | .689  | 32       | 176   | 87.04  | 85.54              |              |       |  |
| 4      | .164  | 4        | 34    | 64.96  | 29.42              |              |       |  |
| 5      | .023  | 4        | 32    | 68.42  | 34.32              |              |       |  |
| 6      | .317  | 4        | 10    | 85.38  | 50.48              |              |       |  |
| 7      | 1.342 | 172      | 7     | 69.35  | 33.85              |              |       |  |
| 8      | .877  | 6        | 6     | 69.34  | 32.86              |              |       |  |
| 9      | .257  | 7        | 172   | 77.38  | 37.53              |              |       |  |
| 10     | .182  | 13       | 8     | 69.27  | 34.47              |              |       |  |
| 11     | .169  | 80       | 13    | 71.25  | 31.25              |              |       |  |
| 12     | .866  | 10       | 90    | 48.37  | 16.30              |              |       |  |
| 14     | .847  | 67       | 11    | 48.23  | 16.02              |              |       |  |
| 17     | .952  | 13       | 67    | 65.19  | 24.39              |              |       |  |
| 19     | 1.487 | 14       | 5     | 64.59  | 29.89              |              |       |  |
| 20     | 1.648 | 17       | 16    | 78.48  | 38.38              |              |       |  |
| 21     | .695  | 18       | 19    | 68.64  | 34.80              |              |       |  |
| 22     | 2.601 | 18       | 17    | 72.29  | 32.32              |              |       |  |
| 23     | 1.121 | 32       | 18    | 74.32  | 39.32              |              |       |  |
| 24     | .190  | 35       | 25    | 66.69  | 33.53              |              |       |  |
| 25     | 1.461 | 19       | 31    | 66.67  | 34.80              |              |       |  |
| 26     | .716  | 147      | 142   | 78.64  | 32.89              |              |       |  |
| 27     | .124  | 38       | 30    | 64.72  | 38.19              |              |       |  |
| 28     | .352  | 8        | 29    | 64.62  | 36.12              |              |       |  |
| 29     | .397  | 28       | 184   | 64.80  | 36.17              |              |       |  |
| 30     | 1.884 | 28       | 138   | 64.69  | 38.24              |              |       |  |
| 31     | .247  | 6        | 28    | 65.99  | 38.59              |              |       |  |
| 32     | .934  | 21       | 28    | 66.65  | 31.15              |              |       |  |
| 33     | .967  | 6        | 21    | 67.73  | 29.85              |              |       |  |
| 34     | .716  | 22       | 183   | 68.60  | 32.35              |              |       |  |
| 35     | .122  | 182      | 22    | 67.77  | 29.18              |              |       |  |
| 36     | .358  | 25       | 27    | 67.65  | 27.85              |              |       |  |
| 37     | .327  | 175      | 182   | 67.67  | 38.52              |              |       |  |
| 39     | .354  | 24       | 25    | 68.51  | 22.81              |              |       |  |
| 40     | .887  | 24       | 146   | 68.35  | 24.15              |              |       |  |
| 42     | .027  | 60       | 175   | 61.26  | 28.28              |              |       |  |
| 43     | .587  | 59       | 24    | 70.52  | 28.02              |              |       |  |
| 44     | .439  | 60       | 23    | 68.40  | 26.68              |              |       |  |
| 45     | .568  | 59       | 60    | 68.53  | 25.27              |              |       |  |
| 46     | .883  | 56       | 59    | 78.78  | 33.85              |              |       |  |
| 47     | .198  | 57       | 56    | 64.76  | 28.38              |              |       |  |
| 48     | .401  | 27       | 58    | 64.70  | 27.34              |              |       |  |
| 49     | .137  | 57       | 57    | 67.17  | 31.10              |              |       |  |
| 50     | .448  | 56       | 49    | 65.64  | 29.98              |              |       |  |
| 51     | .158  | 83       | 58    | 64.85  | 26.98              | ENEK ARAGON  |       |  |
| 52     | .348  | 49       | 83    | 47.74  | 14.64              |              |       |  |
| 53     | .445  | 26       | 82    | 47.74  | 14.64              | JESUS OROZCO |       |  |
| 54     | .157  | 49       | 48    | 63.84  | 29.43              |              |       |  |
| 55     | .428  | 50       | 51    | 62.25  | 27.86              |              |       |  |
| 56     | .825  | 107      | 107   | 61.67  | 28.88              |              |       |  |
| 57     | .183  | 47       | 46    | 61.59  | 27.94              |              |       |  |
| 58     | .333  | 29       | 47    | 64.24  | 31.48              |              |       |  |

|     |       |     |     |       |       |
|-----|-------|-----|-----|-------|-------|
| 59  | .248  | 47  | 45  | 61.04 | 29.35 |
| 60  | .494  | 30  | 44  | 56.38 | 24.19 |
| 61  | .248  | 51  | 43  | 61.30 | 29.61 |
| 62  | .467  | 45  | 36  | 58.88 | 26.28 |
| 63  | .578  | 46  | 165 | 62.81 | 22.31 |
| 64  | .190  | 43  | 77  | 51.00 | 18.30 |
| 65  | 1.450 | 31  | 76  | 57.46 | 25.76 |
| 66  | .751  | 35  | 193 | 47.96 | 13.56 |
| 67  | .345  | 43  | 38  | 79.97 | 48.06 |
| 68  | .067  | 35  | 81  | 47.74 | 15.27 |
| 69  | .053  | 76  | 98  | 48.10 | 13.85 |
| 70  | .960  | 36  | 97  | 48.11 | 13.71 |
| 71  | .323  | 193 | 100 | 49.10 | 16.04 |
| 72  | .063  | 18  | 135 | 61.86 | 30.76 |
| 73  | .533  | 107 | 87  | 63.10 | 30.64 |
| 74  | .037  | 34  | 64  | 65.01 | 11.97 |
| 75  | .376  | 38  | 39  | 61.67 | 27.40 |
| 76  | .032  | 98  | 131 | 49.62 | 13.20 |
| 77  | .013  | 97  | 101 | 50.47 | 17.72 |
| 78  | .017  | 87  | 69  | 47.49 | 15.56 |
| 79  | .042  | 64  | 99  | 49.64 | 14.91 |
| 80  | .024  | 34  | 102 | 48.64 | 10.50 |
| 81  | .080  | 165 | 103 | 49.23 | 9.85  |
| 82  | .031  | 131 | 75  | 57.06 | 25.98 |
| 83  | .789  | 77  | 79  | 47.42 | 15.82 |
| 84  | .043  | 101 | 84  | 47.51 | 10.32 |
| 85  | .075  | 100 | 74  | 60.32 | 31.22 |
| 86  | .591  | 101 | 73  | 61.49 | 29.29 |
| 87  | .098  | 99  | 72  | 56.55 | 24.28 |
| 88  | .622  | 102 | 54  | 64.40 | 28.50 |
| 89  | .767  | 103 | 52  | 76.90 | 38.90 |
| 90  | .111  | 97  | 65  | 64.18 | 24.59 |
| 91  | .268  | 99  | 167 | 76.69 | 16.90 |
| 92  | .149  | 98  | 168 | 76.45 | 8.75  |
| 93  | .256  | 11  | 70  | 58.31 | 24.62 |
| 94  | .091  | 76  | 68  | 64.71 | 30.06 |
| 95  | .274  | 75  | 63  | 65.04 | 6.20  |
| 96  | .142  | 80  | 78  | 47.42 | 15.02 |
| 97  | .019  | 84  | 71  | 57.85 | 25.88 |
| 98  | .164  | 82  | 86  | 47.76 | 13.59 |
| 99  | .008  | 81  | 127 | 50.73 | 13.30 |
| 100 | .287  | 74  | 2   | 49.41 | 10.21 |
| 101 | .080  | 73  | 85  | 47.75 | 13.13 |
| 102 | .236  | 51  | 178 | 48.04 | 13.76 |
| 103 | .135  | 72  | 88  | 64.08 | 26.64 |
| 104 | .244  | 54  | 94  | 47.95 | 13.16 |
| 105 | .708  | 52  | 96  | 47.99 | 12.92 |
| 106 | .143  | 54  | 95  | 48.68 | 13.72 |
| 107 | .089  | 5   | 93  | 48.89 | 13.52 |
| 108 | .149  | 167 | 91  | 47.55 | 13.62 |
| 109 | .869  | 68  | 89  | 47.55 | 13.27 |
| 110 | .308  | 70  | 15  | 45.32 | 11.42 |
| 111 | .061  | 73  | 90  | 75.72 | 41.82 |
| 112 | .238  | 44  | 134 | 51.89 | 17.14 |
| 113 | .305  | 45  | 139 | 53.05 | 18.45 |
| 114 | .186  | 50  | 145 | 53.49 | 20.09 |
| 115 | .504  | 58  | 144 | 51.21 | 16.16 |
| 116 | .216  | 59  | 138 | 49.64 | 14.75 |
| 117 | .019  | 63  | 164 | 77.12 | 29.13 |
| 118 | .063  | 64  | 132 | 49.74 | 14.26 |

ENEP ARAGON

JESUS O.

|     |      |     |     |       |       |
|-----|------|-----|-----|-------|-------|
| 119 | .025 | 78  | 121 | 49.60 | 14.20 |
| 120 | .335 | 71  | 105 | 49.35 | 9.76  |
| 121 | .370 | 70  | 104 | 49.37 | 14.06 |
| 122 | .147 | 86  | 106 | 49.49 | 14.13 |
| 123 | .114 | 127 | 186 | 49.48 | 13.50 |
| 124 | .061 | 85  | 109 | 50.19 | 13.76 |
| 125 | .015 | 85  | 108 | 50.18 | 14.16 |
| 126 | .369 | 87  | 114 | 50.19 | 14.67 |
| 127 | .162 | 178 | 177 | 49.83 | 14.32 |
| 128 | .096 | 88  | 113 | 50.21 | 12.96 |
| 129 | .339 | 88  | 155 | 45.30 | 5.60  |
| 130 | .160 | 94  | 190 | 45.32 | 5.82  |
| 131 | .029 | 96  | 122 | 50.24 | 11.25 |
| 132 | .020 | 96  | 117 | 50.23 | 12.74 |
| 133 | .160 | 95  | 123 | 50.39 | 8.29  |
| 134 | .046 | 93  | 179 | 50.53 | 10.03 |
| 135 | .244 | 93  | 180 | 50.54 | 11.60 |
| 136 | .228 | 93  | 118 | 50.23 | 12.59 |
| 138 | .049 | 89  | 125 | 50.58 | 10.27 |
| 139 | .635 | 91  | 119 | 50.58 | 11.03 |
| 140 | .204 | 90  | 116 | 51.09 | 13.11 |
| 141 | .586 | 134 | 115 | 51.54 | 10.44 |
| 142 | .024 | 145 | 128 | 51.73 | 8.63  |
| 143 | .970 | 144 | 126 | 50.50 | -7.50 |
| 144 | .009 | 144 | 107 | 49.88 | -4.12 |
| 145 | .043 | 139 | 137 | 65.88 | 32.19 |
| 146 | .140 | 138 | 140 | 60.36 | 23.66 |
| 147 | .986 | 164 | 141 | 60.21 | 21.80 |
| 148 | .285 | 132 | 136 | 60.32 | 17.02 |
| 149 | .459 | 105 | 143 | 59.29 | 20.89 |
| 150 | .334 | 104 | 142 | 60.21 | 22.17 |
| 151 | .158 | 106 | 148 | 68.56 | 28.67 |
| 152 | .037 | 104 | 154 | 45.17 | 6.71  |
| 153 | .218 | 186 | 151 | 44.75 | 5.61  |
| 154 | .180 | 189 | 150 | 44.75 | 7.42  |
| 155 | .898 | 114 | 152 | 43.81 | 7.06  |
| 156 | .213 | 114 | 173 | 43.69 | 6.72  |
| 157 | .007 | 113 | 153 | 43.69 | 7.84  |
| 158 | .106 | 190 | 174 | 45.17 | 7.23  |
| 159 | .118 | 113 | 181 | 43.69 | 7.97  |
| 160 | .011 | 107 | 156 | 82.47 | 31.67 |
| 161 | .128 | 122 | 191 | 82.79 | 14.29 |
| 162 | .064 | 122 | 158 | 77.29 | 36.51 |
| 163 | .013 | 117 | 157 | 82.30 | 13.00 |
| 164 | .220 | 123 | 160 | 72.64 | 33.24 |
| 165 | .220 | 179 | 161 | 71.63 | 33.17 |
| 166 | .103 | 180 | 162 | 69.58 | 9.58  |
| 167 | .095 | 180 | 163 | 63.51 | -4.89 |
| 168 | .050 | 118 | 111 | 82.40 | 19.90 |
| 169 | .137 | 118 | 110 | 85.15 | 15.15 |
| 170 | .144 | 125 | 133 | 74.55 | 34.65 |
| 171 | .204 | 119 | 112 | 61.31 | 26.11 |
| 172 | .403 | 119 | 92  | 60.71 | 25.36 |
| 173 | .554 | 116 | 9   | 58.91 | 23.41 |
| 174 | .138 | 116 | 194 | 55.19 | 19.79 |
| 175 | .701 | 115 | 120 | 49.41 | 11.92 |
| 176 | .144 | 115 | 185 | 49.51 | 14.13 |
| 177 | .854 | 128 | 26  | 82.25 | 20.35 |
| 178 | .001 | 89  | 188 | 47.38 | 7.38  |
| 179 | .312 | 127 | 159 | 92.95 | 52.60 |

|     |       |     |
|-----|-------|-----|
| 180 | .445  | 128 |
| 181 | .493  | 126 |
| 182 | .479  | 137 |
| 183 | .787  | 137 |
| 184 | .558  | 140 |
| 185 | .058  | 141 |
| 186 | .125  | 140 |
| 187 | .060  | 140 |
| 189 | .113  | 142 |
| 190 | .011  | 142 |
| 191 | .125  | 146 |
| 192 | .714  | 146 |
| 193 | .374  | 97  |
| 194 | .600  | 148 |
| 195 | .515  | 190 |
| 197 | .426  | 154 |
| 198 | .898  | 150 |
| 200 | .246  | 151 |
| 201 | .033  | 152 |
| 202 | .073  | 152 |
| 203 | .005  | 154 |
| 204 | .019  | 153 |
| 205 | .149  | 181 |
| 207 | .461  | 191 |
| 208 | .463  | 157 |
| 209 | .392  | 156 |
| 211 | 1.115 | 158 |
| 212 | .759  | 160 |
| 213 | .095  | 161 |
| 214 | .291  | 164 |
| 215 | .196  | 164 |
| 216 | .551  | 161 |
| 217 | .360  | 67  |
| 218 | .277  | 67  |
| 219 | .492  | 67  |
| 220 | .533  | 67  |
| 221 | .165  | 160 |
| 222 | .056  | 158 |
| 223 | 1.004 | 110 |
| 224 | 1.586 | 133 |
| 225 | .285  | 76  |
| 226 | 1.665 | 111 |
| 229 | .158  | 191 |
| 233 | .638  | 145 |
| 234 | .046  | 130 |
| 235 | .050  | 39  |
| 236 | .308  | 130 |
| 237 | .167  | 112 |
| 238 | .106  | 92  |
| 239 | .208  | 9   |
| 240 | .131  | 9   |
| 241 | .183  | 81  |
| 242 | .132  | 102 |
| 243 | 1.987 | 190 |
| 244 | .372  | 130 |
| 245 | .681  | 43  |
| 247 | .302  | 137 |
| 249 | .587  | 139 |
| 252 | .375  | 121 |
| 253 | .048  | 108 |

|     |        |       |
|-----|--------|-------|
| 189 | 92.97  | 17.97 |
| 55  | 93.00  | 3.00  |
| 129 | 96.80  | 4.80  |
| 149 | 80.00  | 39.13 |
| 169 | 93.50  | 3.50  |
| 166 | 104.60 | 3.60  |
| 66  | 92.00  | 4.00  |
| 62  | 91.96  | 2.00  |
| 61  | 92.25  | 4.25  |
| 1   | 93.00  | 6.00  |
| 42  | 94.10  | 4.10  |
| 12  | 94.10  | 4.10  |
| 41  | 94.50  | 4.50  |

128

UNIVERSIDAD NACIONAL

AUTONOMA DE MEXICO

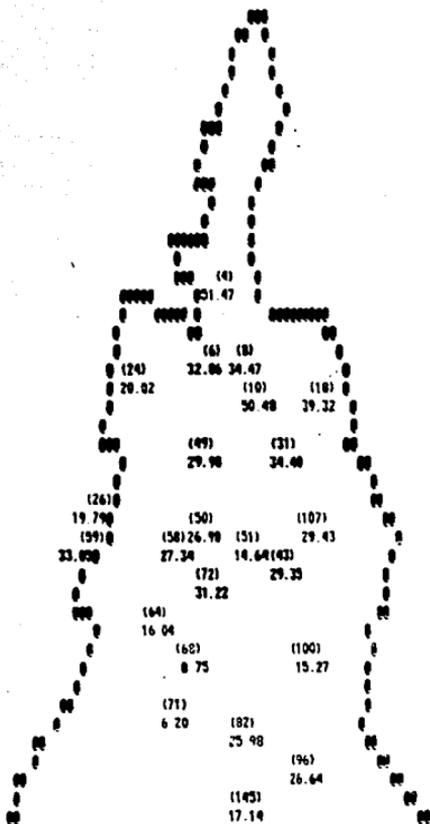
JESUS OROZCO

|     |       |     |
|-----|-------|-----|
| 254 | .352  | 177 |
| 255 | .643  | 23  |
| 256 | .280  | 25  |
| 257 | .351  | 40  |
| 258 | .019  | 178 |
| 259 | .187  | 125 |
| 260 | .353  | 120 |
| 262 | .230  | 34  |
| 263 | 1.232 | 52  |
| 264 | 1.840 | 26  |
| 265 | .066  | 25  |
| 266 | .314  | 22  |
| 269 | .084  | 182 |
| 270 | .423  | 184 |
| 271 | .063  | 172 |
| 272 | 1.534 | 176 |
| 273 | .825  | 183 |
| 274 | .100  | 147 |
| 275 | 1.012 | 13  |
| 276 | .157  | 185 |
| 277 | .222  | 185 |
| 278 | .102  | 108 |
| 279 | .164  | 187 |
| 280 | .097  | 2   |
| 283 | .048  | 77  |
| 284 | .016  | 11  |
| 288 | .087  | 189 |
| 289 | 1.274 | 52  |
| 290 | .304  | 175 |
| 291 | .056  | 182 |
| 292 | .084  | 147 |
| 293 | .041  | 30  |
| 294 | .056  | 46  |
| 295 | .093  | 45  |
| 351 | .096  | 55  |
| 352 | 1.306 | 129 |
| 353 | .496  | 129 |
| 354 | 1.150 | 149 |
| 355 | .791  | 149 |
| 356 | .539  | 149 |
| 357 | .777  | 149 |
| 359 | .689  | 149 |
| 360 | 1.829 | 166 |
| 361 | .714  | 66  |
| 362 | .714  | 66  |
| 363 | .107  | 66  |
| 364 | .389  | 62  |
| 365 | 1.561 | 61  |
| 366 | 2.091 | 61  |
| 367 | 1.725 | 1   |
| 368 | 1.061 | 1   |
| 370 | .427  | 42  |
| 371 | .933  | 12  |
| 372 | .084  | 12  |
| 373 | .104  | 12  |
| 374 | .110  | 41  |
| 375 | .541  | 41  |
| 376 | 3.405 | 42  |

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

JESUS OROZCO

|       |            |            |
|-------|------------|------------|
| 0 000 | 0.000      | 0.00       |
| 0 000 | 0 000      | 0.00       |
| 0 000 | 0.000      | 0.00       |
| 010   | 129200.820 | 0.00       |
| 0 000 | 0.000      | 0.00       |
| 010   | 7240.000   | 22869.00   |
| 010   | 97065.031  | 305754.87  |
| 1.220 | 269301.000 | 1301110.50 |
| 1.830 | 12630.000  | 110469.39  |



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

JESUS OROZCO

0  
0  
0  
0  
0  
0

(111) (164)  
33.24 16.16 (175)  
20.20 (146) (137)  
24.13 10.44  
7.23 (157)

(186) 0  
14.06 00  
(113) 0  
14.67 0  
0

131

11.60 (116)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

JESUS OROZCO

**SIMULACION**

XOTEPINGO - CERRO DE LA ESTRELLA

XOTEPINGO - B

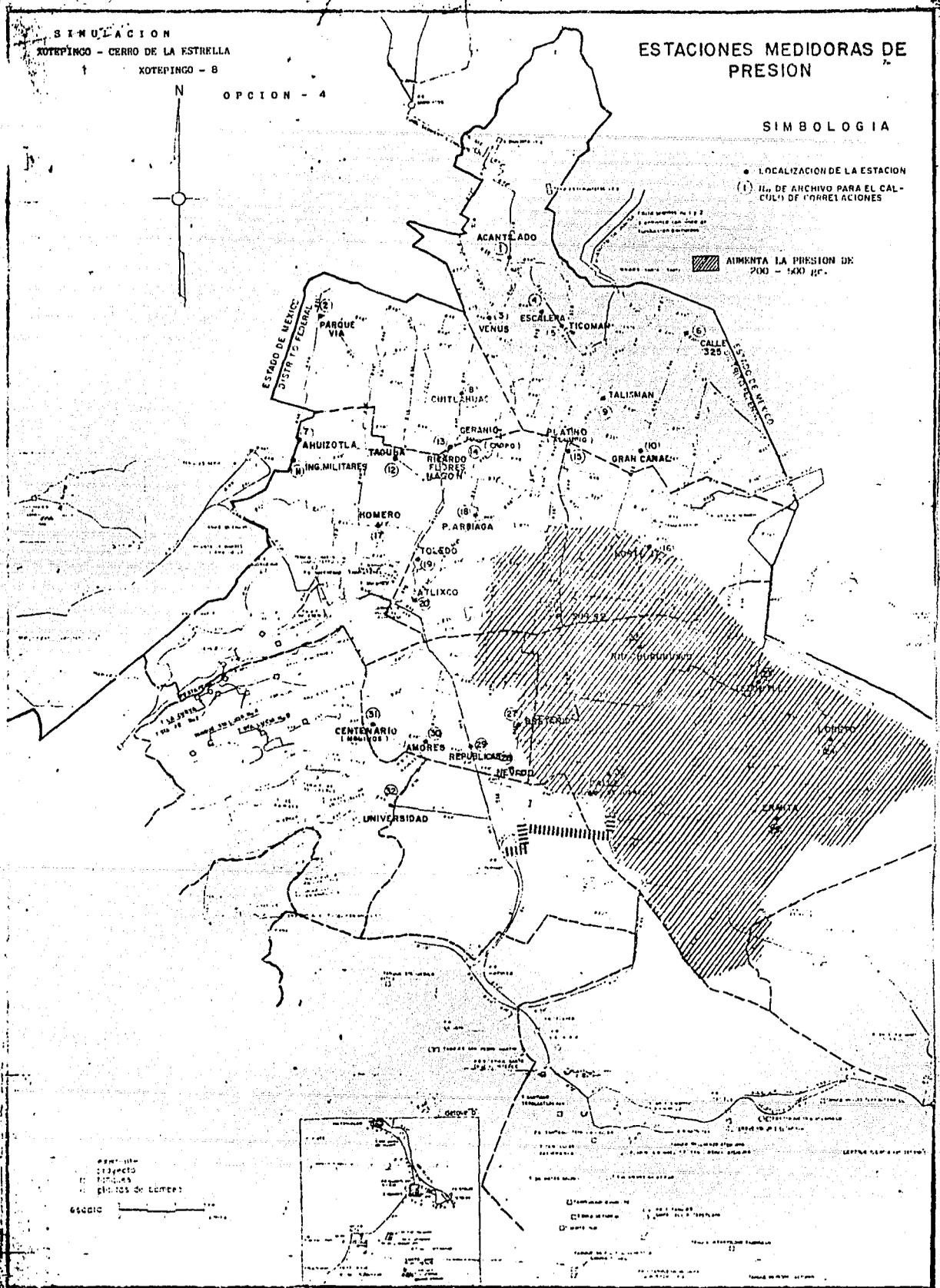
OPCION - 4

**ESTACIONES MEDIDAS DE PRESION**

**SIMBOLOGIA**

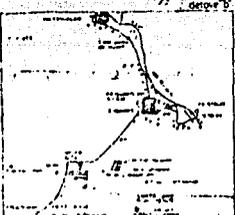
- LOCALIZACION DE LA ESTACION
- (1) NO. DE ARCHIVO PARA EL CALCULO DE CORRECCIONES

▲ AUMENTA LA PRESION DE 200 - 500 µg.



● Estación de medición  
 ○ Puntos de control  
 ○ Puntos de control

650000



(1) No. de archivo para el cálculo de correcciones  
 (2) No. de archivo para el cálculo de correcciones

(3) No. de archivo para el cálculo de correcciones  
 (4) No. de archivo para el cálculo de correcciones

(5) No. de archivo para el cálculo de correcciones  
 (6) No. de archivo para el cálculo de correcciones

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En esta simulación, se efectuó la calibración del modelo estático a las 13:00 P.M.; (archivo base AZTECA 4), es decir se ajustan los valores de presiones que nos da el modelo, con las presiones reales que se aforan diariamente en las 32 estaciones que se encuentran en la ciudad de México, mediante la variación de los coeficientes de fricción de los tubos. Esta calibración se hizo para el día 14 de agosto de 1987.

Es conveniente aclarar que los resultados obtenidos indican la tendencia general del funcionamiento hidráulico de la red, ya que se ha trabajado con un modelo estático que no toma en cuenta las variaciones de dichos valores con respecto al tiempo; sin embargo, los resultados cualitativos que se obtienen pueden ser de gran ayuda en la planeación del crecimiento del sistema.

Es pertinente hacer mención que en estas simulaciones han sido supuestas algunas condiciones, como por ejemplo, las demandas en las zonas de bajas presiones. Esto hace necesario un estudio más profundo de estos datos en caso de decidir la realización de alguna obra, también es importante considerar un análisis de costos por separado, ya que con el modelo estático se pueden proponer varias alternativas de solución para un mismo problema, pero es muy importante demostrar la factibilidad técnica de cualquier proyecto para estar de acuerdo al criterio ingenieril de construir obras que sean eficientes y económicas.

Por último, es importante mencionar que en la medida en que se aumenten los dispositivos de medición y se conozca más sobre la distribución de la demanda, se pueden proporcionar al modelo datos más precisos que mejoren la calidad de los resultados.

**ANEXO DE PLANOS**

## BIBLIOGRAFIA

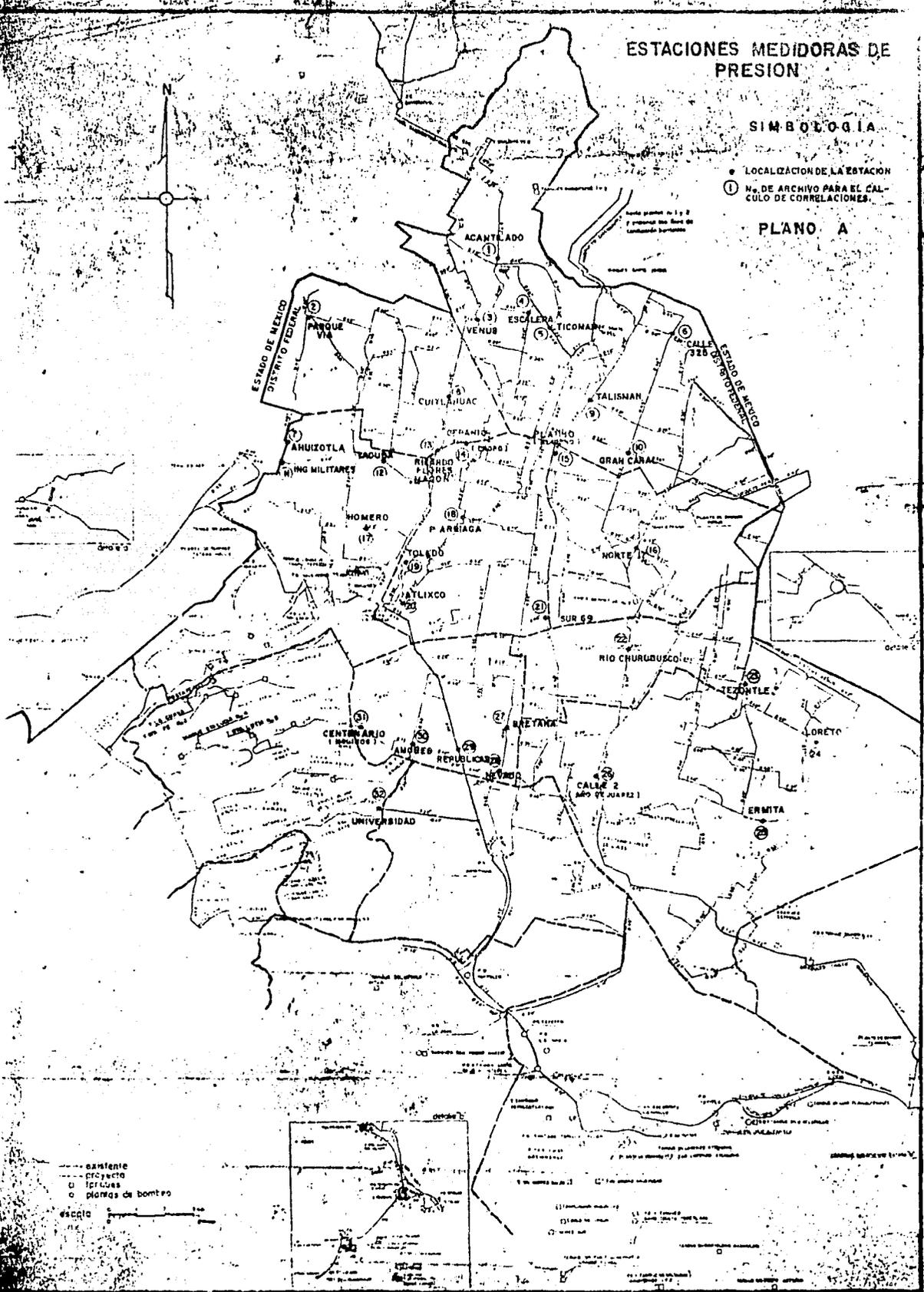
- MANUAL DE HIDRAULICA URBANA ( TOMOS 1, 2 Y 3 )  
(DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULICA)
  
- PLAN MAESTRO DE AGUA POTABLE 1987  
(DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULICA)
  
- EL SISTEMA HIDRAULICO DEL DISTRITO FEDERAL  
(DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL)
  
- MANUAL DE HIDRAULICA  
J. M. DE AZEVEDO NETTO  
GUILLERMO ACOSTA ALVAREZ
  
- González, F y Capella, A, "Modelos Para Análisis de  
Redes de Abastecimiento de Agua potable", Instituto de  
Ingeniería, UNAM.

# ESTACIONES MEDIDORAS DE PRESION

## SIMBOLOGIA

- LOCALIZACION DE LA ESTACION
- ① N.º DE ARCHIVO PARA EL CALCULO DE CORRELACIONES

## PLANO A

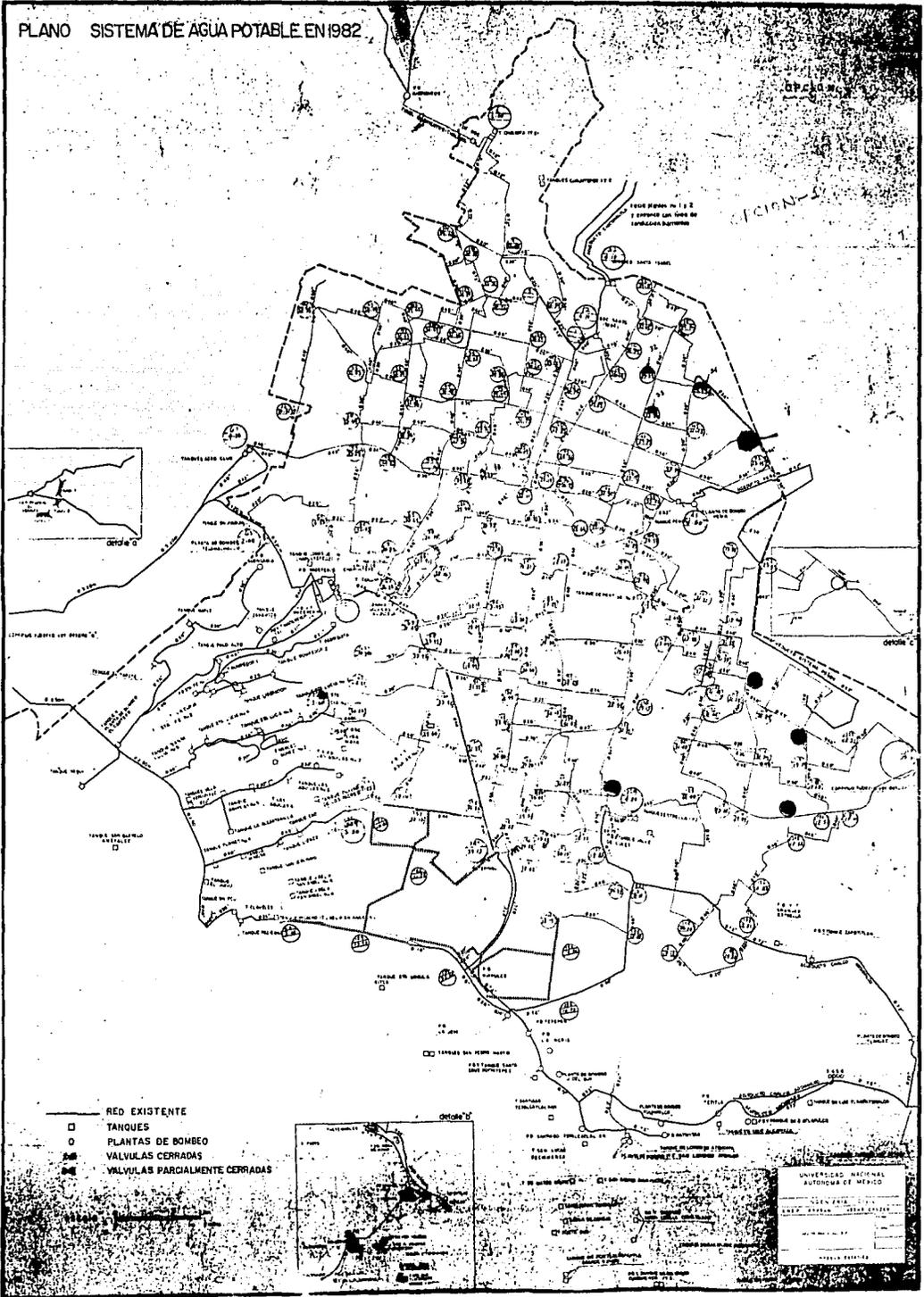


----- existente  
- - - - - proyecto  
□ edificios  
○ plantas de bombeo

escala 1:50,000



PLANO SISTEMA DE AGUA POTABLE EN 1982



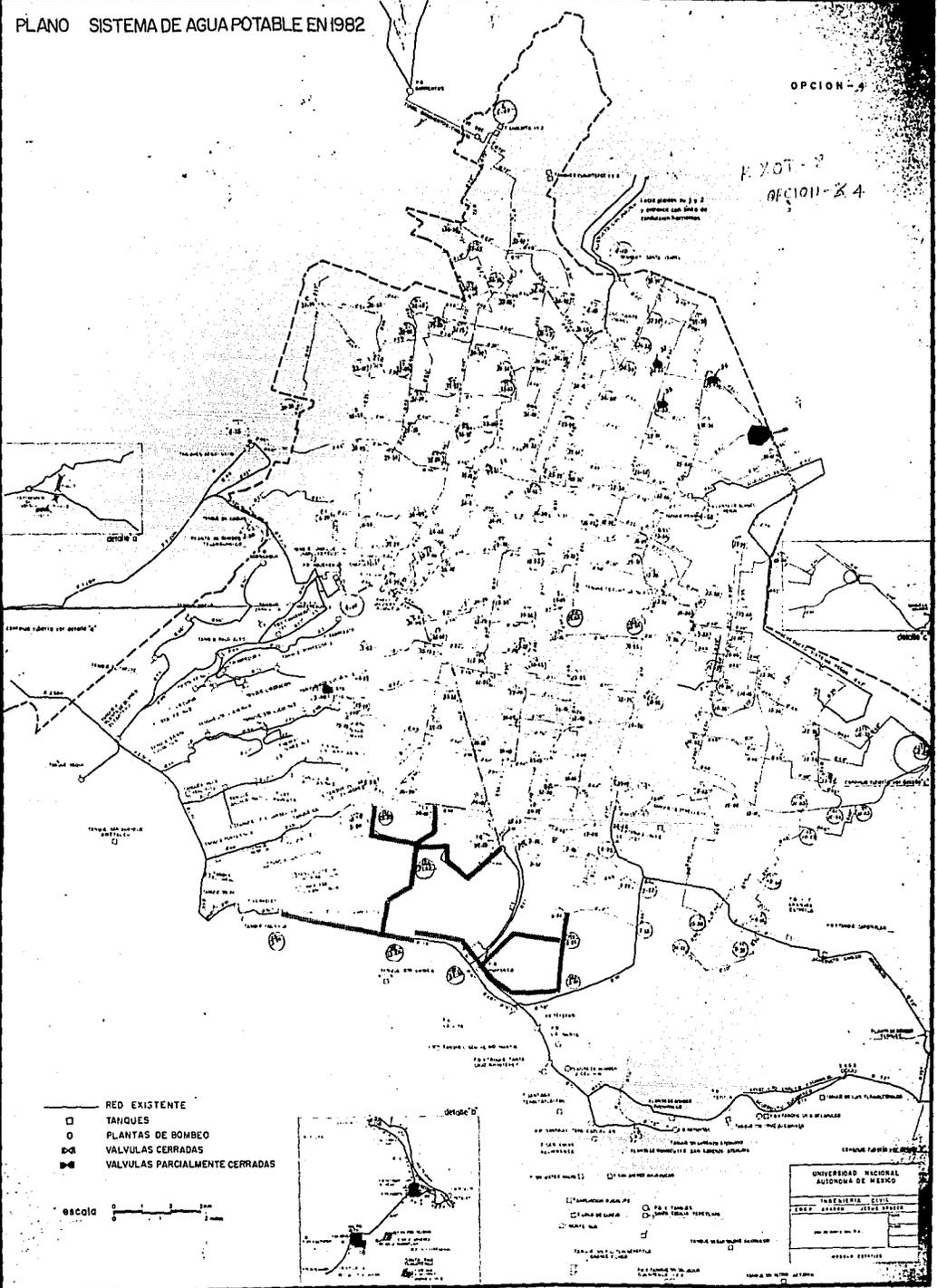




PLANO SISTEMA DE AGUA POTABLE EN 1982

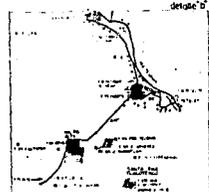
OPCION - 4

E 707 - 3  
OPCION - 4



- RED EXISTENTE
- TANQUES
- PLANTAS DE BOMBEO
- ⊘ VALVULAS CERRADAS
- ⊖ VALVULAS PARCIALMENTE CERRADAS

escala 0 1 2 Km



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
INGENIERIA CIVIL

|      |      |      |
|------|------|------|
| 1987 | 0000 | 0000 |
| 0000 | 0000 | 0000 |
| 0000 | 0000 | 0000 |
| 0000 | 0000 | 0000 |

0000