

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**Diseño de un Sistema de Medición de Tráfico para
Centrales de Barras Cruzadas**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO ELECTRONICO

PRESENTADO POR:

Mario Javier Chipoco Quevedo

Promoción 1984-I

LIMA-PERÚ

1987

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICION DE TRAFICO
PARA CENTRALES DE BARRAS CRUZADAS**

TABLA DE CONTENIDOS

	Pág. Nº
INTRODUCCION	1
CAPITULO I : MEDICIONES DE TRAFICO	4
1.1 Consideraciones Generales sobre el Tráfico en Telecomunicaciones.	4
1.1.1 Proceso Markoviano.	11
1.2 Administración de Tráfico.	17
1.3 Descripción del Fenómeno Objeto de Medición.	20
1.3.1 Base de Tiempo para Cuenta de Eventos.	24
1.3.2 Base de Tiempo para Suma de Duraciones.	28
CAPITULO II : ASPECTOS OPERATIVOS DE LA GESTION DE TRAFICO EN LA CPTSA.	36
2.1 Aparatos de Medida.	36
2.1.1 Métodos Manuales.	39
2.1.2 Amperímetro Registrador.	40
2.1.3 Métodos Automáticos Basados en la Exploración.	43
2.2 Procedimientos de Trabajo en Centrales de Barras Cruzadas.	54
2.2.1 Terminales de Ocupación.	59

IV

2.3 Centrales Electrónicas del Plan de Expansión.	60
CAPITULO III : INGENIERIA DEL PROYECTO.	64
3.1 Alternativas de Solución.	64
3.2 Diseño del Sistema.	67
3.2.1 Circuitos de Exploración.	70
3.2.2 Unidad de Proceso.	78
3.2.3 Programas Utilizados.	81
3.2.3.1 Exploración.	82
3.2.3.2 Proceso.	89
3.2.3.3 Decodificación de Etiquetas.	101
3.3 Consideraciones Técnicas.	102
CAPITULO IV : EVALUACION ECONOMICA Y CONCLUSIONES.	112
4.1 Aspectos Económicos.	112
CONCLUSIONES.	115
APENDICES.	117
BIBLIOGRAFIA.	143

* * * * *

INTRODUCCION

La necesidad de contar con el equipo necesario para realizar una adecuada gestión de tráfico en la red de la Compañía Peruana de Teléfonos (C.P.T.S.A.) motiva el presente trabajo, cuyo objetivo es el diseño del prototipo de un sistema para recolección y procesamiento de datos de tráfico en las centrales de barras cruzadas. Para ello, se ha diseñado circuitos gobernados por un microprocesador y programas en lenguaje de bajo nivel.

Las administraciones telefónicas de otros países, tales como España y Brasil, han desarrollado sistemas propios y los han diseñado de acuerdo a sus particulares requerimientos, principalmente en la elaboración de programas para el procesamiento de los datos, en un comienzo, y posteriormente incursionaron en el diseño de hardware. Merced a políticas de apoyo en la investigación se ha podido estructurar sistemas en base a la filosofía de un CENTRO de OPERACION y MANTENIMIENTO (COM) que centrali-

za la supervisión de la red en un centro primario comunicado con las centrales remotas. Este sistema permite además efectuar gestión de tráfico.

En este trabajo se presenta un prototipo de equipo modular y, a partir de su diseño básico, se puede extender a la modalidad de supervisión centralizada.

Los altos costos de operación actuales para llevar a cabo la gestión de tráfico hacen factible el proyecto de instalación de unidades automáticas de medición, como se ve en el capítulo dedicado a la evaluación económica.

En el Capítulo I se hacen algunas consideraciones generales sobre el tráfico en telecomunicaciones; se habla de la necesidad de las mediciones de tráfico en tiempo real y se describe matemáticamente el fenómeno bajo observación en relación a la ingeniería del diseño del sistema de medición.

La descripción operativa de la gestión de tráfico en la CPTSA es el tema del Capítulo II. Ahí se describen los principios de funcionamiento de los instrumentos de medición y los procedimientos utilizados en el área encargada de estas actividades.

En el Capítulo III se mencionan las formas de llevar a cabo el proyecto. A continuación, se describe en forma general la conformación del sistema y luego se explican detalladamente los elementos constitutivos más importan-

tes.

Finalmente, se incluyen una evaluación económica del proyecto y las conclusiones del caso.

Es apropiado insertar unos párrafos acerca del estado en que se encuentran la investigación y el diseño en electrónica a nivel industrial. En el caso particular de la CPTSA, no existe un área orgánica cuyo objetivo sea el diseño de ingeniería para la solución de problemas a nivel de circuitos. Esta labor es efectuada por contratistas, lo cual es a la larga una gran deficiencia en una empresa de telecomunicaciones.

Esta situación es común a muchas empresas y presenta un panorama desalentador para un profesional entrenado en el diseño.

Es por ello que se debe tender siempre a propiciar iniciativas privadas que exploren el ámbito industrial en busca de problemas técnicos susceptibles de soluciones y diseños propios, a la par que se busca realizar líneas de producción estables, aunque pequeñas inicialmente.

Finalmente, expreso mi agradecimiento al Ing. Percy Fernández Pilco por la asesoría brindada.

CAPITULO I

I. MEDICIONES DE TRAFICO

1.1 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL TRAFICO EN TELECOMUNICACIONES

La palabra tráfico se deriva del verbo transfigico que, literalmente, significa cambio de un lugar a otro. Al intentar materializar este cambio se produce la ocupación de unos medios físicos, y al fenómeno físico de ocupación es al que llamamos tráfico. En esta línea, el tráfico en telecomunicaciones podría definirse como el fenómeno físico que se genera al intentar ocupar los medios adecuados para transmitir información. La ocupación de estos medios se rige por las leyes estadísticas que se recopilan en los modelos teóricos, sujetos en cada caso, a las condiciones de contorno que caracterizan a cada sistema de conmutación.

Se puede describir el tráfico telefónico mediante un proceso estocástico que con el fin de simplificar se supone en estado estacionario. Los sucesos son los

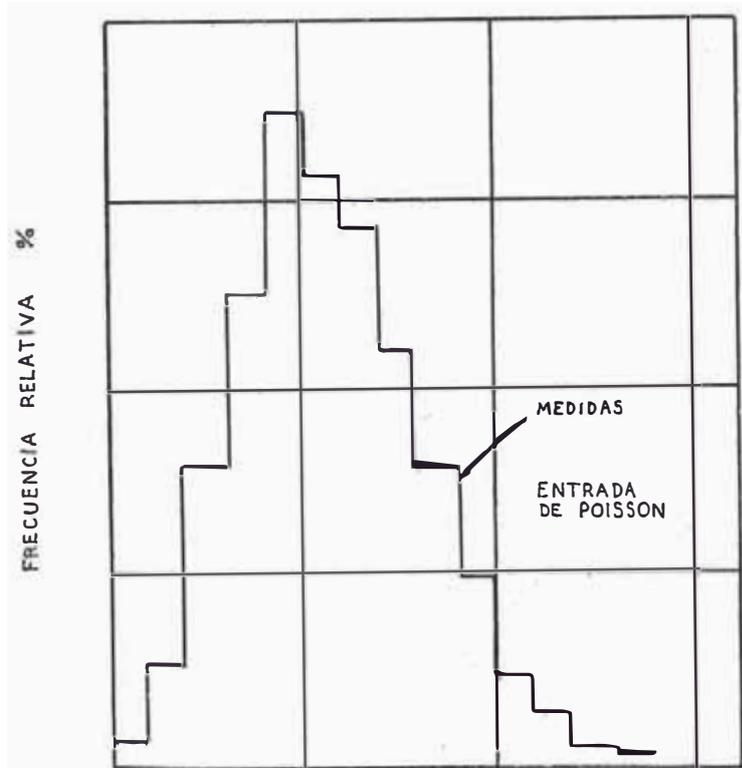
intentos de llamadas y la sucesión de llegadas en el tiempo se denomina proceso de entrada. Un intento de llamada expresa cualquier toma de los órganos de conmutación.

Con el fin de expresar el proceso de entrada correspondiente a un número infinito de fuentes de tráfico, la teoría supone un proceso de Poisson, el cual produce buenos resultados cuando se aplica en el estudio de las redes de conmutación de los sistemas telefónicos; mediante este proceso los intentos de llamada se generan de forma que los intervalos entre llegadas siguen una ley exponencial negativa, lo que equivale a decir que la probabilidad de que se produzcan n llamadas durante intervalos de tiempo de duración constante t viene dada por la distribución de Poisson:

$$P(n,t) = \frac{(kt)^n}{n!} \cdot e^{-kt} \quad 1.1$$

donde k representa el número medio de llamadas que llegan durante la unidad de tiempo. En la fig. 1.1 se ilustran las medidas de las llegadas de los intentos de llamada en una central urbana.

El tráfico telefónico varía de un período para otro de manera no uniforme, de acuerdo con las necesidades de los abonados. Las variaciones ocurren de estación en estación, de mes en mes, de día en día, de hora en hora, etc.



NUMERO DE LLAMADAS DURANTE INTERVALOS DE 5 SEG.

FIG. 1.1

$$A = \sum \frac{n \cdot t_{oc_i}}{T} \quad \text{INTENSIDAD DE TRÁFICO (ERLANGS)}$$

t_{oc_i} TIEMPO DE OCUPACION TOTAL DEL ÓRGANO

T TIEMPO QUE DURA LA OBSERVACIÓN

La gráfica 1.2 muestra la variación del número de llamadas locales originadas en la hora cargada a lo largo de un año en base a una muestra de la red.

Se ha comprobado que el tráfico aumenta en los meses de verano en la red CPTSA. Esto se debe probablemente al cambio en los horarios de trabajo.

Para una misma central telefónica, la variación del tráfico durante el día presenta un modelo bien definido, que puede ser fácilmente previsto en función de las características del área atendida por la referida central.

En la figura 1.3 se presenta la variación del tráfico total de 100 abonados residenciales y 100 comerciales, todos de una misma central.

Se observa que algunos abonados utilizan más el servicio telefónico que otros. Normalmente los abonados comerciales originan más llamadas que los abonados residenciales. Otra fuente importante de variación del tráfico telefónico es la variación del tiempo de duración de las llamadas.

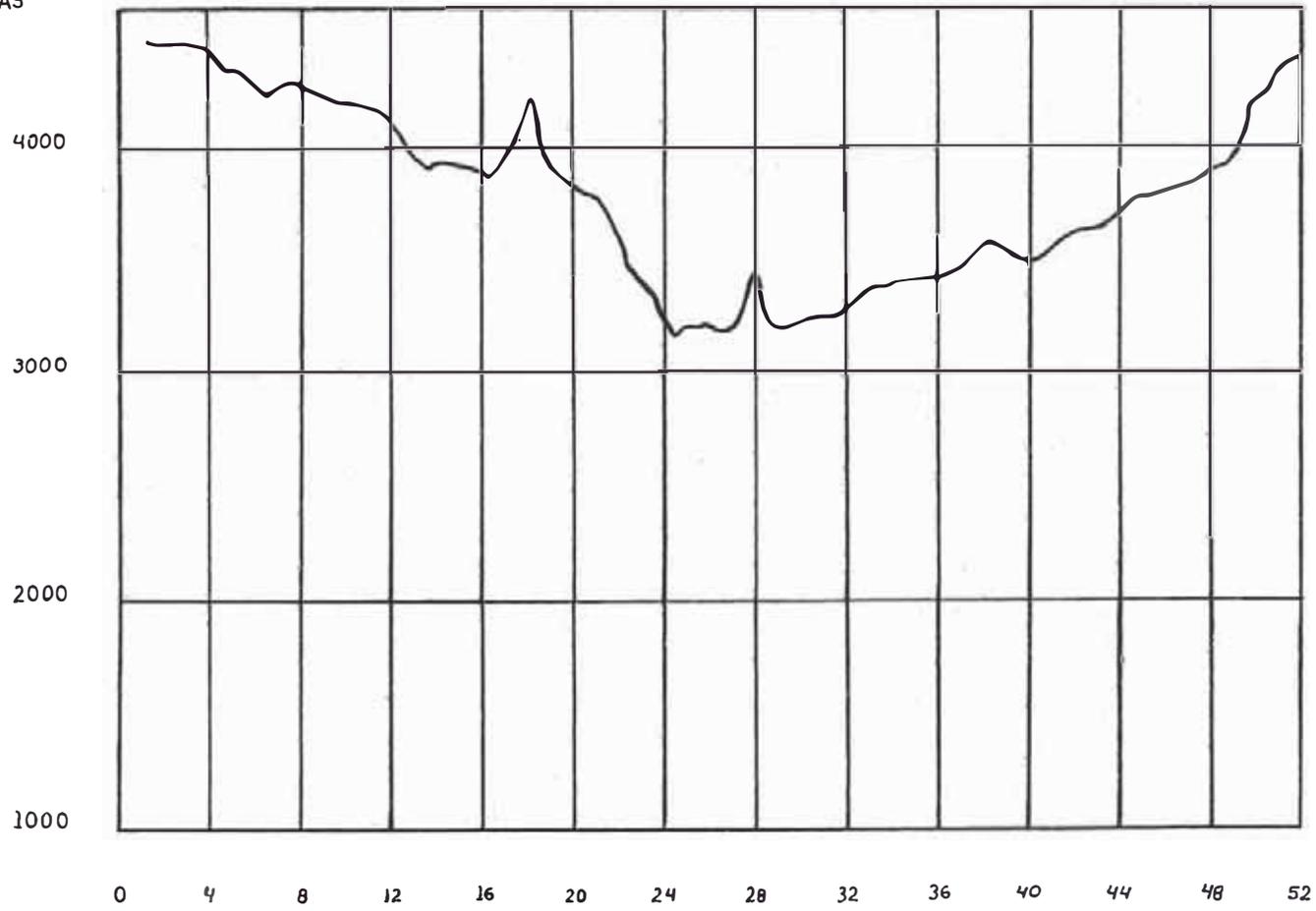
Como se puede ver, en el análisis de diferentes sistemas telefónicos existen cuestiones similares, que poseen las siguientes características en común: la demanda y la duración de los servicios están sujetas a variaciones estadísticamente previsibles.

Las herramientas matemáticas utilizadas están basadas

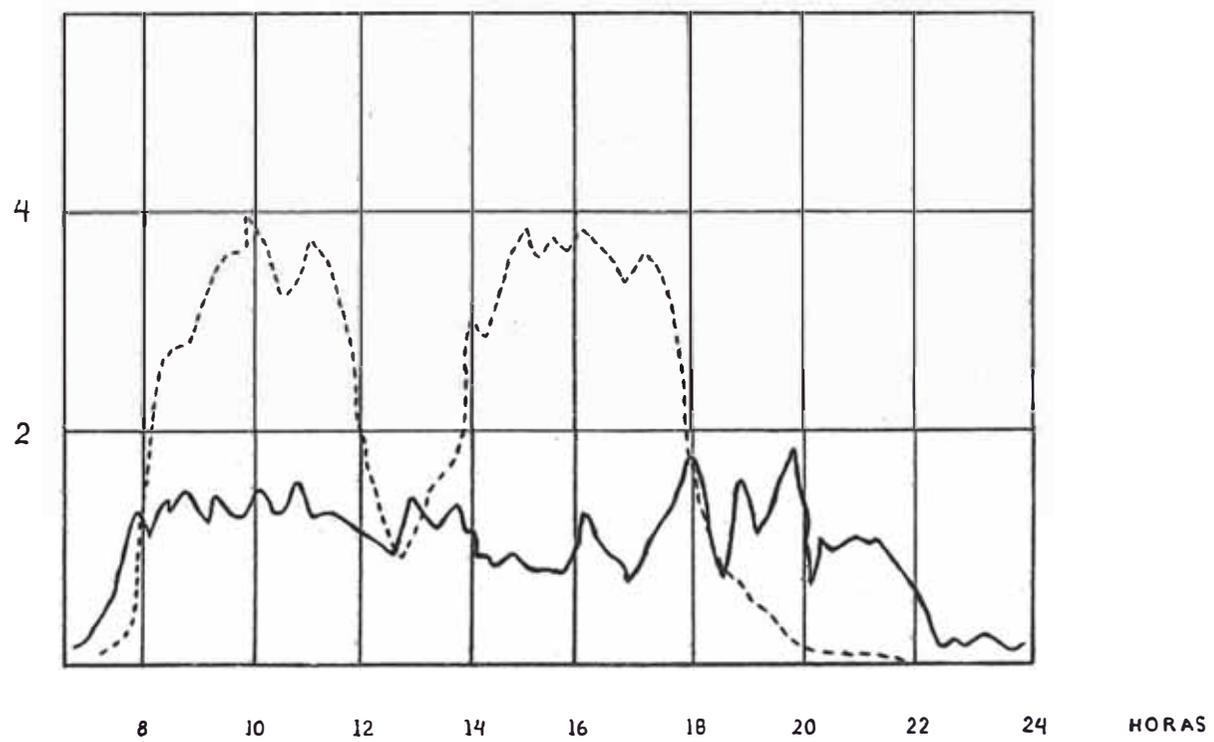
en conceptos elementales de la teoría de Procesos Markovianos. El conocimiento de los modelos matemáticos proporcionados por la teoría interesa a los profesionales que se dedican a aspectos prácticos de tráfico, debido a que un gran número de fórmulas, comunmente utilizadas para calcular congestionamiento en sistemas telefónicos, es generado a partir de dicha teoría. De manera general, la obtención de nuevos resultados, con respecto a congestionamiento en sistemas telefónicos, sólo puede ser alcanzada a partir de extensiones de esta teoría.

Hablemos un poco de esta teoría. Consideremos un sistema compuesto de F fuentes, donde F puede ser infinito. Supóngase que estas fuentes tienen acceso pleno a N canales. Se dice que el sistema está en el estado E_j cuando j fuentes están ocupadas. Sea $P(j, t)$ la probabilidad de que el sistema esté en el estado E_j , en el instante t , o de que, en un particular instante t , j fuentes de las F están ocupadas. Cuando una nueva llamada llega al sistema y es aceptado por el mismo, o cuando una llamada termina, ocurre un cambio de estado. El comportamiento del sistema puede ser descrito como un conjunto de estados E_j , dependientes del tiempo. Con el objetivo de determinar la distribución $P(j, t)$, es necesario conocer las propiedades de generación y término de las llamadas.

Nº DE LLAMADAS



TRAFICO



1.1.1 Proceso Markoviano

Un modelo matemático bastante general para estudiar el comportamiento del sistema es sugerido por la teoría de los procesos de Markov. De manera poco precisa, un proceso de Markov es un proceso estocástico en el cual el desenvolvimiento futuro depende del estado presente, más no del pasado del sistema. Un proceso de Markov puede ser caracterizado por sus probabilidades de transición, esto es, funciones $P(i, k; j, t)$, que dan la probabilidad condicional del sistema de estar en el estado E_j en el instante t , dado que en el instante k estaba en el estado E_i , donde $k < t$. Estas probabilidades deben ser consistentes y satisfacer una relación denominada ecuación de Chapman-Kolmogorov.

$$P(i, k; j, t+h) = \sum_v P(i, k; v, t) \cdot P(v, t; j, t+h) \quad 1.2$$

Considérense tres instantes $k < t < t + h$ y supóngase que en el instante k el sistema está en el estado E_i y en el instante t está en el estado E_v . De la ecuación de Chapman-Kolmogorov se concluye que la probabilidad de que j fuentes estén ocupadas en $t + h$, dado que i fuentes estaban ocupadas en k , es igual a la suma de las probabilidades de transición de i fuentes ocupadas a j fuentes ocupadas, pasando por situaciones intermedias caracterizadas por v fuentes ocupadas, en un instante intermedio t . Las probabilidades de transición en un

proceso de Markov son tales que el pasado no posee influencia sobre el futuro, siendo la probabilidad de transición de un estado E_v en t a un estado E_j en $t + h$, independiente del estado del sistema en un instante anterior k . Un proceso de Markov homogéneo es aquél en que $P(i, k; j, t)$ depende solamente de la diferencia $t - k$ e independe de k . Para un proceso de Markov homogéneo, la ecuación de Chapman-Kolmogorov toma la siguiente forma:

$$P(i; j, t+h) = \sum_v P(i; v, t) \cdot P(v; j, h) \quad 1.3$$

Supóngase que el estado inicial E_i del sistema es conocido. En este caso la probabilidad $P(i; j, t)$ es la probabilidad absoluta $P(j, t)$ de que el sistema esté en el estado E_j en el instante t . siendo así, para un valor arbitrario del parámetro i , la probabilidad absoluta $P(j, t + h)$ del sistema de estar en el estado E_j en el instante $t + h$ es:

$$P(j, t+h) = \sum_v P(v, t) \cdot P(v; j, h) \quad 1.4$$

Esta ecuación permite determinar la probabilidad del sistema de estar en E_j en el instante $t + h$, si fueran conocidas las probabilidades de transición de todos los estados E_v para E_j .

Inicialmente debe ser determinada la probabilidad de transición $P(v; j, h)$. Con este objetivo se admite

que la situación que se considera puede ser representada mediante la utilización de un caso particular de un proceso de Markov, conocido como proceso de Nacimiento y Muerte.

1.1.2 Postulados del Proceso de Nacimiento y Muerte

Considérense dos intervalos de tiempo adyacentes $(0, t)$ y $(t, t + h)$ donde h es pequeño. Sea $o(h)$ muy pequeño en relación a h , esto es,

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{o(h)}{h} = 0 \quad 1.5$$

El proceso de nacimiento y muerte está definido por las siguientes hipótesis:

a. El sistema cambia solamente a través de transiciones de estados vecinos.

b. La probabilidad de que ocurra una transición de E_j a E_{j+1} ($j < F$) durante $(t, t + h)$ es igual a $\lambda_j \cdot h + o(h)$.

c. La probabilidad de una transición de E_j a E_{j-1} ($j > 0$) durante $(t, t + h)$ es igual a $\mu_j \cdot h + o(h)$.

d. La probabilidad de que durante $(t, t + h)$ ocurra más de una transición es un infinitésimo en relación a h .

Las hipótesis b y c pueden ser escritas en la siguiente forma:

$$\frac{dP(j; j+1, h)}{dh} = \lambda_j \quad j < F \quad 1.6$$

$$\frac{dP(j; j-1, h)}{dh} = \mu_j \quad j > 0 \quad 1.7$$

$$\frac{d[1 - P(j; j, h)]}{dh} = \lambda_j + \mu_j \quad 0 < j < F \quad 1.8$$

$$\frac{d[1 - P(0; 0, h)]}{dh} = \lambda_0 \quad 1.9$$

$$\frac{d[1 - P(F; F, h)]}{dh} = \mu_F \quad 1.10$$

Considerando las hipótesis a y d, la ecuación de Chapman-Kolmogorov puede ser escrita en la siguiente forma, para $0 < j < F$:

$$P(j, t+h) = P(j-1, t) \cdot P(j-1; j, h) + P(j, t) \cdot P(j; j, h) + P(j+1, t) \cdot P(j+1; j, h)$$

1.11

Esta ecuación expresa la suma de probabilidades de tres eventos mutuamente exclusivos, los cuales representan posibilidades del sistema de estar en E_j en el instante $t + h$.

$$P(j-1; j, h) = \lambda_{j-1} \cdot h$$

$$P(j; j, h) = 1 - \lambda_j \cdot h - \mu_j \cdot h \quad 1.12$$

$$P(j+1; j, h) = \mu_{j+1} \cdot h$$

Reemplazando estas expresiones, dividiendo por h y pasando al límite con h tendiendo a cero, se llega a la siguiente ecuación diferencial:

$$\frac{dP(j,t)}{dt} = \lambda_{j-1} \cdot P(j-1,t) - (\lambda_j + \mu_j) \cdot P(j,t) + \mu_{j+1} \cdot P(j+1,t) \quad 1.13$$

$$0 < j < F$$

$$\frac{dP(0,t)}{dt} = -\lambda_0 P(0,t) + \mu_1 P(1,t) \quad j = 0 \quad 1.14$$

$$\frac{dP(F,t)}{dt} = \lambda_{F-1} P(F-1,t) - \mu_F P(F,t) \quad j = F \quad 1.15$$

La ecuación 1.13 es una ecuación diferencial fundamental del proceso de Nacimiento y Muerte. Esta ecuación es la base de un gran número de fórmulas de tráfico, tanto en sistemas de pérdida como de espera.

En muchos casos prácticos hay interés en el comportamiento del sistema después de un tiempo de operación suficientemente largo. En este caso, se comprueba que las probabilidades de los estados son independientes de las condiciones iniciales y se dice que el sistema está en equilibrio estadístico. Las probabilidades de los estados pueden ser obtenidas directamente de la ecuación fundamental del proceso, igualando a cero las derivadas. Se llega así a las ecuaciones de estado:

$$(\lambda_j + \mu_j) P(j) = \lambda_{j-1} P(j-1) + \mu_{j+1} P(j+1) \quad F > j > 0 \quad 1.16$$

$$\lambda_0 P(0) = \mu_1 P(1) \quad j = 0 \quad 1.17$$

$$\lambda_{F-1} P(F-1) = \mu_F P(F) \quad j = F \quad 1.18$$

Para resolver el conjunto de ecuaciones de estado, basta re-ordenarlas y así:

$$\lambda_j P(j) - \mu_{j+1} P(j+1) = \lambda_{j-1} P(j-1) - \mu_j P(j) \quad 0 < j < F \quad 1.19$$

$$\lambda_0 P(0) - \mu_1 P(1) = 0 \quad 1.20$$

$$\lambda_{F-1} P(F-1) - \mu_F P(F) = 0 \quad 1.21$$

$$\text{si } g(j) = \lambda_j P(j) - \mu_{j+1} P(j+1) \quad , \quad j = 0, 1, \dots, F-1$$

$$\longrightarrow g(j) = g(j-1) \quad ; \quad j = 1, 2, \dots, F$$

$$\text{como } g(0) = \lambda_0 P(0) - \mu_1 P(1) = 0$$

$$\lambda_j P(j) = \mu_{j+1} P(j+1) \quad j = 0, 1, \dots, F-1 \quad 1.22$$

$$P(j) = \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{j-1}}{\mu_1 \mu_2 \dots \mu_j} P(0) \quad j = 1, 2, \dots, F \quad 1.23$$

$$\text{además } \sum_{j=0}^F P(j) = 1 \quad 1.24$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^F \prod_{i=1}^k \frac{\lambda_{i-1}}{\mu_i}} \quad 1.25$$

Las ecuaciones de estado pueden interpretarse como ecuaciones de conservación de flujo, entendiéndose el flujo como el producto de la probabilidad de un estado por un coeficiente correspondiente a este estado.

1.2 ADMINISTRACION DE TRAFICO

Antes de describir formalmente los eventos específicos para los que se diseña el sistema de medición objeto de este trabajo, conviene precisar algunos conceptos de la gestión de tráfico.

El objetivo final de una empresa telefónica es proveer los mejores servicios posibles a los costos mínimos. Los gastos relativos al capital invertido en la planta significan una parte considerable en los gastos totales de una empresa telefónica. Para obtener una economía deseada, la compañía debe dimensionar sus equipos de modo de ofrecer una calidad de servicio previamente especificada. La instalación de una cantidad inadecuada de equipos en más o en menos, siempre se refleja negativamente en la calidad de servicio ofrecida a los usuarios.

Un sistema telefónico sobredimensionado conduce a una menor tasa de retorno del capital invertido y/o a tarifas altas.

El subdimensionar produce congestión. Con las tentativas repetidas, el volumen de tráfico ofrecido en un sistema aumenta encima de un valor crítico; el volumen

de tráfico cursado disminuye. El tráfico adicional generado por las tentativas repetidas implicará la necesidad de mayor inversión en la red. Las tentativas repetidas harán que la congestión aumente cada vez más y se expanda, degradando la calidad de servicio en otras áreas del sistema.

Para un correcto dimensionamiento, se deben realizar mediciones de tráfico periódica y sistemáticamente, que posibiliten una formación de series históricas que servirán de base para las proyecciones de tráfico.

El conjunto de actividades de monitoreo del sistema realizadas con el objetivo de detectar o prever la ocurrencia de desvíos entre la situación real y lo especificado en el diseño, posibilitando la precaución y corrección de los mismos, es denominado Administración de Tráfico.

Es pues un conjunto de actividades que tienen por objetivo supervisar y controlar el flujo de tráfico en el sistema telefónico para asegurar:

- a. Un buen cursamiento del tráfico.
- b. Una utilización eficiente de las facilidades existentes.
- c. Que la calidad de servicio ofrecida a los usuarios sea lo más uniforme posible desde el punto de vista del tráfico.

Se denomina Gerencia de Red al conjunto de activida-

des ejecutadas en tiempo real, con la finalidad de asegurar una utilización eficiente de las facilidades existentes cuando ocurren sobrecargas de tráfico o fallas de equipo, maximizando la capacidad de cursamiento de tráfico en la red telefónica. Entre estas actividades tenemos:

- La supervisión continua del estado de funcionamiento de la red en todos sus niveles jerárquicos, con el fin de detectar inmediatamente congestión y fallas.

- Coordinación de actividades de control en el sentido de optimizar el uso de las facilidades existentes y evitar que la congestión detectada se propague a otras áreas de la red.

- Controles restrictivos usados para reducir el tráfico ofrecido a niveles para los cuales la red opera con una máxima eficiencia.

- Controles expansivos, usados para reencaminar el exceso de tráfico a través de la red que se encuentre temporalmente ociosa.

- Recolección y análisis de los datos con el objeto de prever situaciones futuras y planear decisiones, así como analizar las tomadas en situaciones anteriores.

En el Capítulo II se trata con más detalles las funciones inherentes a la gestión.

1.3 DESCRIPCION DEL FENOMENO OBJETO DE MEDICION

Se tiene entonces la necesidad de medir diversas variables relacionadas con el tráfico: tiempos promedios de retención, contaje de congestionamiento, de ocupaciones, tráficos en erlangs, pérdidas, etc. El análisis de estas variables revela que todas pueden ser reducidas al contaje de eventos o sumas de tiempos o funciones de estas dos mediciones. Hablando en otros términos, se desean encontrar pulsos y/o medir la suma de sus duraciones, y a partir de estas mediciones, determinar duraciones, tráficos y pérdidas. Los fenómenos sobre los cuales se realizan las mediciones son por lo tanto, pulsos, generalmente en la forma ilustrada en la figura 1.4 y cuyas duraciones son aleatorias.

Tanto en el contaje de eventos como la suma de duraciones son mediciones que utilizan la técnica de verificación del estado del pulso a intervalos regulares Δt .

En el caso del contaje de eventos, la verificación consiste en determinar si ocurrió una transición de estado. En caso que se constate la transición, el correspondiente contador ilustra este proceso. Cuando se trata de la obtención de la suma de las duraciones, la verificación consiste en determinar si el pulso permanece en el estado bajo medición. En caso afirmativo, el correspondiente contador aumenta en una unidad. Ver figuras 1.5 y 1.6.

A partir de estos contadores se puede obtener directamente o por cálculos adecuados, las diversas mediciones de tráfico deseadas. Sean:

- T_i : La duración de la i ésima ocurrencia de pulso,
 N : La cantidad de pulsos ocurridos.
 Q : La cantidad de incrementos del contador de suma de duraciones, y
 Δt : La base de tiempo utilizada para las verificaciones de los estados de los pulsos. Entonces:

$$\sum_{i=1}^N T_i \approx Q \cdot \Delta t$$

Si estuviéramos interesados en medir tráfico en Erlangs para determinado punto de medición, tendríamos:

$$A = \frac{Q \cdot \Delta t}{N} \quad \Delta t \text{ en segundos}$$

Por otro lado, el tiempo promedio de ocupación de este mismo punto sería:

$$\bar{T} = \frac{Q \cdot \Delta t}{N}$$

siendo N el número de ocupaciones.

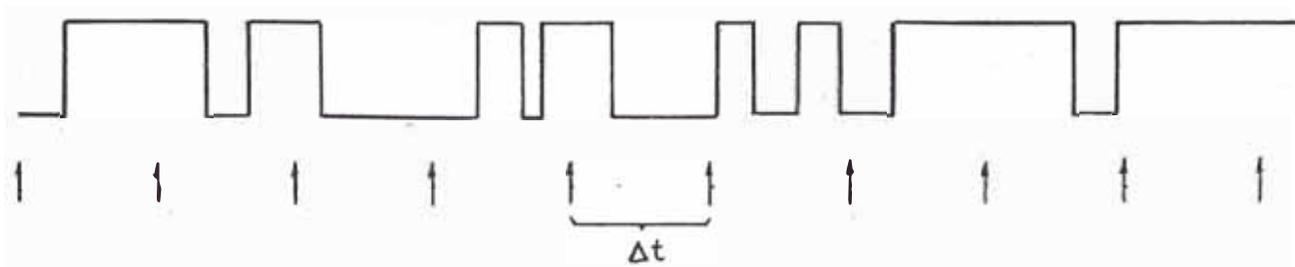


FIG. 1.6

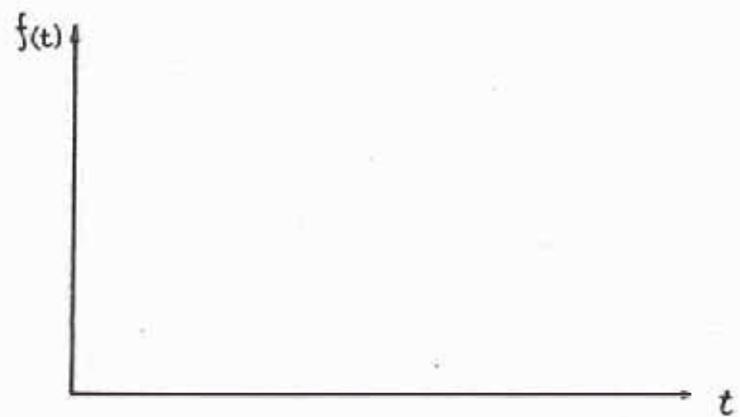


FIG. 1.7

1.3.1 Base de Tiempo para Cuenta de Eventos

A continuación se esbozará un estimador para el error de cuenta de eventos.

Los pulsos objeto de nuestra medición son pulsos de duración aleatoria con distribución continua pero desconocida. Algo como se ilustra en la fig. 1.7.

Sea la probabilidad de pérdida de cuenta, es decir, la probabilidad de que ocurra una transición de estado y que no se cuente. Siendo X la variable aleatoria indicadora de pérdida de cuenta, tenemos:

$$X = \begin{cases} 1, & \text{si ocurre pérdida de cuenta.} \\ 0, & \text{si no ocurre pérdida de cuenta.} \end{cases}$$

De la definición de X :

$$E(X) = E' \quad (\text{error})$$

La pérdida de cuenta puede ser provocada por corta duración del pulso o debido a una corta disponibilidad. Como estas causas son mutuamente exclusivas se tiene:

$$E' = E'_T + E'_R \quad 1.26$$

E'_T : Probabilidad de pérdida de cuenta debido a pulso de corta duración.

E'_R : Probabilidad de pérdida de cuenta debido a pausa de corta duración.

Sean X_T y X_R las variables indicadoras asociadas a estas probabilidades, entonces:

$$E(X) = E(X_T) + E(X_R) \quad 1.27$$

$$E(X_T) = \int_{-\infty}^{\infty} P(X_T=1 \setminus T=t) \cdot f_T(t) dt \quad 1.28$$

$$E(X_R) = \int_{-\infty}^{\infty} P(X_R=1 \setminus R=r) \cdot f_R(r) dr \quad 1.29$$

Siendo R la variable aleatoria de duración de pausa.

$$P(X_T=1 \setminus T=t) = \frac{\Delta t - t}{\Delta t}$$

$$P(X_R=1 \setminus R=r) = \frac{\Delta t - r}{\Delta t}$$

Haciendo las debidas sustituciones:

$$E' = \int_0^{\Delta t} \frac{\Delta t - t}{\Delta t} f_T(t) dt + \int_0^{\Delta t} \frac{\Delta t - r}{\Delta t} f_R(r) dr \quad 1.30$$

Los límites de integración se justifican por:

$$P(X_T=1 \setminus T \geq \Delta t) = P(X_R=1 \setminus R \geq \Delta t) = f_T < 0(t) = f_R < 0(r) = 0$$

$$E' = \int_0^{\Delta t} f_T(t) dt + \int_0^{\Delta t} f_R(r) dr - \frac{1}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} t f_T(t) dt - \frac{1}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} r f_R(r) dr \quad 1.31$$

$$E' = P(T < \Delta t) + P(R < \Delta t) - M_T(\Delta t) - M_R(\Delta t) \quad 1.32$$

$M_T(\Delta t)$: Es la parte del momento de primer orden, calculada en el intervalo $(0, \Delta t)$ para la variable T dividida por Δt .

$M_R(\Delta t)$: Es la parte del momento de primer orden, calculada en el intervalo $(0, \Delta t)$ para la variable R , dividida por Δt .

Conocida la expresión general de E' , se escoge un estimador \hat{E} para E' . Sería interesante que \hat{E} fuese tal que $E(\hat{E}) = E' + \delta$ siendo $\delta > 0$ suficientemente pequeño.

Sea Y una variable aleatoria tal que:

$$Y = E(Y) = P(T < \Delta t) + P(R < \Delta t) - \frac{1}{\Delta t} [M_T^1(\Delta t) + M_R^1(\Delta t)] \quad 1.33$$

donde:

$$M_T^1(\Delta t) = \frac{1}{\Delta t} \sum_{i=0}^{k-1} \int_a^{a+h} a f_T(t) dt$$

$$M_R^i(\Delta t) = \frac{1}{\Delta t} \sum_{i=0}^{k-1} \int_a^{a+h} a f_R(r) dr$$

siendo:

$$a = t_0 + ih \quad , \quad t_0 > 0$$

como: $t_0 + ih \leq t \in [t_0 + ih, t_0 + (i+1)h]$

$$\implies M_T^i(\Delta t) < M_T(\Delta t) \quad y \quad M_R^i(\Delta t) < M_R(\Delta t)$$

$$\implies \gamma > E^i$$

Definimos:

$$P_i = \int_a^{a+h} f_T(t) dt \quad O_i = \int_a^{a+h} f_R(r) dr$$

Luego:

$$\gamma = \sum_{i=0}^{k-1} P_i + \sum_{i=0}^{k-1} O_i - \frac{1}{\Delta t} \sum_{i=0}^{k-1} P_i \cdot a - \frac{1}{\Delta t} \sum_{i=0}^{k-1} O_i \cdot a$$

$$\gamma = \sum_{i=0}^{k-1} (P_i + O_i) \left(1 - \frac{t_0 + ih}{\Delta t}\right) \quad 1.34$$

Esta última expresión es una combinación lineal de probabilidades.

$$E(\hat{E}) = \gamma \quad 1.35$$

$$E(\hat{E}) > E^i \quad 1.36$$

Cuando contamos eventos, el error será nulo si $\Delta t \leq \min \{ T_i \}$. A partir del estimador para el error se pueden obtener relaciones para la probabilidad de pérdida. Pero no se profundizará en este punto, debido a que la técnica más conveniente a emplear se basa en el principio de suma de duraciones.

1.3.2 Base de Tiempo para Suma de Duraciones

Cuando se hace la verificación del estado de un pulso, se presenta la siguiente alternativa: el pulso está en el estado 1 (uno) o el pulso está en el estado 0 (cero). En el primer caso, al acrecentar t estaremos sumando indebidamente las duraciones de todas las pausas habidas desde la verificación anterior. En el segundo caso, al dejar de agregar Δt al contador, dejaremos de adicionar indebidamente las duraciones de todos los pulsos habidos desde la última verificación. Los errores cometidos en la obtención de los datos son por lo tanto de dos tipos:

- Tipo I : Sumar pausas como pulsos, tendiendo a errar por exceso en la suma de las duraciones;
- Tipo II : Dejar de sumar pulsos, tendiendo a errar por falta en la suma de las duraciones.

Las figuras 1.8 y 1.9 ilustran estos dos tipos de errores.

El error cometido en una medición está dado por:

$$\varepsilon = Q \cdot \Delta t - E \left(\sum_{i=1}^N T_i \right)$$

Como N independe de T_{N+1} , T_{N+2} , ... entonces N es "tiempo de parada". Como T_1 , T_2 , ... son independientes y obviamente $EN < \infty$ podemos escribir:

$$E \left(\sum_{i=1}^N T_i \right) = EN \cdot ET$$

Q mide la cantidad de veces en que el proceso es encontrado en estado de pulso. El proceso de pulsos y pausas es denominado, en la teoría, proceso alternado de renovación. Siendo p la probabilidad de que la señal esté en estado de pulso, por la teoría de la renovación

$$p = \lim_{t \rightarrow \infty} P(t) = \frac{ET}{ET+ER}$$

siendo T la variable aleatoria de duración de pulso y R la variable aleatoria de duración de pausa. $P(t)$ es la probabilidad de que la señal esté en estado de pulso en el instante t .

Entonces podemos escribir:

$$E(Q \cdot \Delta t) = \Delta t \cdot EQ = \Delta t \cdot S \cdot \frac{ET}{ET+ER}$$

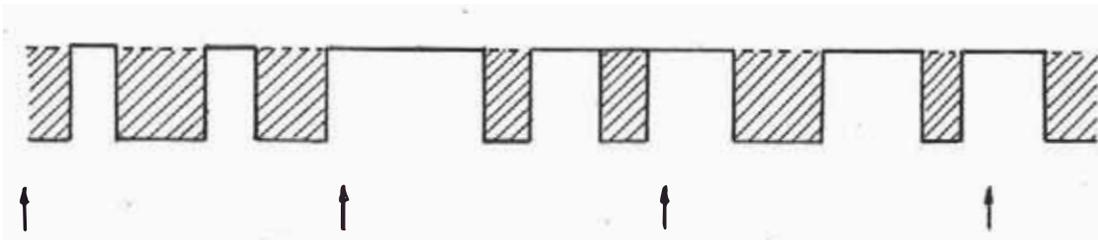


FIG 1.8 ERROR TIPO I

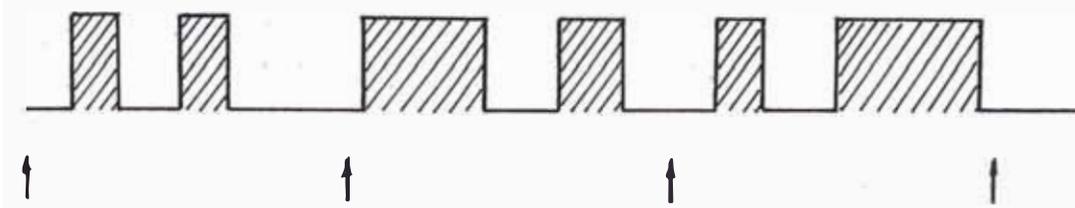


FIG 1.9 ERROR TIPO II

donde S es el total de verificaciones realizadas.

Como $\Delta t \cdot S$ es el tiempo de observación, podemos escribir:

$$E(Q \cdot \Delta t) = \Delta t \cdot S \cdot \frac{ET}{ET + ER} = EN \cdot ET$$

$$\implies E(\epsilon) = 0 \quad \epsilon = \text{ERROR}$$

La esperanza de este error es nula. Q tiene distribución binomial con parámetros S y P .

$$\implies \text{VAR}(Q \cdot \Delta t) = \Delta t^2 \text{VAR} Q = \frac{(\Delta t)^2 \cdot S \cdot ET \cdot ER}{(ET + ER)^2}$$

$$\implies \sigma = \frac{\Delta t}{ET + ER} \sqrt{S \cdot ET \cdot ER}$$

La desviación que define un intervalo de confianza, simétrico en relación a esperanza estará dado por:

$$D = \frac{z \cdot \Delta t}{ET + ER} \sqrt{S \cdot ET \cdot ER}$$

donde z es una determinación de la variable con distribución normal $(0, 1)$.

Sea M la cantidad de órganos del mismo tipo bajo supervisión y τ el tiempo de observación.

$$\implies S = \frac{\tau \cdot M}{\Delta t}$$

$$\implies D = \frac{Z}{ET+ER} \sqrt{\tau.M.ET.ER.\Delta t}$$

$$\implies \Delta t = \frac{D^2 (ET+ER)^2}{\tau.M.ET.ER.Z^2}$$

D es la desviación de Q. t que contiene su estimador de la esperanza en el intervalo de confianza de nivel definido por z.

Sea EN'' la esperanza del número de ocupaciones de un órgano individual, representativo de su conjunto y supongamos que se desea $D = X \%$ de EN.ET.

$$\implies D = \frac{X.EN.ET}{100} = \frac{X.M.EN''.ET}{100}$$

$$\Delta t = \frac{X^2 (EN'')^2 (ET)^2 (ET+ER)^2 . M^2}{\tau.M.ET.ER.Z^2 . 10^4}$$

$$\Delta t = \frac{X^2 . ET . \tau . M}{Z^2 . ER . 10^4}$$

De la expresión general de D se observa que la precisión de una medición de tráfico en la hora cargada, después de fijados Δt y el nivel de confianza, depende básicamente de la raíz cuadrada de ER, visto que ET varía poco. D se relaciona al error absoluto, en la medida en que define el intervalo de confianza de Q. Δt . Una

idea más clara sería dada por el error relativo y lo definimos:

$$\epsilon \% = \frac{D}{ET \cdot EN} \cdot 100$$

$$\implies \epsilon \% = \frac{100 Z \sqrt{\Delta t}}{\sqrt{\tau \cdot M \cdot ET}} \cdot \sqrt{ER}$$

En las figuras 1.10 y 1.11 ilustramos $\epsilon \%$ en función de ER, para el caso particular de una ruta local de una central de barras cruzadas de la red de Lima.

A manera de conclusión podemos decir lo siguiente:

- Sabemos que a medida que crece el tráfico en un grupo de órganos las disponibilidades quedan estadísticamente menores, y lo mismo sucede con su esperanza ER. El crecimiento del tráfico aumenta la precisión de la medición de la suma de los tiempos. Luego, cuando hay una sobrecarga de tráfico, la medición de tráfico en Erlang y la medición de congestionamiento en tiempo quedan más precisas. Lógicamente, cuando se utiliza el contaje de eventos en las mediciones, la precisión se degrada al crecer el tráfico, y mejora cuando hay una sub-carga.

Esto nos servirá como orientación en la elección de la técnica a utilizar en el sistema propuesto en este trabajo.

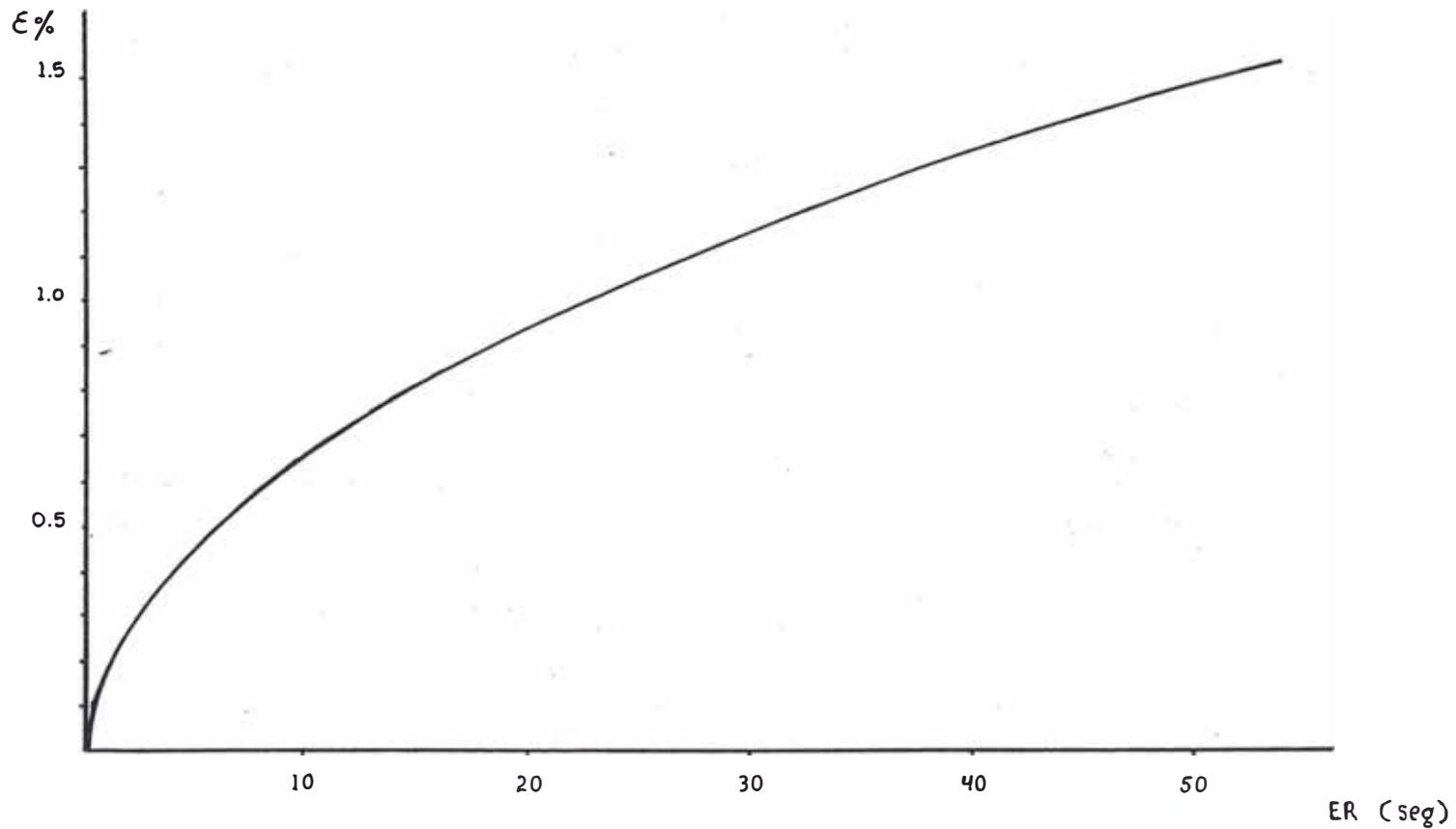


FIG 1.10

$M = 100$ $\tau = 3600$ $ET = 89$ $Z = 1.96$ $\Delta t = 36 \text{ s.}$

$$\epsilon \% = 0.207 \sqrt{ER}$$

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 ASOCIACIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS
 BIBLIOTECA

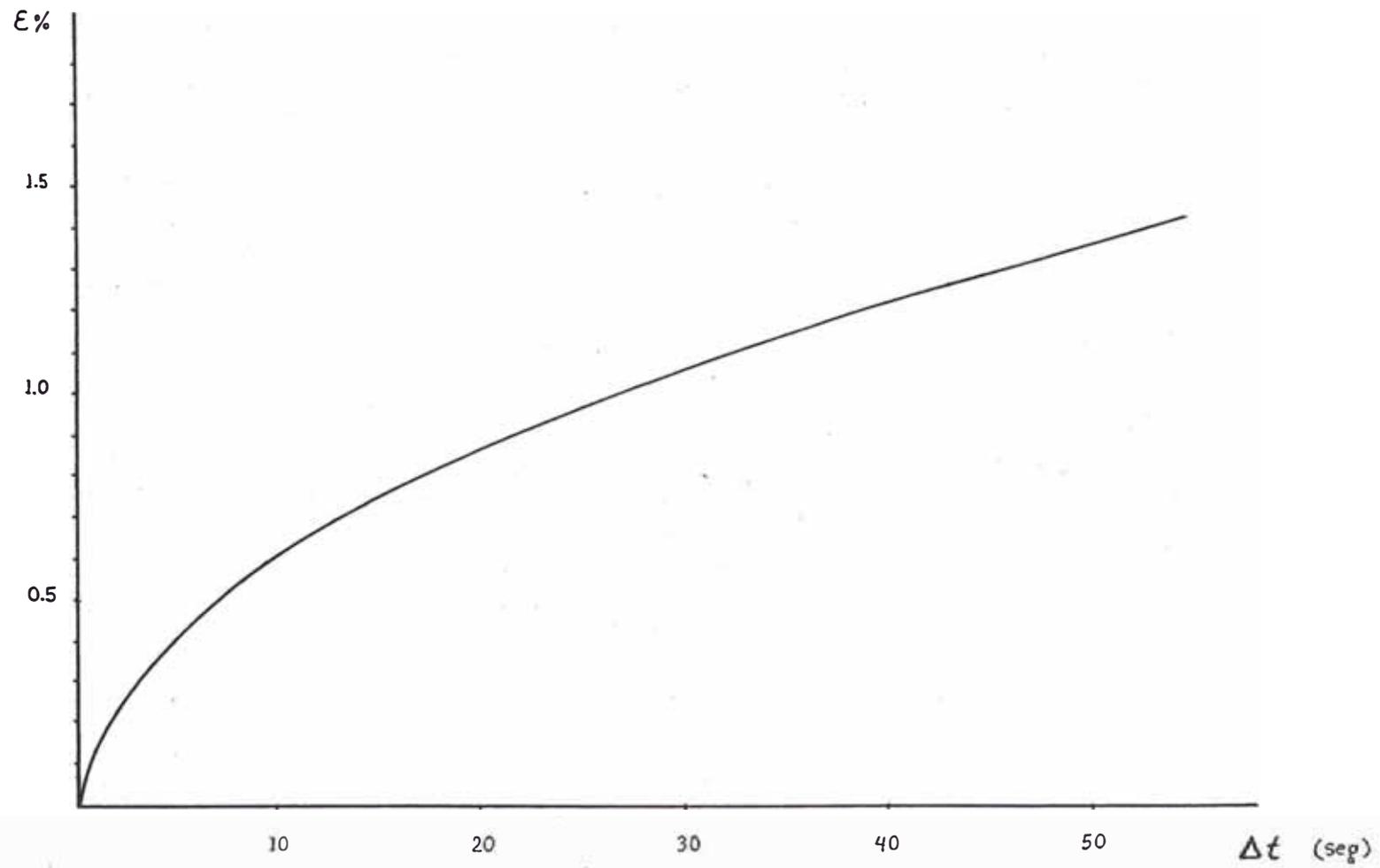


FIG 1.11

$M = 100$ $\tau = 3600$ $ET = 89$ $Z = 1.96$ $ER = 30 \text{ s.}$
 $E\% = 0.1896 \sqrt{\Delta t}$

CAPITULO II

ASPECTOS OPERATIVOS DE LA GESTION DE TRAFICO EN LA

CPTSA

2.1 APARATOS DE MEDIDA

Quando se tenía servicio manual, las operadoras eran capaces de detectar rápidamente la falta de circuitos o las sobrecargas generalizadas, pero en el servicio automático, una central podía sufrir una importante degradación del servicio antes de que se detectara la situación, a menos que se dispusiera de algún medio automático que reconociera y detectara una congestión o una sobrecarga en los equipos o enlaces. Por esta razón, fue entonces normal diseñar selectores de exploración secuencial de manera que suministraran una señal cada vez que se tomaba el último enlace de un grupo (indicación de congestión) y/o cuando una llamada no podía encontrar ninguna salida libre (indicación de desbordamiento). Dicha señal consistía en un potencial de tierra sobre un hilo conectado a un contador que totalizaría así el número de sucesos

de esta clase a lo largo de un período. Estos contadores solían ser del tipo electromecánico. Este tipo de contador sigue siendo muy utilizado y generalmente es de 4 ó 5 cifras. Los impulsos suelen ser de 20 mA., = 48 V., y la duración es del orden de 150 ms. a fin de garantizar una operación correcta. Por la misma razón, debe existir un intervalo entre impulsos de unos 150ms. es decir, que el contador puede registrar un número máximo de 3 impulsos por segundo. Es ésta una de las principales limitaciones de los contadores electromecánicos.

La utilización de contadores electromecánicos para registrar congestión y desbordamiento se extendió pronto a las medidas de tráfico, las cuales se realizaban previamente en forma visual. Esta forma visual de medida se verá facilitada porque en los sistemas primitivos (paso a paso, rotary, etc.) era sencillo identificar cuándo un selector estaba tomado, con el simple hecho de observar si estaba o no en su posición de reposo. Sin embargo, y por razón de comodidad, pronto se recurrió a equipar una lámpara de ocupación por circuito. Las medidas de tráfico se constituyeron así en un importante complemento de las medidas de congestión y desbordamiento, poniendo de manifiesto si el número de circuitos instalados era el adecuado.

Son además, necesarias para establecer predicciones, dimensionar nuevas centrales o establecer cuándo será necesaria una ampliación de circuitos u órganos.

El método visual de medida de tráfico requería un grupo numeroso de observadores y sería costosísimo si las medidas se realizasen diariamente. Por ello, cuando no hay más remedio que hacer medidas manuales, se restringen a unos cuantos días al año. Ahora bien, si se desea relacionar las distintas medidas entre sí, habrían de realizarse simultáneamente, lo cual obligaría a una concentración de esfuerzos durante sólo unos cuantos días al año, utilizando empleados no especializados en este trabajo, personas que habitualmente trabajan en otros asuntos. Este es uno más de los inconvenientes de la observación visual para medida de tráfico y que llevó a la necesidad de utilizar equipos automáticos de medida.

Uno de los primeros dispositivos automáticos de medida fue el amperímetro registrador. Se equipaba una resistencia por circuito, a la cual cada circuito conectaba una tierra cuando se encontraba ocupado. Un cierto número de estas resistencias se conectaban luego a un terminal común sobre un amperímetro registrador, a través del cual circulaba una corriente que dependía del número de circuitos simultáneamente ocupados en cada instante.

El amperímetro registrador resultó ser un dispositivo relativamente voluminoso e incómodo. Por ello se tendió a desarrollar sistemas de medida basados en la exploración de circuitos y en la totalización sobre contadores. Las instalaciones de este tipo requieren una considerable cantidad de cableado y la tendencia en centrales grandes

ha sido el instalar estos equipos en una forma permanente, y tomar medidas con la frecuencia que se desee, incluso diariamente.

Tradicionalmente, se han usado registradores de tráfico basados en el anterior principio y realizados con tecnología electromecánica. Existen hoy en día dispositivos electrónicos, con salida apropiada para ser tratada con un procesador. De esta manera se puede disminuir notablemente el esfuerzo humano dedicado a la sumarización y análisis de los resultados de las medidas.

Tras esta explicación general, describiremos más detalladamente los distintos métodos.

2.1.1 Métodos Manuales

La descripción de los metodos manuales no sólo resulta interesante por sí misma, sino porque muchos de los conceptos que se utilizan en los aparatos modernos de exploración resultar ser similares en su principio. En primer lugar, la observación manual requiere que cada circuito pueda proveer de una señal sencilla de reconocer que indique cuando está ocupado. La medida se lleva a cabo mediante observaciones a intervalos regulares, de los circuitos de un grupo ordenadamente. Previamente se preparan juegos de hojas impresas con columnas para cada órgano y filas para cada observación. Se hace la anotación sólo cuando en la observación se halla que

el órgano está ocupado. Al final del período que se haya elegido para la medida se suman todas las marcas de un grupo y se calcula el número medio de órganos ocupados por exploración. Dicha media es, por definición, el tráfico en erlangs cursado por el grupo de órganos. Para que este promedio sea representativo es evidente que las exploraciones deben ser tan frecuentes como sea posible. La confiabilidad de las observaciones es función del período de exploración y de las características del tráfico cursado.

En este método de medida, lo mismo que en cualquier otro, es de primordial importancia el que antes de comenzar la medida se asegure que el funcionamiento de las lámparas de ocupación o medio análogo es correcto. Esto se puede llevar a cabo ocupando artificialmente el órgano y comprobando el encendido de la lámpara. Igualmente se debe tomar la precaución de eliminar de la medición aquellos órganos que estuvieran retenidos o fuera de servicio por razón de avería o cualquier otro motivo. Si no se hiciera así, se correría el riesgo de obtener una medida poco significativa, sobre todo en el caso de tráficos cursados próximos al nivel de saturación.

2.1.2 Amperímetro Registrador

El principio básico del amperímetro registrador se expuso en el párrafo 2.1 y se ilustra en la figura 2.1.

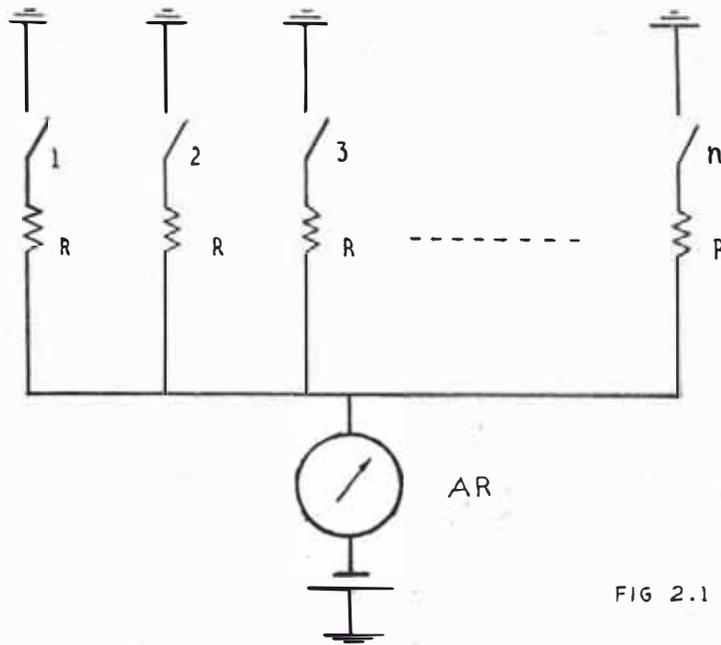


FIG 2.1

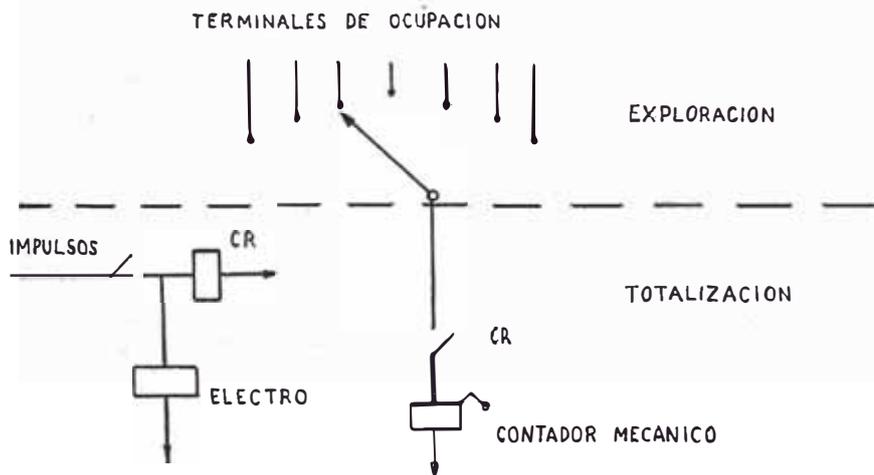


FIG 2.2

El valor de la corriente que circula por el amperímetro registrador (AR) es:

$$I = \frac{V}{R}$$

Cuando sólo un órgano está ocupado y cuando están ocupados K órganos del grupo será:

$$I = \frac{K V}{R}$$

Evidentemente, se requerirá un amperímetro registrador por cada grupo de órganos que exista en la central.

Una limitación muy importante que debe tenerse en cuenta cuando se usa este aparato de medida es la influencia de las tolerancias en los niveles de voltaje y el envejecimiento de las resistencias.

La ventaja más importante de este método es que se puede obtener una imagen instantánea del tráfico cursado, pudiéndose identificar fácilmente los picos de tráfico que puedan existir en cortos intervalos; dicha representación puede resultar interesante en ciertos tipos de medidas especiales, cuando se intenta diagnosticar algún problema particular de tráfico o de mantenimiento en una central. En lo que respecta a medidas rutinarias no supone en general una gran ventaja.

Por estas razones se ha preferido el uso de medidores automáticos basados en el mismo principio que los métodos manuales, es decir, la exploración cíclica.

2.1.3 Métodos Automáticos basados en la Exploración

Estos métodos de medida de tráfico siguen los mismos principios que se expusieron para la observación visual, con la diferencia obvia que la exploración se hace mediante un circuito automático y la totalización sobre contadores o dispositivo de registro análogo.

La figura 2.2 muestra el principio básico de un medidor que usa conmutadores electromecánicos.

El elemento básico es un conmutador cuyo electro de actuación recibe impulsos a una cierta velocidad. Los contactos del conmutador van conectados a los terminales de ocupación de cada uno de los circuitos que componen el grupo cuyo tráfico se quiere medir, mientras que la escobilla se conecta a un contador electromecánico a través de un contacto de relé (CR). Dicho relé actúa con cada impulso que llega y sirve para asegurarse de que el contador tiene tiempo para reponer tras cada operación ya que el intervalo entre dos contactos sucesivos de la escobilla podría ser insuficiente. La figura representa el principio básico, mostrando las funciones de exploración, totalización y control necesarias en cualquier medidor de tráfico. Sin embargo, no se usaría

en la práctica tal como está descrito, entre otras cosas porque se necesitaría un explorador y totalizador individual para cada grupo de circuitos.

La figura 2.3 muestra cómo se podría organizar el medidor para totalizar tráfico correspondiente a varios grupos.

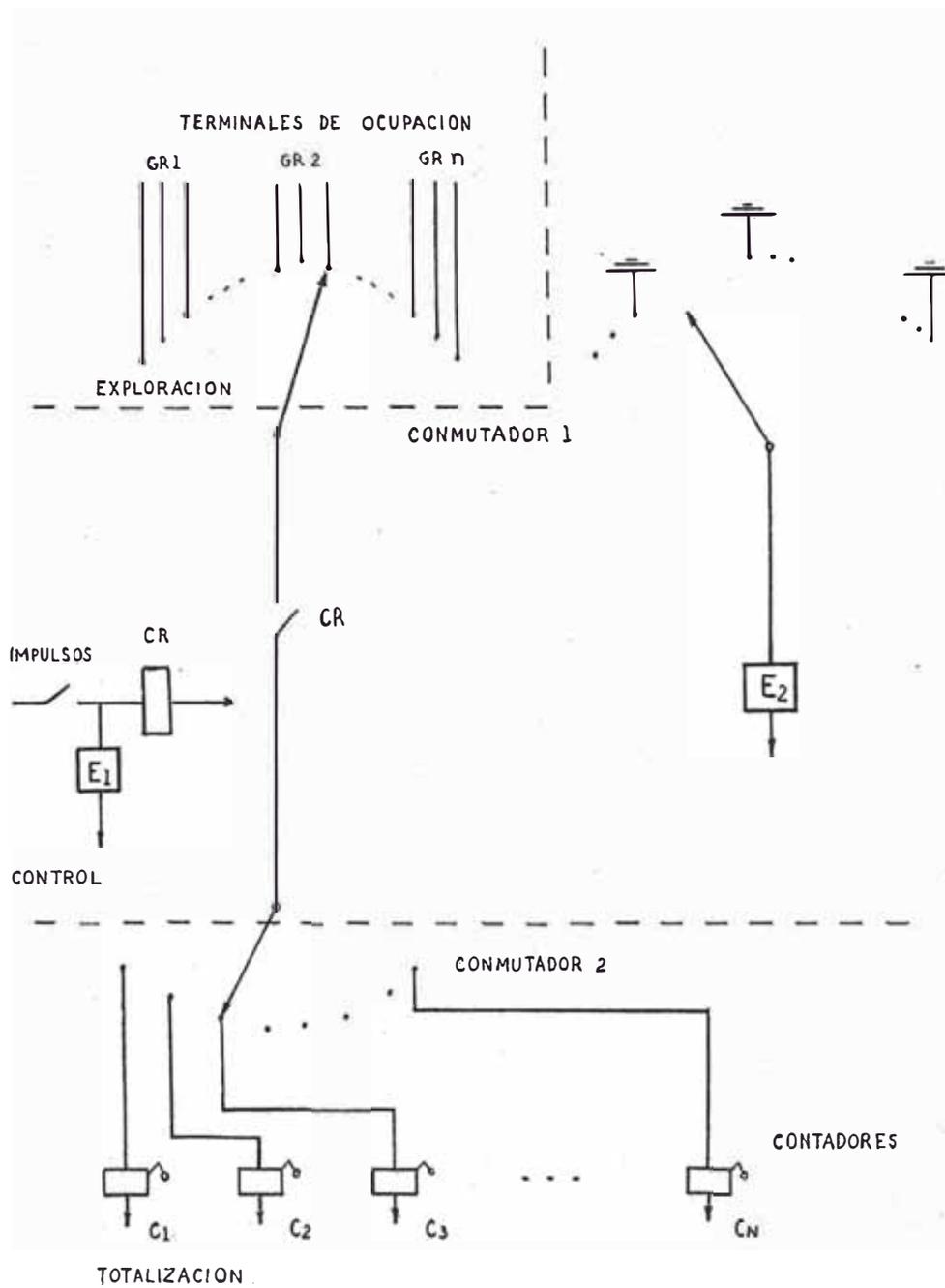
En este caso el conmutador de acceso tiene un segundo banco de contactos, por el cual se recibe una tierra cada vez que se ha terminado de explorar un grupo de órganos en el primer banco de contactos. Esta tierra sirve para hacer avanzar un punto a un segundo conmutador que conecta así otro contador totalizador correspondiente al siguiente grupo que va a ser explorado. Cuando se completa un ciclo, ambos conmutadores deben volver a su posición inicial.

La elección adecuada de la cadencia de los impulsos que controlan la exploración puede facilitar la lectura posterior de los contadores. Así, si se elige la cadencia de forma que el período de exploración (tiempo transcurrido entre dos exploraciones sucesivas del mismo contacto) sea de T segundos, el tráfico medido en un determinado contador, tras una hora de funcionamiento será:

$$\frac{\text{Lectura del Contador}}{3600 / T} \quad (\text{Erlangs})$$

Si se elige $T = 36$

FIG. 2.3



$$\text{Tráfico} = \frac{\text{Lectura}}{100} \quad (\text{Erlangs})$$

El tipo de medidor mencionado requiere el llevar una gran cantidad de hilos hasta los conmutadores de acceso, mientras que desde estos a los contadores y los circuitos de control sólo se requiere un número relativamente reducido.

Normalmente, el aparato se arranca al comienzo de la hora cargada y se detiene manual o automáticamente al finalizar dicha hora.

Otros tipos de medidores de tráfico de lectura directa utilizan también los mismos principios descritos, pero usando exclusivamente relés. El esquema básico de funcionamiento de tales dispositivos aparece en la figura 2.4.

La parte principal del medidor la constituyen un cierto número de grupos de relés P. Cada relé dispone de K contactos y cada grupo consta de N relés. Los relés P son actuados sucesivamente mediante impulsos procedentes de un generador común, existiendo un intervalo t asignado a cada relé. El resultado de la exploración (tierra o ausencia de tierra en los contactos de los relés P) se envía a un contador totalizador a través de los contactos de trabajo q de un relé Q que permanece operado todo el tiempo que dura la explotación en un grupo de relés

P. Cuando ésta concluye (tras $N \times t_1$ segundos) se actúa el siguiente relé Q que atiende al siguiente grupo de relés exploradores P y así sucesivamente hasta que se realiza un ciclo completo de exploración que durará por tanto $M \times t_2$ segundos, tras lo cual se vuelve a iniciar la exploración de los terminales de ocupación de los órganos de la central.

La principal ventaja de los métodos basados en la exploración radica en que pueden suministrar directamente el valor del tráfico cursado. Los errores previsibles son los que se pueden esperar estadísticamente cuando se usan métodos de exploración. Dependen del período de exploración, el tiempo medio de ocupación y el número de veces que se repite la medida.

El principal inconveniente de los métodos electromecánicos descritos radica en que los aparatos suelen ser complejos, voluminosos, con limitaciones en la asignación y sobre todo, con una incomodidad notoria a la hora de tomar lecturas de docenas de contadores antes y después de cada período de medida para, por sustracción, obtener la cifra de tráfico cursado.

Existe un método que combina los principios de la exploración con los usados en el amperímetro registrador. Es decir, se envían impulsos a un contador, impulsos que representan el número de circuitos ocupados en cada ciclo de exploración, pero no se explora cada circuito

individualmente, sino que se explora un terminal común, en el cual se mide la corriente, deduciéndose así el número de circuitos ocupados, de entre todos los conectados a dicho terminal común. Existe la restricción obvia de que todos los terminales de ocupación conectados en común deben pertenecer a circuitos del mismo grupo. La figura 2.5 muestra el esquema básico de funcionamiento usando este método.

El explorador básico tiene F posiciones que se van recorriendo sucesivamente. En cada una de las posiciones se conectan K grupos de N circuitos cada uno a K puentes de medida. Cada puente de medida tiene entonces que medir la resistencia que se le presenta y que será igual a R/P , siendo P el número de circuitos ocupados en el grupo.

La medida se realiza por comparación sucesiva con un juego de cinco resistencias. Así por ejemplo, si $P = 14$, la resistencia a medir será $R/14$, que primero se compara con $R/16$, actuando el relé V . Como $R/16 < R/14$, el relé M no actuará y el relé V repondrá. A continuación actúa el relé W , comparando ahora con $R/8$. Como $R/8 > R/14$ actuará el relé M controlando el envío de 8 impulsos hacia el contador correspondiente, y quedará retenido el relé W . A continuación actúa X , comparando entonces $R/8 // R/4$ con $R/14$; como $R/8 // R/4 > R/14$, actuará el relé M , controlando el envío de 4 impulsos hacia el contador y quedando retenido el relé X . Actúa luego

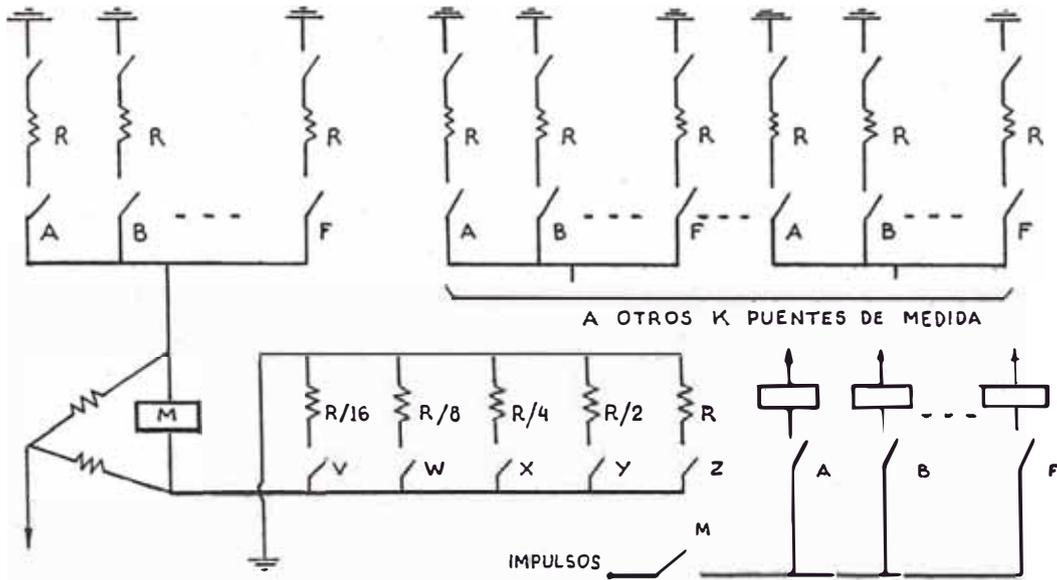


FIG 2.5

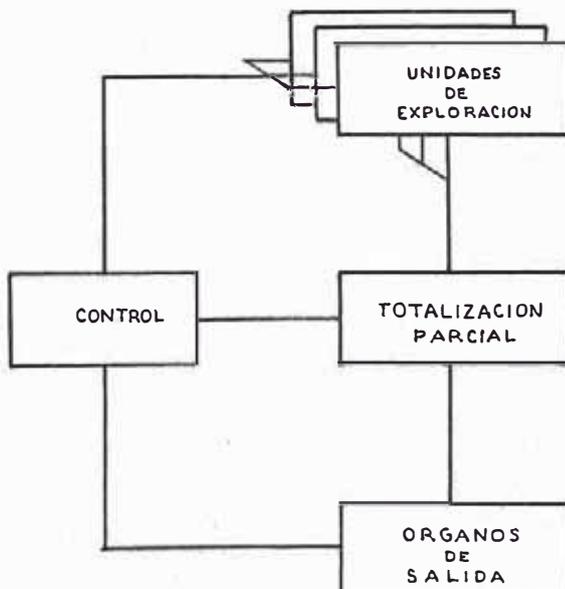


FIG 2.6

el relé Y, comparando $R/8 // R/4 // R/2$ con $R/14$. Como son iguales actuará el relé M, controlando el envío de dos impulsos al contador y quedando retenido el relé Y. Actúa Z y se efectúa la nueva comparación. Como $R/8 // R/4 // R/2 // R < R/14$, no actúa el relé M.

A continuación reponen todos los relés V-Z actuados y se pasa al siguiente instante de exploración, reponiendo el relé A y actuando el relé B y así sucesivamente hasta recorrer los F instantes de exploración.

El método expuesto, combinación de exploración y medida de circuitos presenta las limitaciones del método de exploración por lo que respecta a la fiabilidad estadística de las medidas y las del amperímetro registrador por lo que respecta a la calidad y tolerancia de los componentes resistivos empleados. Sin embargo, permite el acceso a un gran número de circuitos, desde un único equipo con un cableado relativamente pequeño. en el ejemplo mencionado sólo era necesario llevar $K \times F$ hilos desde la central al equipo de medida, es decir, se consigue una reducción de razón N, en comparación con la exploración ordinaria.

El principio descrito aquí es utilizado por el DRTR (Direct reading traffic recording) circuito electromecánico instalado en la mayoría de las centrales de barras cruzadas de la red CPTSA. Este circuito cuenta además con una interfaz electromecánica a una perforadora de

cinta de papel, de modo que los datos pueden ser recolectados en un medio susceptible de un proceso mecanizado. En efecto, la información contenida en la cinta de papel puede almacenarse en cinta magnética y así ser procesada por un computador.

Ultimamente se va tendiendo al uso mayor de dispositivos de medida electrónicos. Básicamente su función es la misma que en el caso de aparatos electromecánicos, es decir, exploración y/o almacenamiento de las indicaciones suministradas por el equipo de conmutación sobre órganos de registro. La diferencia fundamental estriba en que no existen los contadores y la salida es un soporte de información que puede ser fácilmente tratado en un equipo de procesamiento de datos normal encargados de hacer el cómputo y análisis. En ocasiones, cuando no se requiere un análisis muy profundo, se puede incluir en el propio equipo de medida la inteligencia suficiente para producir una salida que contiene los resultados de las medidas efectuadas.

Las unidades básicas siguen siendo las de exploración, totalización y control. La figura muestra un diagrama de bloques.

La exploración electrónica de los terminales de ocupación se realiza por dispositivos que pueden situarse remotamente en la central o incluso en centrales distantes, en caso de centralización de las medidas.

Los resultados de la exploración se almacenan en un registro intermedio. De ahí pueden llevarse directamente a la salida o, en otras versiones, realizar una totalización parcial por órganos o grupos de órganos. En el primer caso se simplifica el equipo a costa de una mayor cantidad de información de salida, mientras que en el segundo se efectúa un pre-proceso, cuyo efecto es reducir la cantidad de información que luego se da a la salida. Todo ello bajo el control del procesador del equipo, que establece las secuencias de exploración, el almacenamiento de los resultados, los períodos a medir, etc.

Los principios básicos son los mismos que los mencionados en 2.1.1 y 2.1.3. Las ventajas fundamentales de los aparatos electrónicos se resumen en:

- Mayor facilidad y flexibilidad en el manejo del medidor y en el establecimiento del programa de medida.
- Mayor fiabilidad de los resultados, al no requerir intervención humana en la lectura y eliminar el contador mecánico, de baja fiabilidad, con todas sus limitaciones.
- Posibilidad de tener datos pre-procesados o totalmente procesados.
- Reducción de la mano de obra necesaria.

- Mayor rapidez en la obtención de resultados.

Cabe mencionar aquí que las centrales telefónicas de nueva tecnología son diseñadas de forma que el hardware y software necesarios para las mediciones de tráfico estén incorporados al sistema, en la mayoría de los casos.

2.2 PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO EN CENTRALES DE BARRAS CRUZADAS

Cuando finalice el actual plan de expansión telefónica, las 19 centrales de barras cruzadas que representan 181 mil líneas constituirán el 46.29% de la red de Lima.

Las Oficina de Tráfico de la CPTSA es la dependencia encargada del control del tráfico telefónico de la red. Esta oficina se encarga de efectuar las lecturas de tráfico en las centrales, centros de larga distancia y centrales privadas, para racionalizar la distribución de las cargas de tráfico y así ofrecer una adecuada calidad de servicio.

Veamos cómo se inician los procesos de medición en la mayoría de las centrales de barras cruzadas de Lima. Debido a que no se cuenta con sistemas automáticos de recolección y procesamiento de datos, se efectúan anualmente dos mediciones en cada central de la red, una en verano y otra en invierno. La primera actividad consiste en tomar lecturas del consumo de corriente de la central, desde las 8:00 hasta las 12 ó 13 horas, duran-

te una semana. Para ello, se utilizan los amperímetros de los rectificadores del sistema de alimentación. Se registra el valor en amperios del consumo, cada cinco minutos; al final, se obtienen 49 ó 61 valores en un sólo día. Se suman los 13 primeros valores (de 8:00 a 9:00) y se obtiene el valor acumulador de amperaje de esa hora. A continuación se suman los valores del 2º al 14º dato, correspondientes a la hora comprendida entre las 8:05 y 9:05; luego se suman los valores del 3º al 15º, correspondientes a la hora comprendida entre las 8:10 y 9:10 y así sucesivamente con todos los datos. Así podemos observar para cada día una hora en que la suma de las corrientes en amperios es mayor, la cual será la hora cargada de ese día.

Una vez concluidas las lecturas de todos los días, se suman todos los valores ordenadamente, hora a hora, de forma de obtener una hora cargada promedio en la semana.

Esta primera actividad es importante, puesto que en esta hora obtenida se efectuarán las mediciones de tráfico propiamente dichas.

Se procede entonces a medir la demora en el tono de marcar, la cual normalmente no debe exceder los tres segundos. Para ello se escogen números libres al azar en el distribuidor principal de la central y con un micro de pruebas y un cronómetro se registran los tiempos de

demora en todas las unidades de línea durante la hora cargada.

Se utilizan contadores electromecánicos asociados a un sistema de exploración para computar el número de tomas en los marcadores de la unidad de línea, tanto en pre-selección como en selección. Se registran además las fallas, las llamadas efectivas, las congestiones, los casos de ayuda mutua y abonado ocupado. Análogamente, se procede en la unidad de grupo, en los marcadores de grupo.

Otro grupo de mediciones de tomas se realizan en el equipo común, en emisores MF y 7A (multifrecuencia y rotatorio), traductores, haces conectadores (pre-selección y selección). Asimismo, tomas en la unidad de control, en registros locales, MF y 7A (llamadas todo intento, abonado libre, ocupado, renovaciones, fallas) y en los acopladores de pre-selección y selección (cadenas local, 7A y MF). Además, se cronometran tiempos de retención de estos órganos.

Los datos proporcionados por los diferentes contadores son copiados en formatos adecuados durante una semana. Al terminar el proceso de recolección, se procede a sumar ordenadamente cada grupo de datos y se obtiene el promedio de la semana de medición. Para el procesamiento del tráfico en los enlaces de entrada y salida, o tráfico direccional, se utiliza el mismo procedimiento de sumas

empleado en la obtención de la hora cargada mediante la lectura del consumo en amperios. Hasta el año 1983, los datos de tráfico direccional, así como los de tráfico en registros, emisores, cuadros selectores terminales, alimentadores locales y de desborde, se obtenían a través del DRTR y la perforadora de cinta acoplada. Todos los datos registrados en la cinta de papel eran luego trasladados a cinta magnética y procesados en el centro de cómputo mediante un programa en PL-1, que realizaba todas las operaciones automáticas y lógicas.

Desafortunadamente, el equipo que trasladaba la información a cinta magnética fue destruido por la compañía que alquilaba ese servicio a la CPTSA, en vista de que los costos de mantenimiento no estaban justificados por los ingresos de la operación.

Es por ello, que las mediciones de tráfico direccional se hicieron visualmente en el año 84 y siguientes; los técnicos de tráfico contaban las lámparas de ocupación de las troncales cada cinco minutos y escribían el número de circuitos ocupados.

Una vez completado el proceso de recolección y procesamiento manual de los datos, se obtienen resultados en unidades de tráfico que se utilizan para el análisis de la red. Cada ingeniero de tráfico tiene asignadas dos o tres centrales a su cargo.

En primer lugar, debe verificar que no haya resulta-

dos incoherentes en base a la filosofía del sistema y al ordenamiento secuencial de los eventos, y realizar las correcciones necesarias.

Una vez depurados los resultados, se analizan los esquemas de llamadas de la cadena local de salida, la cadena de entrada (tomas) y los esquemas de tráfico resultantes. De aquí, comparando con los valores de diseño de la central, se elabora el esquema de eficiencia y pérdida; se analiza si hay insuficiencia de equipo y si el porcentaje de averías es significativo en los diferentes grupos de órganos. Además, se relacionan factores externos al mantenimiento para explicar la naturaleza de los resultados obtenidos. Por ejemplo, trabajos de instalación e interconexión, modificaciones, manejo inadecuado de la asignación de números, etc.

Todo este análisis se vuelca en un informe completo por central, y la recopilación de estos informes constituye el libro de Recomendaciones de Tráfico que, anualmente, debe elaborar esta oficina.

Los aspectos operativos descritos hasta aquí nos dan una idea de las acentuadas limitaciones que en cuanto a equipo adolece la Oficina de Tráfico de la CPTSA. La labor de recolección de datos es una tarea tediosa, repetitiva y de grandes dimensiones. El posterior proceso de cómputo es igualmente monótono y ambas actividades deben ser realizadas por sistemas automáticos de recolec-

ción y procesamiento, los cuales proporcionan resultados de mucha mayor exactitud y en tiempo real, lo cual es muy importante en la administración de tráfico. Realizar esa labor sin contar con el equipo adecuado, ha significado siempre demoras de hasta seis meses en la elaboración del libro de Recomendaciones.

En el apéndice A se muestra el informe técnico de las mediciones de tráfico de las centrales Washington 31 - 32, incluidas en el libro arriba mencionado.

2.2.1 Terminales de Ocupación

Describiremos la forma en que una central de barras cruzadas indica la ocupación de un órgano.

La fig. 2.7 nos muestra parte del esquema circuital de un enlace o troncal de salida. Este circuito conecta a un abonado que llama a una central remota. La condición libre del enlace remoto de entrada está dada por un potencial de -48 v. en el hilo b, y así el relé de guarda g está operado. Entonces, la disponibilidad del enlace está caracterizada por un potencial de -48v. en serie con una resistencia de 330 ohms en el hilo t y un potencial de tierra en el hilo m dado por el relé t en operación. Cuando se termina la selección de grupo, el registro aplica un potencial negativo al hilo b y una tierra al hilo t. Esto causa la operación del relé h que se retiene sobre su contacto h_{22} . El relé e es operado

por h_5 y se retiene sobre e_{21} .

La toma del enlace nos es indicada por la operación del relé e. A través del contacto e_{23} presentamos la resistencia R2 de 43K entre los puntos TO2 y TO3 (traffic observation), para que puedan ser detectados por un sistema de exploración automático, el DRTR, por ejemplo.

A medida que otros circuitos del grupo son tomados, sus resistencias se conectan en paralelo, presentando al DRTR una impedancia resultante. Este valor indica el número de circuitos ocupados en cada exploración.

En las centrales, estos puntos TO están concentrados en unos bastidores denominados distribuidores intermedios, para facilitar la conexión de dispositivos de medición.

2.3 CENTRALES ELECTRONICAS DEL PLAN DE EXPANSION

Trataremos finalmente de la gestión de tráfico en las centrales de nueva tecnología.

El análisis del tráfico de estas centrales no aparece en el último libro de Recomendaciones, del año 1983, por cuanto apenas se iniciaba la instalación de la primera central de este tipo.

En contra de lo que se podría suponer, las centrales de nueva tecnología no ofrecen mayores facilidades para la gestión de tráfico. En estas centrales, los reportes de tráfico se obtienen en un teleimpresor, el cual es

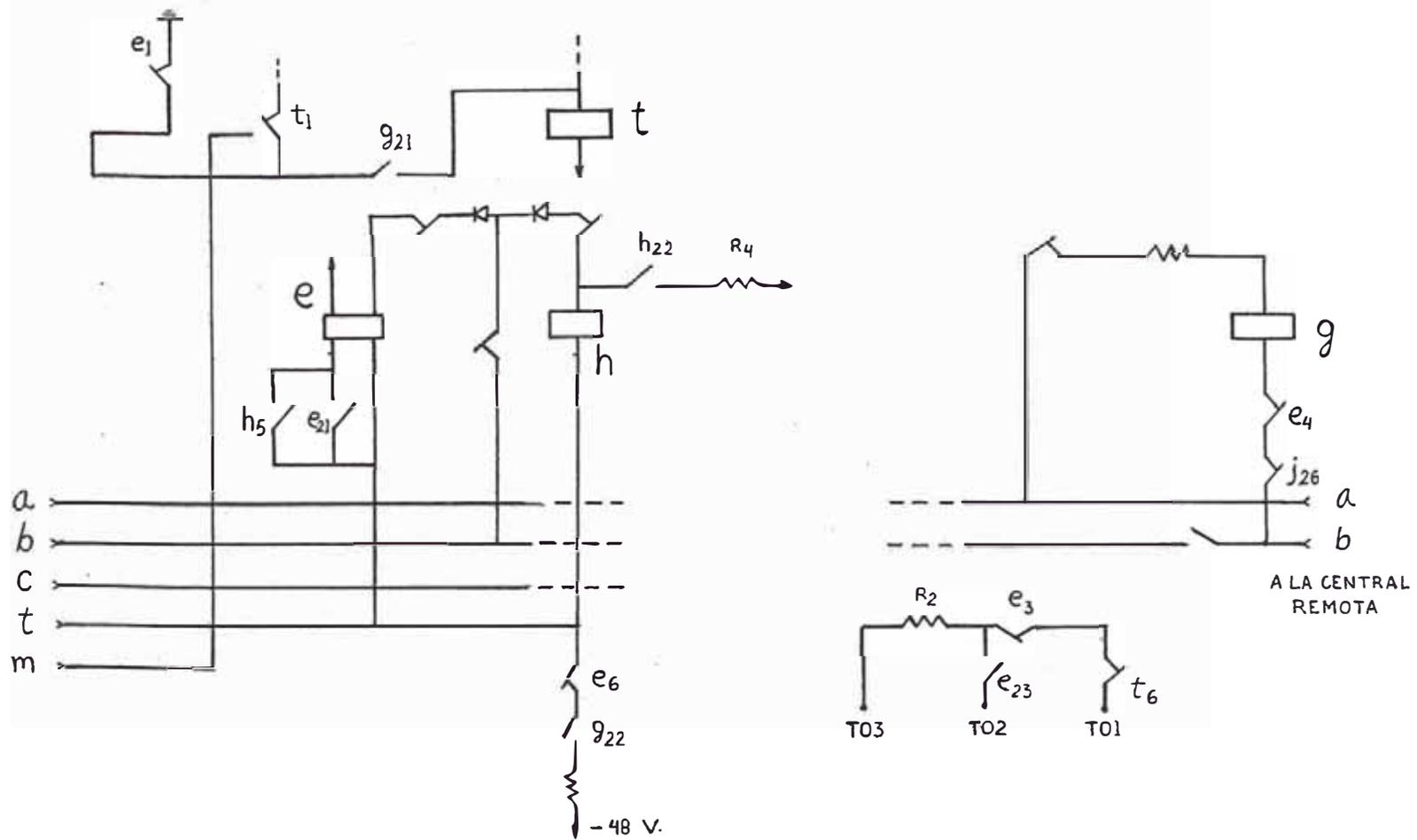


FIG 2.7

el órgano principal del sub-sistema de Operación y Mantenimiento de una central de este tipo.

Sin embargo, lo que se obtiene es la información en bruto, es decir, listados de número de tomas y de tráfico cursado en algunos circuitos, análogamente a lo que se obtiene de los dispositivos electromecánicos en las centrales antiguas.

Esto ha motivado que el personal de ingeniería de la Oficina de Tráfico elabore programas de procesamiento de los datos en un microcomputador, lo cual resulta oneroso ante la gran cantidad de información a procesar.

Por lo tanto, se debe obtener una interfaz entre el procesador del sistema de conmutación y el microcomputador de tráfico. Otra posibilidad es que la contratista de las centrales nuevas suministre programas que permitan el cómputo de la información utilizando el procesador del sistema de conmutación, pero sobre la factibilidad de esto se dispone de muy escasa información.

Por último, de todo lo expuesto en 2.2 podemos concluir que las labores de esta Oficina se ven limitadas por diversos factores. Sin embargo, los estudios de tráfico que se han realizado y que se realizan han constituido en muchas ocasiones aportes fundamentales en los planes de mantenimiento, modificación y expansión de la red. Citemos, por ejemplo, la distribución de abonados en las centrales electrónicas, realizada en base a las

características del sistema y al estudio de la demanda en el área de influencia de cada central.

CAPITULO III
INGENIERIA DEL PROYECTO

3.1 ALTERNATIVAS DE SOLUCION

A la pregunta: ¿por qué es necesario un sistema mecanizado de medición de tráfico? cabría responder por reducción al absurdo, es decir, porque es imposible de otro modo.

Desde principios de siglo, cuando empezó a tomar cuerpo la conmutación telefónica como tal, se sintió la necesidad de contrastar los modelos teóricos con la realidad y, si bien en los primeros cuadros de operadoras esta labor era relativamente sencilla, inmediatamente surgió la necesidad de expresar el trabajo de las operadoras en unidades del tiempo medio de ocupación que una conferencia local representaba.

La rápida evolución de la telefonía automática introdujo la necesidad de órganos rápidos en la parte más inteligente de las centrales, cuya ocupación era del

orden de unas pocas décimas de segundo y cuya medida debía conseguirse por procedimientos automáticos para que tuviera un mínimo de precisión.

Esta circunstancia produjo la instalación de dispositivos de cómputo automático, generalmente contadores electromecánicos. Este es el sistema que durante decenios y con ligeras variantes en cuanto a su técnica y concepción se ha venido utilizando y aún se utiliza en prácticamente el 100% de las centrales convencionales para auxiliar a los técnicos de tráfico.

Pero, por una parte, la necesidad de conocer en un tiempo corto la existencia de determinadas situaciones delicadas o peligrosas, por otro, la precisión y exactitud de los datos de intensidad de tráfico, y la coherencia entre las series cronológicas de éstos y la imposibilidad material de obtención de grandes volúmenes de datos para la realización de estudios tan importantes como puede ser la modificación de una política de tarifas, unidos al crecimiento paulatino y sistemático de la carestía de la mano de obra calificada, necesariamente tenía que desembocar en el desarrollo de sistemas totalmente automáticos de captura, elaboración y presentación de resultados.

Expuesta la problemática de la gestión de tráfico en la CPTSA, observamos que gran parte de ella se debe a la carencia de equipo de medición adecuado. Los equipos

de esta índole son complejos, no tanto por su mecanismo o diseño, sino por la laboriosidad de las asignaciones de los terminales de ocupación, así como su conexión y por la redundancia y gran cantidad de componentes.

Veamos las ventajas y desventajas de las posibles soluciones existentes.

La principal ventaja del DRTR es que se trata de equipo ya instalado en las centrales. Sin embargo, tiene como desventajas el alto costo de los repuestos, tanto para el equipo en sí como para los periféricos; la carencia del equipo necesario para trasladar la información a un medio susceptible de ser procesado; la tecnología de las tarjetas electrónicas de balance introduce errores de calibración. Por lo demás, el DRTR se limita a la recolección de información.

La adquisición de equipo electrónico de medición de tráfico es la solución óptima en lo que se refiere a prestaciones, ayudas a la gestión de tráfico y al mantenimiento. Sin embargo, el costo de estos equipos se incrementa con el número de entradas. Por ejemplo, un módulo típico de medición tiene capacidad para 1000 entradas y puede costar unos 15 mil dólares. La adquisición de equipos que iguallen la capacidad de exploración del DRTR resultaría una altísima inversión.

Visto lo anterior, podemos considerar como una vía de solución el diseño de un sistema de recolección y

procesamiento de datos de tráfico, que tenga versatilidad y pueda acoplarse a futuras mejoras en cuanto al equipamiento para supervisión de tráfico.

Primeramente, se debe discernir qué tipo de diseño es conveniente, si utilizar "lógica cableada" o microprocesador.

La tarea de medición requiere un proceso de lectura periódica de registros de almacenamiento temporal. La tarea de procesamiento de la información requiere manipulación de datos en memoria, operaciones aritméticas y lógicas, decisiones en base a comparaciones de magnitudes y flexibilidad en cuanto a variaciones en las asignaciones de terminales de ocupación. Además, se requiere capacidad de manejo de un gran volumen de datos.

El diseño con lógica cableada resultaría arduo y costoso, y no cumpliría con todos los requerimientos de facilidad de explotación. La opción adecuada es el uso del microprocesador.

3.2 DISEÑO DEL SISTEMA

La metodología a emplear consiste en explicar totalmente el prototipo del sistema diseñado en base a un microprocesador muy popular y adecuado para nuestros fines, en una primera parte. Posteriormente, se darán los criterios necesarios para la expansión del sistema.

Para explicar cabalmente el prototipo se hará una exposición general del funcionamiento, en base a la fig. 3.1.

Para este prototipo, se ha escogido la recolección y procesamiento de tráfico direccional, es decir, los terminales de ocupación de los enlaces de salida se conectan a + 5v. y tierra, con una conexión directa a un terminal de entrada de un dispositivo selector de datos. Cuando el enlace está libre, en la entrada del selector tenemos potencial de tierra. Cuando el enlace está ocupado, el contacto E23 está operado y tenemos + 5v. en la entrada del selector. Los dispositivos selectores de datos tienen sus salidas conectadas a cada bit de un "PORT" de un registro programable. Asimismo, cinco bits de este dispositivo se utilizan para direccionar los datos que se ingresan.

La primera fase de funcionamiento consiste en la exploración. El microcomputador escribe en el PORT C el número de selección y efectúa la lectura de los datos correspondientes. Un "1" lógico (+ 5v.) indica un circuito ocupado, y un "0" lógico, un enlace libre. El programa de exploración incluye una rutina de conversión del dato de entrada a número binario y almacenamiento en memoria del total de circuitos ocupados en cada exploración. Para el caso, se han programado 401 exploraciones de los circuitos, comprendidas en un período de 4 horas.

TERMINALES DE OCUPACION

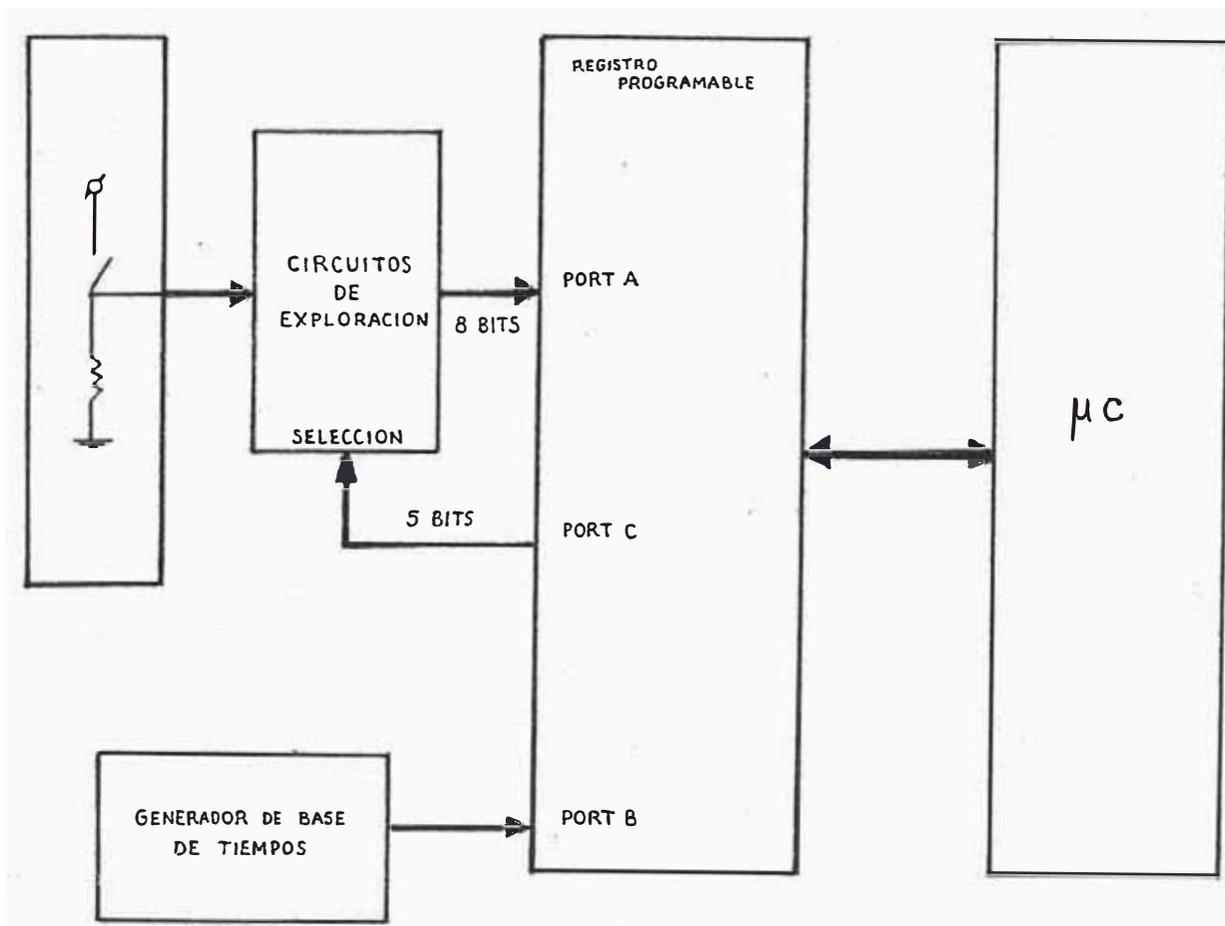


FIG. 3.1 DIAGRAMA DEL SISTEMA

Una vez terminadas las exploraciones, se inicia el procesamiento de los datos recolectados, el cual consiste en efectuar por programa el procedimiento de suma y resta explicado en la sección 2.2. En esta fase, se obtienen dos resultados importantes para verificar el comportamiento del grupo de enlaces: la hora activa y el tráfico correspondiente.

3.2.1 Circuitos de Exploración

La interfaz entre los terminales de ocupación de los enlaces de la central y los circuitos encargados de la exploración se encuentra en las figs. 3.2 y 3.3.

Los terminales T02 y T03 se conectan como se indica en 3.2, de modo que cada enlace está conectado a un terminal de entrada del dispositivo selector de datos 74150. Tenemos así, 16 enlaces conectados a un circuito. De acuerdo al código de selección $C_3C_2C_1C_0$, una sola de estas entradas a la vez aparecerá a la salida (terminal out).

Agrupando 16 de estos circuitos, tenemos acceso a 255 enlaces de la central. Las salidas de los 74150 se conectan a dos dispositivos selectores de datos, 74157, tal como se muestra en la fig. 3.3. El circuito integrado 74157 contiene cuatro selectores independientes 2 a 1 y está gobernado por la señal C_4 , de forma que, cuando $C_4 = 0$, a la salida (nY) aparece la entrada nA, cuando

TERMINALES DE OCUPACION

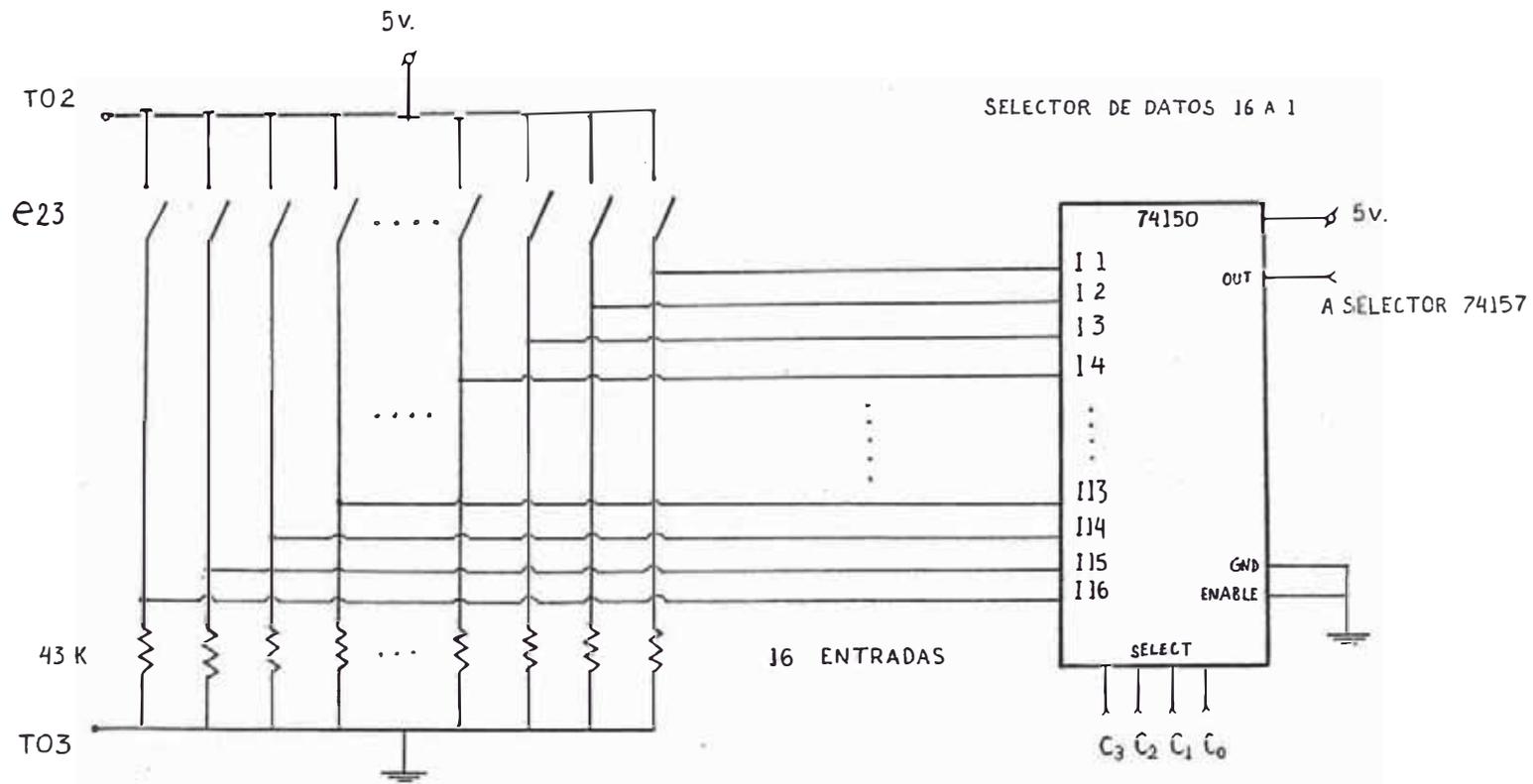


FIG 3.2

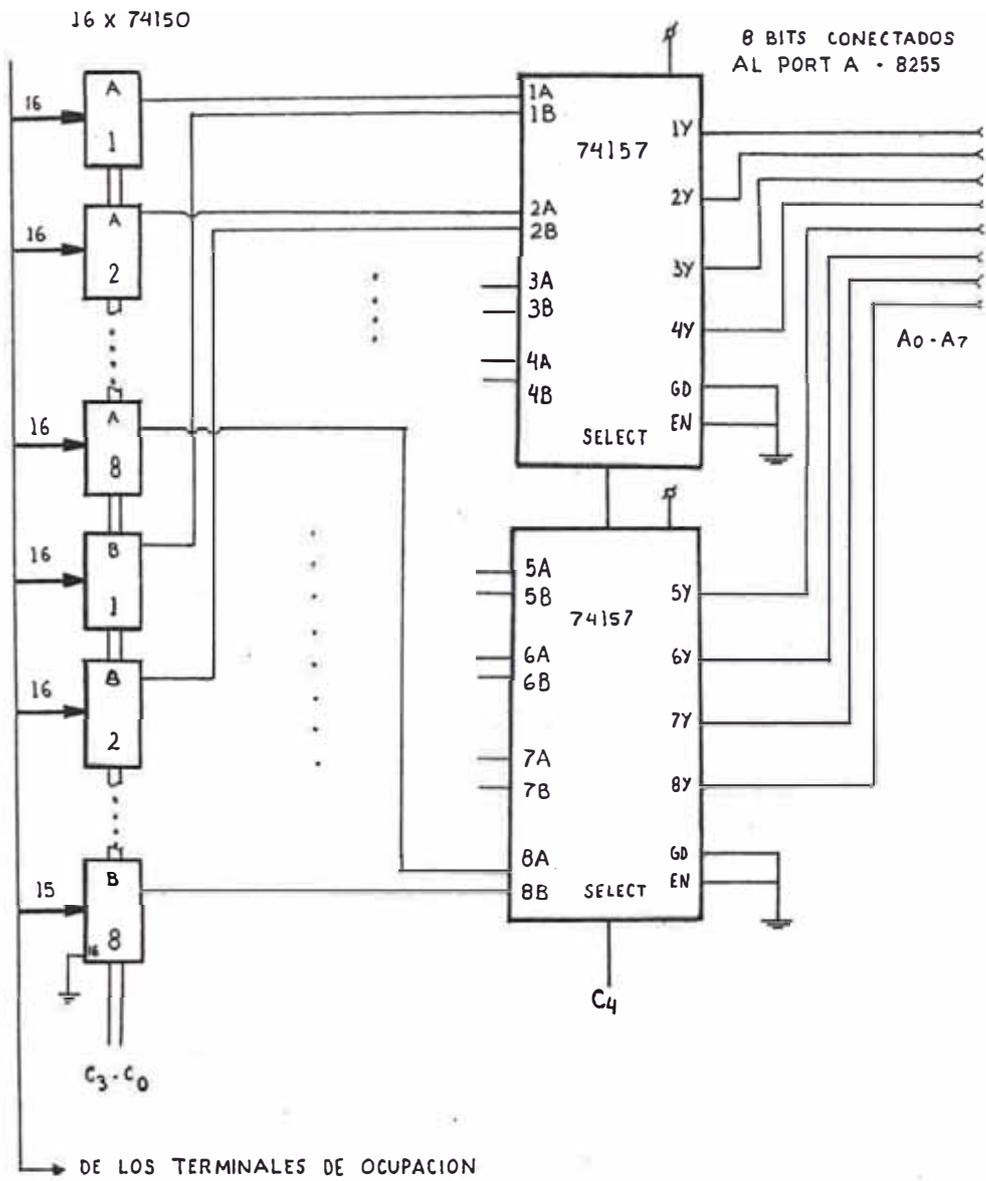


FIG.3.3

$C_4 = 1$, en nY tenemos nB.

Las 8 salidas nY están conectadas directamente a un port (en este caso, el PORT A) del registro programable de 8 bits 8255.

El 8255 es un dispositivo LSI de 40 terminales diseñado para realizar una variedad de funciones de interfaz en un sistema basado en microprocesador. En nuestro prototipo, el 8255 está programado en el modo 0, es decir, funciona como un registro básico.

Las salidas de los selectores 74157 están conectados directamente al PORT A, mediante el cual el microprocesador lee el número de circuitos ocupados. Los bits C_0 - C_4 del PORT C son utilizados para seleccionar en cada instante, de acuerdo al programa, los enlaces que son explorados.

Las entradas A_0 y A_1 del dispositivo están conectadas a las líneas de dirección de memoria A_0 y A_1 del micro. La línea de entrada \overline{CS} del 8255 se usa para direccionar el dispositivo en el espacio dedicado a las operaciones de entrada - salida del sistema. Para el caso, asignamos las direcciones 10H, 11H, 12H y 13H.

En la fig. 3.4, la entrada \overline{CS} se activa sólo cuando los bits de dirección A_7 - A_2 son iguales a 000100XX. Los bits A_1 y A_0 se usan para determinar cual de los cuatro registros internos es utilizado.

Las entradas \overline{WR} y \overline{RD} se conectan al micro procesador a través de dos puertas lógicas OR a las líneas \overline{WR} y \overline{RD} combinadas con la línea \overline{IORQ} para formar las líneas de control de lectura y escritura en operaciones de entrada - salida (I/O). Asimismo, se conecta la línea reset a través de un inversor.

Se provee un circuito generador de base de tiempos, el cual produce un "0" lógico durante 1.1 ms en el bit 7 del PORT B del 8255, cada 36 segundos. Se aprovecha la frecuencia de 60Hz de la red, y se obtiene un tren de pulsos a la salida del invertor Schmith Trigger 7414. En el primer dispositivo contador 74161 se obtiene un pulso por cada quince de entrada, lo cual nos proporciona una salida de 4 Hz. Esta alimenta la entrada de sincronismo de los contadores 74161 conectadas en cascada. Se carga en los terminales L_i el número 111, (01 10 1111 binario), de forma que, cuando los contadores lleguen a la cuenta 255, el pulso de la salida carry inicializa la nueva cuenta a 111, obteniéndose así una señal de salida cada 144 pulsos de sincronismo.

Esta señal de salida, invertida, se utiliza para disparar un monostable, diseñado en base al IC TIMER 555, que nos provee un ancho de pulso de 1.1 ms. Este pulso ingresa al bit 7 del PORT B, y, cuando es detectado por programa, indica el inicio de una nueva exploración. Ver fig. 3.5.

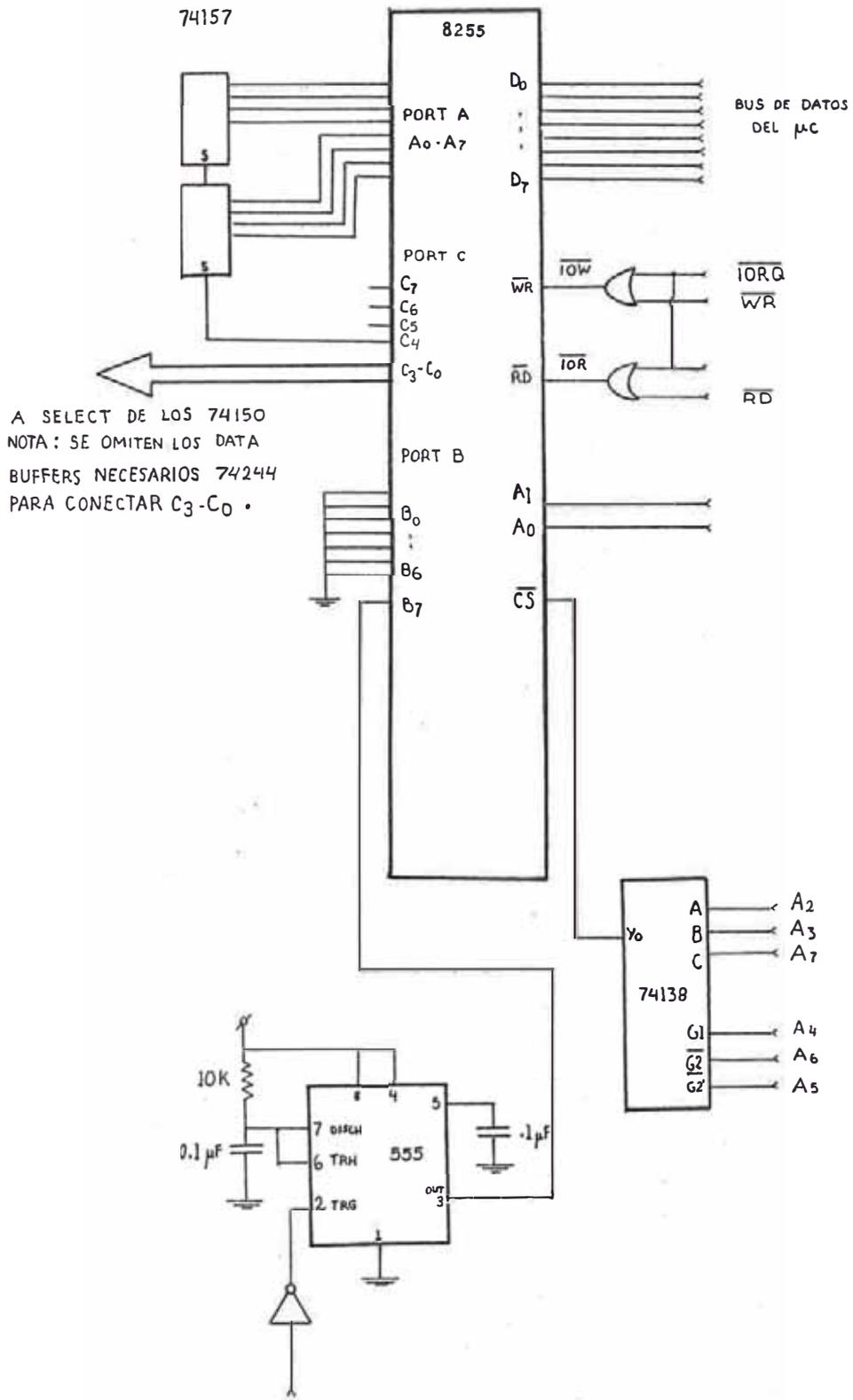


FIG 3.4 a

Diagrama de Tiempo de una Operación de Escritura
en un Port

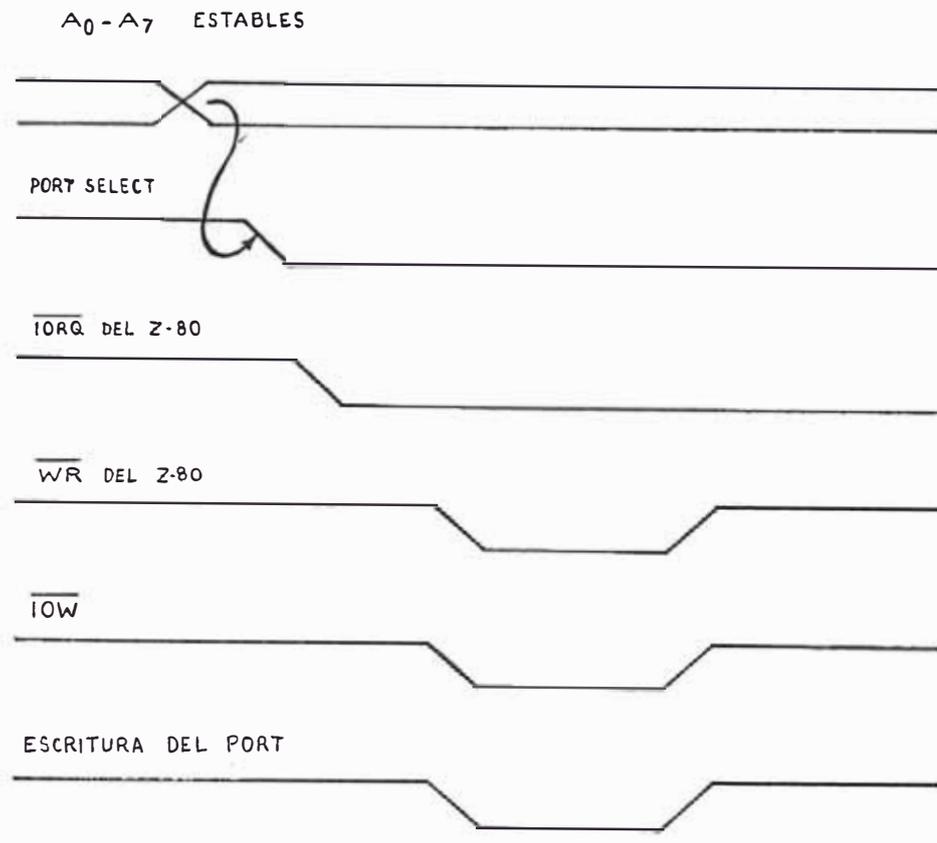


FIG. 3.4 b

3.2.2 Unidad de Proceso

El sistema usa el microprocesador Z - 80, el cual permite la flexibilidad necesaria para esta aplicación. En efecto, la utilización de instrucciones de almacenamiento en registros alternativos y de direccionamiento indexado disminuye considerablemente las dificultades inherentes a la estructura de los programas.

En todas las fases del diseño de los programas utilizados, elaboración, comprobación y corrección, se ha utilizado un micro computador básico, con 2K de sistema operativo en EPROM, 2 K de memoria RAM y teclado hexadecimal. Este es el micro processor MPF-I, el cual nos brinda un modelo circuital que, simplificado, puede ser utilizado convenientemente para la realización de nuestro sistema. En las figs. 3.6 y 3.7 se muestran los diagramas del MPF-I y sus especificaciones.

CPU : Z-80, 158 instrucciones. Reloj de sistema 1.79
MHZ.

ROM : EPROM 2516, 2KB (0000-07FF).

RAM : 6116, 2K bytes.

I/O : 8255, 24 líneas.

Display : 6 dígitos, 7 segmentos.

Consumo : 500 mA.

Las puertas U3a, U3b y el cristal de 3.58 MHZ, producen una señal de esta frecuencia. A través de U2a Pin 3 se produce el reloj del sistema de 1.79 MHZ.

El direccionamiento de la memoria es como sigue:

MREQ	A15	A14	A13	A12	A11	A10	...	A ₀	Selección	Dirección
0	0	0	0	0	X	X	...	X	U6	0000-0FFF
0	0	0	1	0	X	X	...	X	U7	2000-2FFF
0	0	0	0	1	1	X	...	X	U8	1800-1FFF

U6 contiene el programa monitor del MPF-1. U14 (8255) tiene 3 I/O PORTS; PBO - PB7 controlan el display. U15 y U12 funcionan como excitadores de Leds; PCO-PC5 seleccionan el dígito.

3.2.3 Programas Utilizados

El sistema cuenta con dos programas principales: uno para la fase de exploración y almacenamiento en memoria, y un segundo programa para el procesamiento de los datos. El programa de exploración hace uso de dos sub-rutinas; el de procesamiento utiliza tres.

Los programas preparados para el prototipo realizan la exploración y el procesamiento de un grupo de hasta 255 enlaces. El uso de sub-rutinas le da una característica modular, de acuerdo a los criterios del diseño estructurado, lo cual permite la utilización del sistema para la conexión con otros grupos de circuitos, únicamente añadiendo instrucciones, tal como se indicará paso a paso en el listado de los programas. Primeramente se hará la descripción general basada en diagramas de flujo.

3.2.3.1 Exploración

El diagrama de flujo se muestra en la fig. 3.8. Primeramente, se carga en memoria la dirección en que se almacenará el primer dato obtenido de la exploración y se carga el registro puntero del stack, para la utilización de subrutinas. Luego, se escribe la palabra de control del 8255, programándolo en el modo 0. Se utilizan el par de registros DE como contador decreciente de 401 exploraciones (0191H) y se carga el par de registros BC con la dirección del primer dato a almacenar. Con la instrucción EXX almacenamos el contenido de dichos registros en los registros alternativos B'C' y D'E'.

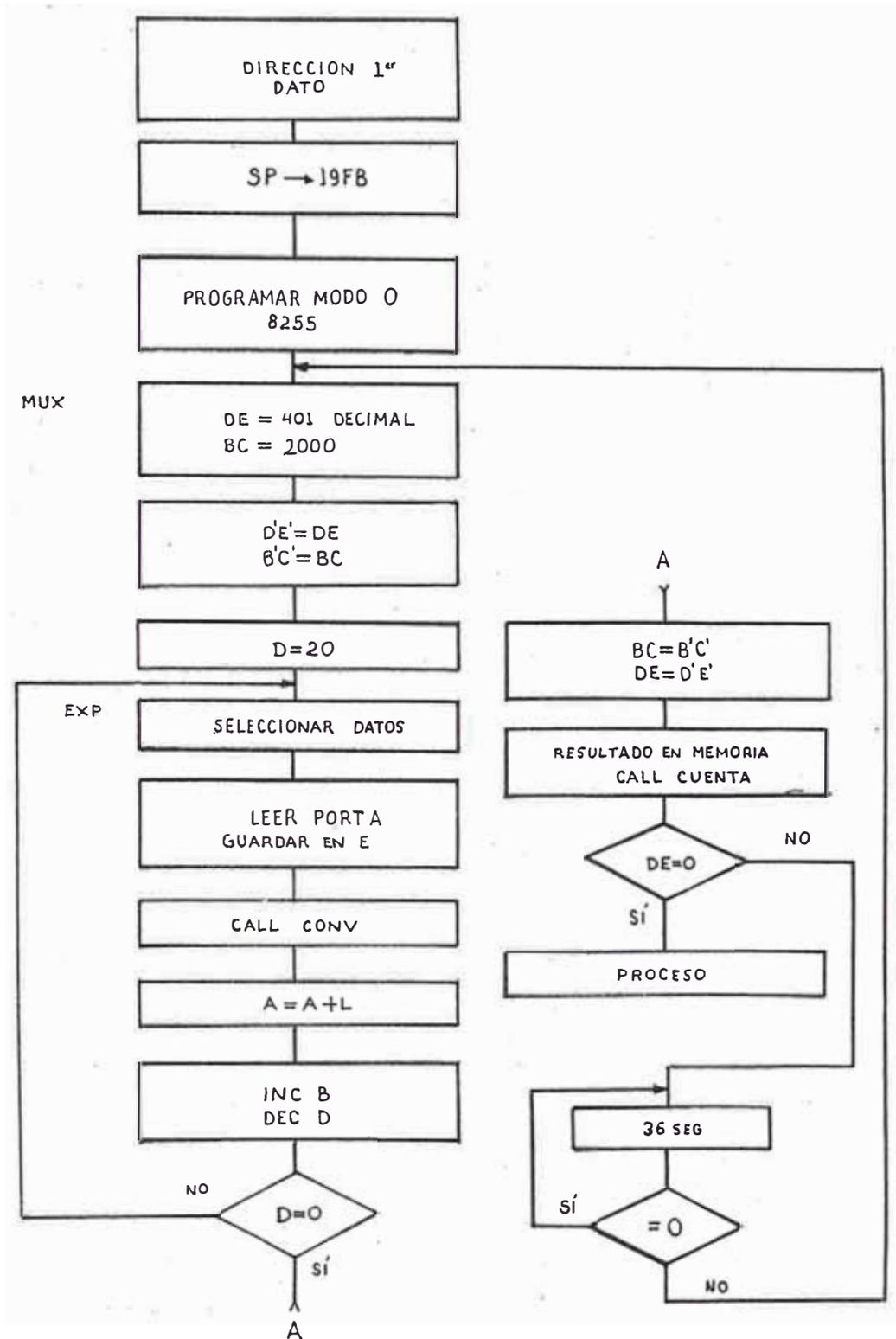
Utilizamos D como contador decreciente de 32 (20H) exploraciones parciales. Escribimos OOH en el PORT C del 8255, de forma que seleccionamos todas las primeras entradas de los dispositivos 74150 y 74157.

A continuación, leemos el PORT A y lo almacenamos en el registro E. Este byte de información nos representa un circuito ocupado por cada bit que esté en estado "1" lógico.

Para ser utilizado se requiere convertirlo en número binario, por lo tanto, se utiliza la sub-rutina CONV, que, mediante la instrucción de rotación de bit, escribe en el registro L el número binario correspondiente.

Figura Nº 3.8

Diagrama de Flujo del Programa de Exploración



Se retorna al programa principal, y se suma el contenido de L al del registro A y el resultado se almacena en A. Se incrementa el código de selección en 1 y se decrementa D igualmente. Si no se han efectuado las 32 exploraciones parciales, el contador de programa retorna al bucle EXP y realiza la siguiente exploración parcial.

Una vez efectuadas las 32 exploraciones, con la instrucción EXX, tenemos en BC la dirección en que guardaremos el contenido del registro A, es decir, el número de circuitos ocupados encontrados en las 32 exploraciones parciales, que forman una exploración completa de los 255 enlaces. Luego, BC se incrementa y apunta a la dirección siguiente.

Para verificar si ya se han efectuado las 401 exploraciones completas del grupo de enlaces, se llama a la subrutina cuenta. Si DE = 0, el contador de programa apunta a las instrucciones de proceso de los datos. Si no es así, se utiliza el bucle 36 seg, que detecta la presencia de un "0" lógico en el bit 7 del PORT B, señal externa del circuito de base de tiempos que indica que se debe realizar una nueva exploración completa.

Al finalizar este programa, tenemos los 401 datos de las exploraciones, almacenados en memoria, listos para ser procesados.

Figura Nº 3.9

Diagramas de Flujo de las Sub-Rutinas de Acumulación
y Cuenta

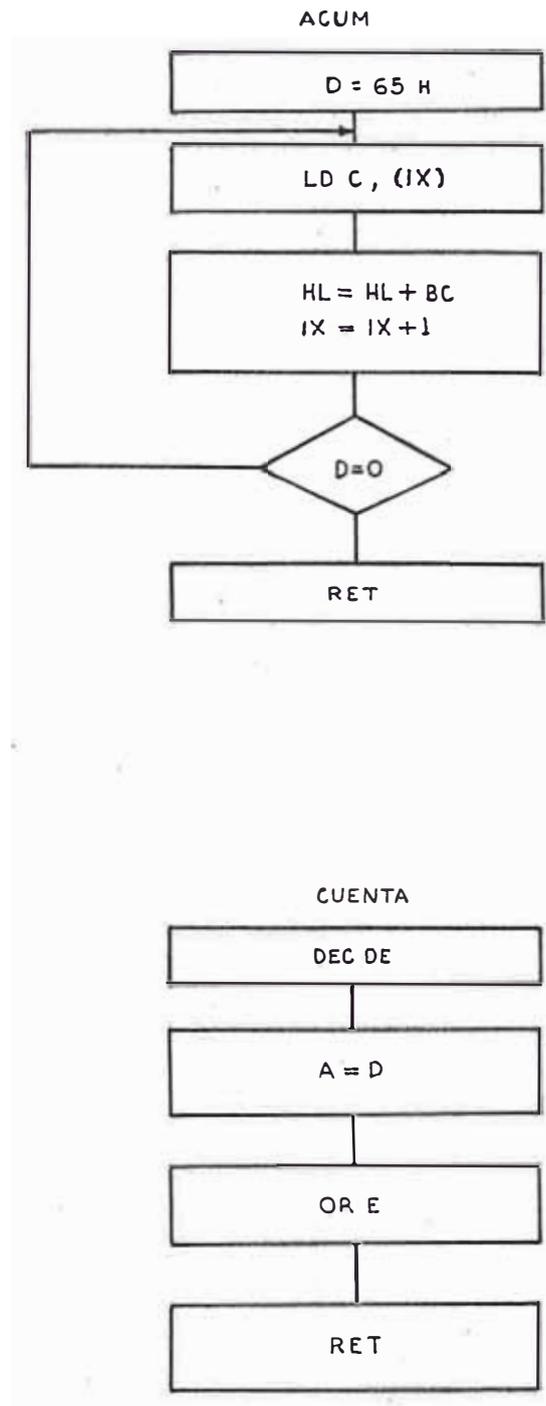


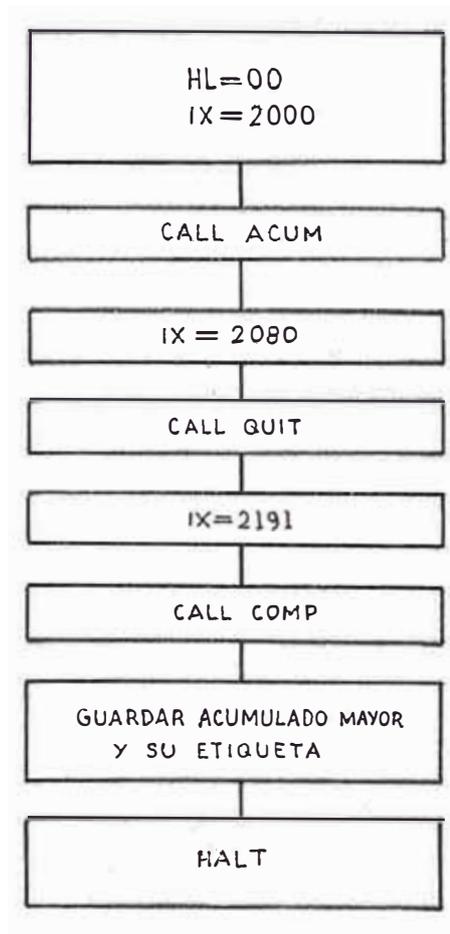
Figura Nº 3.10Diagrama de Flujo del Programa de Proceso

Figura Nº 3.11

Diagrama de Flujo de la Sub-Rutina QUIT

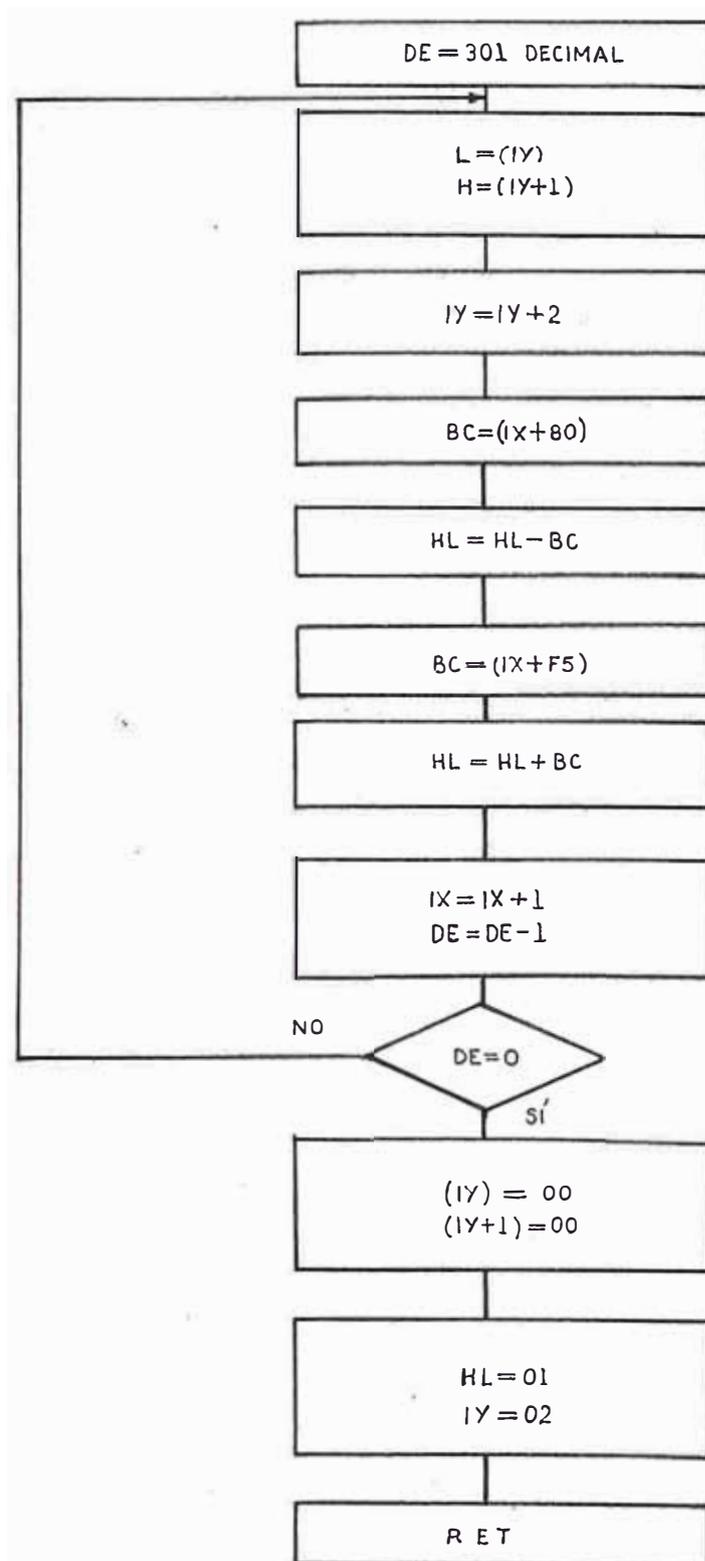
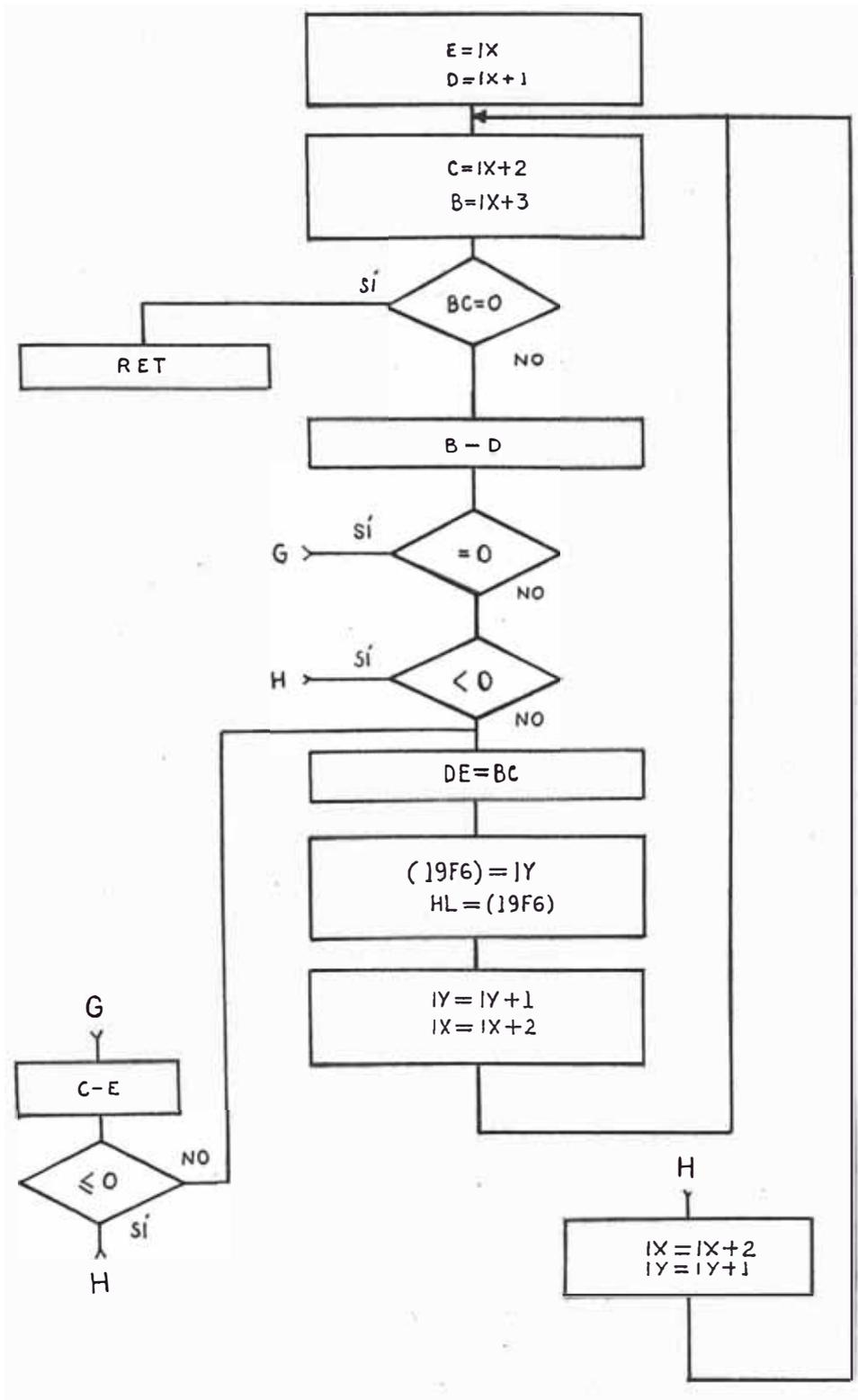


Figura Nº 3.12

Diagrama de Flujo del Programa de Comparación



3.2.3.2 Proceso

El proceso consiste en sumar grupos de 101 datos consecutivos en memoria, obteniendo 301 sumas o acumulados, según lo explicado en la sección 2.2.

El programa se inicia borrando el acumulador de 16 bits HL; el registro IX apunta a la dirección del primer dato. Se utiliza la sub-rutina ACUM para realizar la suma de 101 datos (65H); el acumulado es obtenido en HL y se retorna al programa principal.

Ahora, IX apunta a la dirección desde la cual utilizamos el registro índice. Se llama a la sub-rutina QUIT para obtener los demás acumulados. El par de registros DE es un contador decreciente de 301 (12DH). El acumulado en HL se guarda en memoria, según el contenido de IY; luego IY apunta a la posición del byte lo del acumulado siguiente. Luego, se resta el primero del grupo de 101 datos y se añade el dato siguiente al último del grupo, obteniéndose el nuevo acumulado en HL. Se actualiza IX y se verifica si ya se procesaron todos los datos; si no es así, se regresa al bucle de sumas y restas, guardando el nuevo acumulado en memoria.

Si se han procesado todos los datos, se guarda en las últimas posiciones de memoria el número 0000H, señal de terminación para la sub-rutina de comparación. Se cargan HL e IY con las etiquetas de los acumulados inicia-

les, se retorna al programa principal.

Se utiliza la sub-rutina COMP para determinar el mayor acumulado y su etiqueta correspondiente. El mayor acumulado es un número binario que, dividido entre 100, nos da el tráfico en erlangs cursado por el grupo de enlaces en la hora activa. La etiqueta del acumulado nos permite conocer dicha hora activa.

En esta sub-rutina, IX apunta a la dirección del primer acumulado, inicialmente; BC y DE se cargan con los dos primeros acumulados; se comprueba si BC=0; si es así, se retorna al programa principal, al haberse comparado todos los acumulados a continuación, se comprueba que acumulado es mayor, y éste se guarda en DE; se actualiza la posición de memoria del siguiente dato a comparar y se conservan las etiquetas al final de la comparación, DE guarda el mayor acumulado y HL su etiqueta respectiva.

Se retorna al programa principal, y se guardan estos resultados en posiciones de memoria prefijadas.

A continuación se listan los programas en detalle.

PROGRAMAS UTILIZADOS

8255

PORT A EQU 10H Palabra de control: 92H
 PORT B EQU 11H PORTS A, B entradas
 PORT C EQU 12H PORT C, salida
 CONTROL EQU 13H

<u>Dirección</u>	<u>Código Objeto</u>	<u>Código Fuente</u>
1900	3E 00	LDA, OOH
1902	32 00 1A	LD (1A00), A
1905	3E 20	LDA, 20H
1907	32 01 1A	LD(1A01), A
190A	31 FB 19	LD SP, 19 FB
EXPLORACION :		
190D	3E 92	LDA, 92H
190F	D313	OUT (13), A
1911	1E 91	MUX: LDE, 91H
1913	16 01	LDD, 01H
1915	ED 4B 00 1A	LD BC, (1A00)
1919	D9	EXX
191A	16 20	LDD, 20H
191C	AF	XOR A

191D	06 00	LD B, 00M
191F	OE 12	EXP: LD C, 12H
1921	ED 41	OUT(C), B
1923	OE 10	LDC, 10H
1925	ED 58	IN E, (C)
1927	CD 64 19	CALL CONV
192A	85	ADD L
192B	04	INC B
192C	15	DEC D
192D	20F0	JRNZ EXP
192F	D9	EXX
1930	02	LD (BC), A
1931	03	INC BC
1932	ED 43 00 1A	LD(1A00), BC
1936	CD 78 19	CALL CUENTA
1939	28 09	JRZ PROCESO
193B	DB 11	36 seg: IN A, (PORT B)
193D	CB 7F	BIT 7, A
193F	28 FA	JRZ 36 seg.
1941	F2 OE 19	JP MUX

PROCESO:

1944	21 00 00	LD HL, 0000H
1947	DD 21 00 20	LDIX, 2000H
194B	CD 7F 19	CALL ACUM
194 E	DD 21 80 20	LD IX, 2080H
1952	FD 21 91 21	LD IY, 2191H

1956	CD 8F 19	CALL QUIT
1959	DD 21 91 21	LD IX, 2191H
195D	CD BF 19	CALL COMP
1960	ED 53 02 1A	LD(1A02), DE
1964	22 04 1A	LD (1A04), HL
1966	76	HALT

CONV:

1967	2E 00	LD L, 00H
1969	26 08	LD H, 08H
196B	CB 43	A: BIT O, E
196D	28 06	JRZ C
196F	CB 03	B: RLC E
1971	25	DEC H
1972	20 F7	JRNZ A
1974	C9	RET
1975	2C	C: INCL
1976	18 E7	JR B

CUENTA:

1978	1B	DEC DE
1979	7A	LDA, D
197A	83	OR E
197 B	C9	RET

ACUM:

197C	16 65	LDD, 65H
------	-------	----------

197E	DD 4E 00	D: LDC, (IX)
1981	09	ADD HL, BC
1982	DD 23	INC IX
1984	15	DEC D
1985	20 F7	JRNZ D
1987	C9	RET
QUIT:		
1988	11 2D 01	LD DE, 12 DH
198B	FD 75 00	E: LD(IY), L
198E	FD 74 01	LD (IY + 1), H
1991	FD 23	INC IY
1993	FD 23	INC IY
1995	DD 4E 80	LD C, (IX+80)
1998	06 00	LD B, 00H
199A	B7	OR A
199B	ED 42	SBC HL, BC
199D	DD 4E F5	LD C, (IX+F5)
19A0	09	ADD HL, BC
19A1	DD 23	INC IX
19A3	1B	DEC DE
19A4	7A	LD A, D
19A5	B3	OR E
19A6	20 E1	JRNZ E
19A8	FD 36 00 00	LD (IY), 00H
19AC	FD 36 01 00	LD(IY+1), 00H
19B0	21 01 00	LD HL, 01 H

19B3	FD 21 02 00	LD IY, 02H
19B7	C9	RET
COMP:		
19B8	DD 5E 00	LDE, (IX)
19BB	DD 56 01	LDD, (IX+1)
19BE	DD 4E 02	F: LDC, (IX+2)
19C1	DD 46 03	LD B, (IX+3)
19C4	78	LDA, B
19C5	B1	OR C
19C6	C8	RET Z
19C7	B7	OR A
19C8	78	LD A, B
19C9	92	SUB D
19CA	28 13	JRZ G
19CC	38 1A	JRC H
19CE	59	J: L DE, C
19CF	50	LD D, B
19D0	FD 22 F619	LD (19F6), IY
19D4	2A F6 19	LD HL, (19F6)
19D7	FD23	INC IY
19D9	DD 23	INC IX
19DB	DD 23	INX IX
19DD	18 DF	JR F
19DF	B7	G: OR A
19EO	79	LD A, C
19E1	93	SUB E

19E2	38 04	JRC H
19E4	28 02	JRZ H
19E6	18 E6	JR J
19E8	DD 23	H: INC IX
19EA	DD 23	INC IX
19EC	FD 23	INC IY
19EE	18 CE	JR F
19F6		
19F7		
19FB		
1A00		
1A01		
1A02		
1A03		
1A04		
1A05		

COMENTARIOS

1900 - 190A Con estas 4 primeras instrucciones cargamos en 1A00 y 1A01 la dirección del primer dato a recolectar. A continuación, para un sistema que explora otros grupos de circuitos, se escriben análogamente las direcciones iniciales de los datos de cada grupo. La 5ta. instrucción carga el STACK POINTER con la dirección 19FB.

- 190D - 190F Se escribe la palabra de control en el 8255. A continuación, para la exploración de otros grupos, se deben escribir las palabras para otros dispositivos.
- 1911 - 1913 DE = 401, número de datos a recolectar por cada grupo de circuitos. BC contiene la dirección del 1er. dato.
- 1919 Almacenamos en registros alternativos.
- 191A Contador de 32 exploraciones parciales.
- 191F PORT C.
- 1921 Seleccionamos los dispositivos.
- 1923 PORT A.
- 1925 Guardamos dato en E.
- 1927 Llama a sub-rutina CONV.
- 192A - 192D El número de circuitos ocupados se carga en A, si no se han efectuado todas las exploraciones, regresar al bucle EXP.
- 192F - 1930 BC contiene la dirección donde se almacenará el primer dato.
- 1931 - 1939 Apuntamos a la siguiente dirección. Guardamos la nueva dirección en memoria. Sub-rutina cuenta.
- 193B - 1941 Hasta aquí el programa ha explorado y almacenado los datos de un grupo; para otros grupos basta añadir instrucciones

- similares. 36 SEG lee repetidamente el PORT B hasta detectar el 0 lógico en el bit 7 que indica inicio de la exploración.
- 1944 - 1947 IX contiene la dirección del 1er. sumando.
- 194B Sub-rutina de acumulación.
- 194E IX contiene la posición de direccionamiento.
- 1952 Dirección del BYTE LO del 1er. acumulado.
- 1956 Sub-rutina QUIT de sumas y restas sucesivas.
- 1959 IX contiene la posición del 1er. acumulado.
- 195D Sub-rutina de comparación.
- 1960 - 1964 Cargamos en memoria el mayor acumulado y su etiqueta. A continuación se pueden escribir instrucciones similares para otros circuitos.
- 1967 - 1976 Esta sub-rutina convierte el byte de entrada proveniente de los circuitos de exploración en el número binario que indica el número de circuitos ocupados.
- 1978 - 197B DE contador de 401 exploraciones.
- 197C - 1987 D contador decreciente de 101. Primer sumando en C. Acumulamos en HL los 101 sumandos.

1988 - 198B Contador de 301 acumulados. Cargamos el 1er. acumulado en memoria.

1991 - 19A1 IY apunta a la dirección del siguiente acumulado. Obtenemos el siguiente acumulado.

19A3 - 19A6 Verificar si se han obtenido todos los acumulados.

19A8 - 19B7 Señalar al final del grupo de acumulados. Etiquetas de los primeros acumulados.

19B8 - 19C1 Cargamos los dos primeros acumulados en BC y DE.

19C4 - 19C7 Comprobación de que todos los acumulados han sido comparados. Retorno al programa principal si se han comparado todos los acumulados.

19C9 B - D

19CA Si B = D ir a G

19CC Si B D ir a H

19CE - 19CF Si B D, el mayor acumulado se guarda en DE.

19D4 - 19DB Se conserva la etiqueta del mayor en HL. Se apunta a la siguiente dirección.

19DD Realizar nueva comparación.

Memoria Empleada para Almacenar Datos y Resultados por Grupo de Circuitos

HORA	DIRECCION	D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0	
8:00'00"	2000	d d d d d d d d	1 ^{ER} DATO
8:00'36"	2001	d d d d d d d d	2 ^º DATO
8:01'12"	2002		
	2064	.	101 ^º DATO
	2080	.	129 ^º DATO
		.	
12:00'00"	2190	d d d d d d d d	401 ^º DATO
8:00 A 9:00	2191	a a a a a a a a	BYTE LO
	2192	a a a a a a a a	BYTE HI } 1 ^{ER} ACUMULADO
8:00'36" A 9:00'36"		.	
		.	
11:00 A 12:00	23E9	a a a a a a a a	BYTE LO
	23EA	a a a a a a a a	BYTE HI } 301 ^º ACUMULADO
	23EB	0 0 0 0 0 0 0 0	
	23EC	0 0 0 0 0 0 0 0	FINAL DE ACUMULADOS DEL GRUPO DE ENLACES

1005 posiciones de memoria por grupo de enlaces.

Tiempos de Ejecución

	Exploración	Proceso
1 Grupo de enlaces	8.215 ms.	75 ms
1 Central completa	400 ms	3 s.

Tiempos calculados para el mayor número de iteraciones dentro de las sub-rutinas y un reloj de 1.79 MHZ.

19E1	C - E
19E2	Si C E ir a H
19E4	Si C = E ir a H
19E6	C E, ir a J.
19E8 - 19EC	Se apunta a la siguiente dirección.
19EE	Realizar nueva comparación.
19F6 - 19F7	Usado por el sistema.
19FB	Dirección contenida en el STACK POINTER.
1A00 - 1A01	Contienen la dirección en que se guarda el 1er. dato.
1A02 - 1A03	Contienen el acumulado mayor.
1A04 - 1A05	Contienen la etiqueta del acumulado mayor.

3.2.3.3 Decodificación de Etiquetas

El número de la etiqueta corresponde al instante en que se realiza la exploración, como sigue:

ETIQUETA	HORA DE EXPLORACION
1	8:00'00" - 9:00'00"
2	8:00'36" - 9:00'36"
3	8:01'12" - 9:01'12"
4	8:01'48" - 9:01'48"
5	8:02'24" - 9:02'24"
:	-----

300	10:59'24" - 11:59'24"
301	11:00'00" - 12:00'00"

Para la determinación de la hora activa (correspondiente a la etiqueta del acumulado mayor) se utiliza la tabla siguiente:

ETIQUETAS	HORA
1 a 25	8:15 - 9:15
26 a 50	8:30 - 9:30
51 a 75	8:45 - 9:45
76 a 100	9:00 - 10:00
101 a 125	9:15 a 10:15
126 a 150	9:30 - 10:30
151 a 175	9:45 - 10:45
176 a 200	10:00 - 11:00
201 a 225	10:15 - 11:15
226 a 250	10:30 - 11:30
251 - 275	10:45 - 11:45
276 - 301	11:00 - 12:00

3.3 CONSIDERACIONES TECNICAS

El prototipo diseñado y explicado en 3.2 realiza la exploración y procesamiento de un grupo de enlaces. La modularidad del sistema en el hardware y software, permite la fácil expansión a un sistema completo de medición de todos los puntos necesarios de una central, como se ve en la Fig. 3.13.

El 8255 empleado en el prototipo funcionaría como un IC MASTER; los PORTS B y C de este dispositivo se utilizarían para la selección de exploración parcial y la detección del inicio de una nueva exploración en el sistema completo.

La concepción final del proyecto contempla unidades portátiles de medición que estarían conformadas fundamentalmente por el microcomputador y un medio de almacenamiento.

Para saber el número de unidades necesarias, consideremos las centrales de barras cruzadas modelo 1000 C de la red CPTSA.

Central	Nº Líneas	Nº Puntos de Medición *
Washington 31/32	20,720	20, 421
Monterrico 35/36	20,720	
San Isidro 41	10,360	8,113
Miraflores 47	10,360	
San José 51/52	20,720	
Callao 65	10,360	* Aparecen sólo las
Chorrillos 67	10,360	cantidades más grandes.
Lince 71/72	20,720	
Rimac 81	10,360	
Chosica 91	1,036	

Si se considera que las lecturas se efectúen en

dos semanas, se requiere dos unidades con programas apropiados para 20,421 puntos de medición, y tres unidades para 8,113 puntos.

Las unidades se conectarían a los circuitos de exploración instalados en las centrales. Para ello, los puntos de medición T_0 están concentrados en unos bastidores denominados Intermediate Distributing Frame (IDF), y la distribución de los diferentes grupos de circuitos estaría disponible en documentos o almacenada en algún otro soporte, tal como el disco flexible.

Justamente, en base a esa distribución se conforman adecuadamente las instrucciones de los programas de exploración y procesamiento. Los circuitos de exploración se conectan directamente a los terminales T_0 . Se dispondrá de un pequeño bastidor en que se instalarán las tarjetas de los circuitos de exploración. De acuerdo al diseño, para explorar 765 puntos de medición, se requiere un dispositivo 8255, 48 circuitos 74150 y 6 circuitos 74157. En la tabla 3.1 se muestran los requerimientos conforme al número de puntos de medición.

La conformación del sistema en unidades portátiles y equipo de exploración instalado en la central requiere de una unidad de disco flexible, para mejorar la performance del prototipo. Con ella, es posible almacenar los programas en un medio económico y variar las instrucciones fácilmente de acuerdo a las modificaciones que

se realicen en las centrales. Para las mediciones, estos programas se cargan en la memoria RAM del sistema. Al término del procesamiento, los resultados por grupo de circuitos se cargan en el disco flexible, lo cual nos permite procesar posteriormente los resultados, para fines de diseño y de series históricas, en un microcomputador convencional, debido a la necesidad de obtener cantidades de circuitos a disminuir o aumentar, para lo cual se requiere recurrir a tablas de diseño de centrales electromecánicas y a algoritmos de decisión. Asimismo, es deseable contar con salidas impresas de los resultados. Un esquema del sistema optimizado se muestra en la fig. 3.14.

La utilización de un control centralizado de la red, utilizando una red multipunto, sería una solución óptima, pues bastaría una sola persona para efectuar las mediciones simultáneamente en todas las centrales. Sin embargo, esa opción no se ha considerado en este trabajo porque dentro de los planes a largo plazo de la compañía, se encuentra contemplada la instalación de un sistema de supervisión centralizada para centrales electromecánicas, el cual permitirá realizar gestión de red.

No obstante, la concentración de los puntos de medición y los circuitos de exploración pueden ser utilizados en el futuro proyecto, así como los programas de medición, insertos en un sistema operativo más grande, que compren-

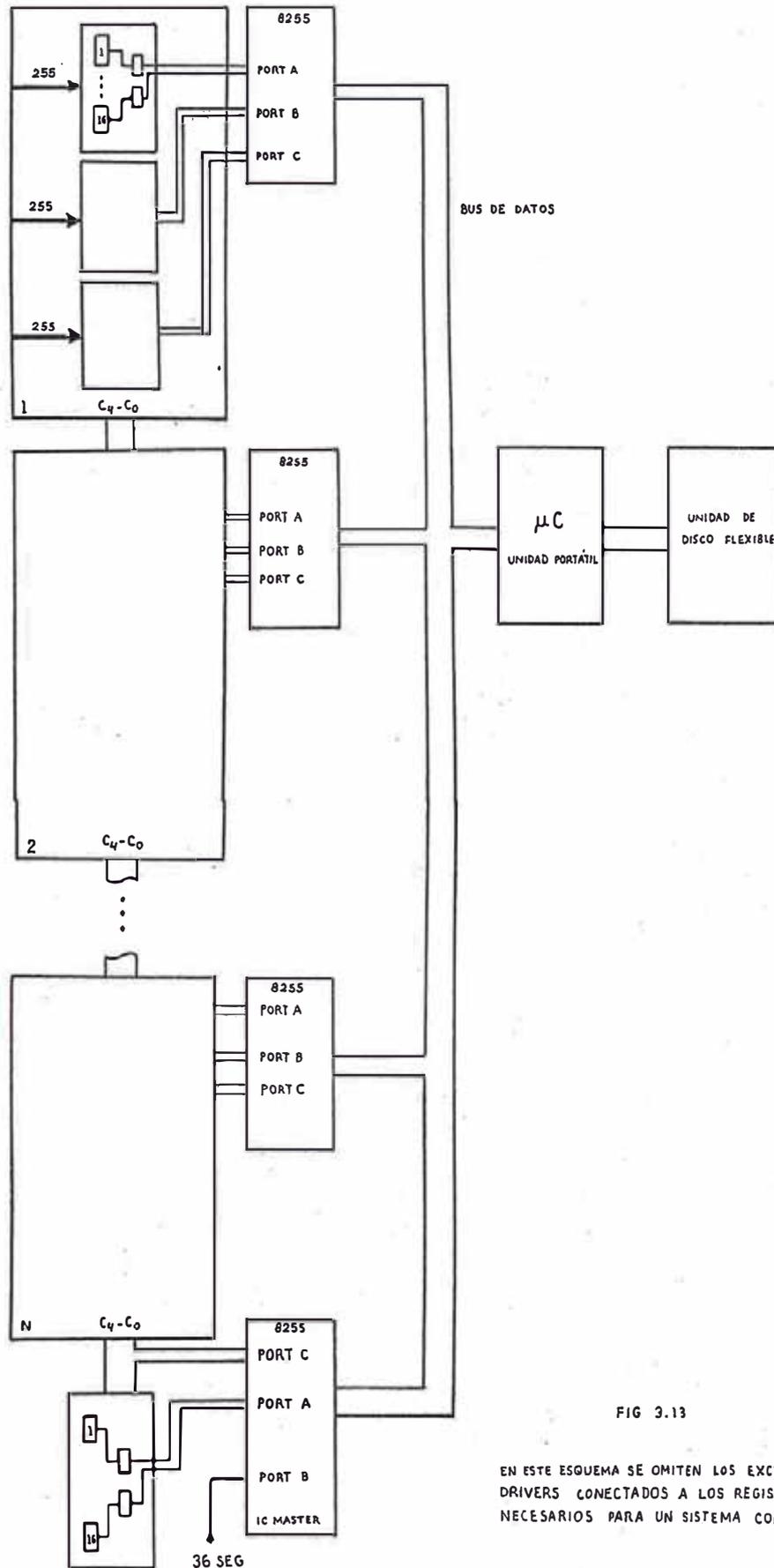
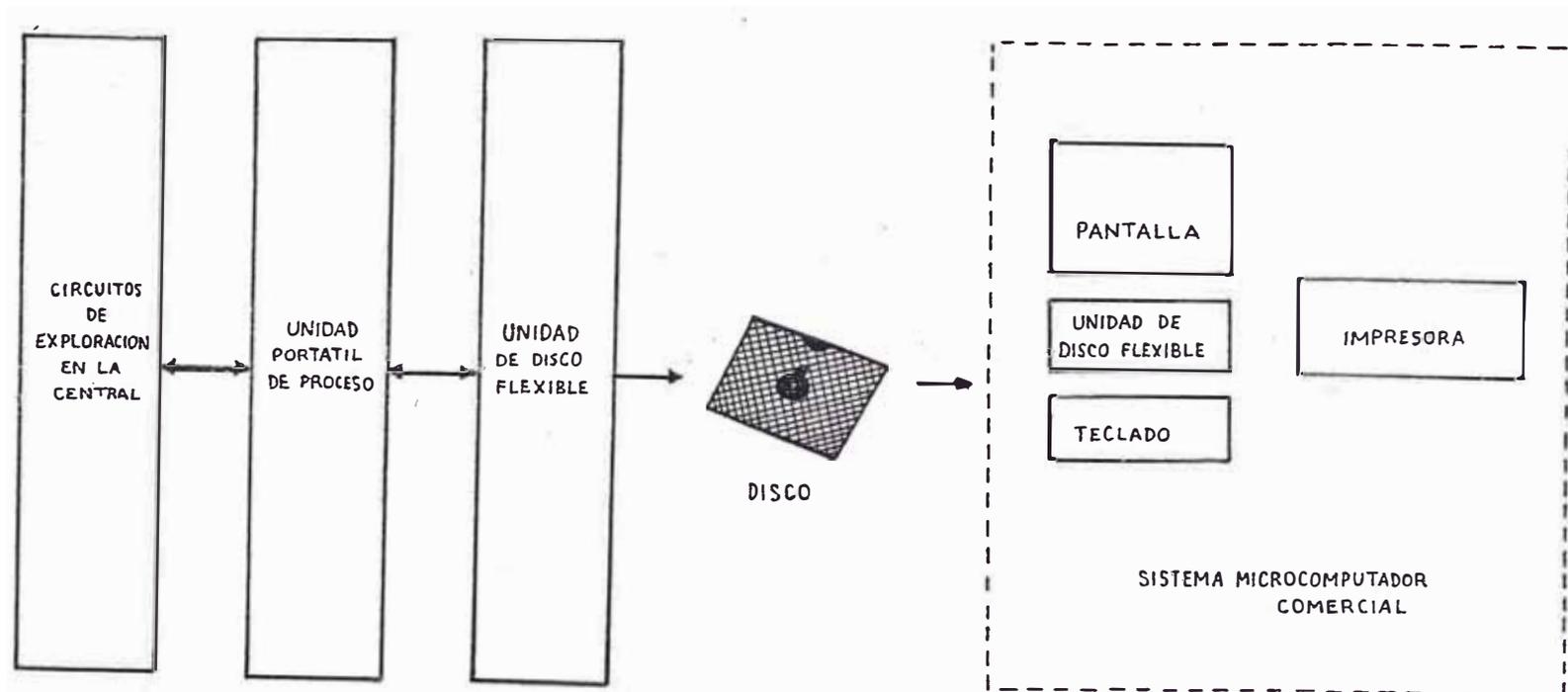


FIG 3.13

EN ESTE ESQUEMA SE OMITEN LOS EXCITADORES O BUS DRIVERS CONECTADOS A LOS REGISTROS PROGRAMABLES, NECESARIOS PARA UN SISTEMA COMPLETO.

FIG 3.14



dería además la ejecución de labores de operación y mantenimiento, reportes de fallas, baja eficiencia y equipos fuera de servicio.

TABLA Nº 3.1 ACentrales de la Red CPTSA con Mayor Número de Circuitos

	20,720 líneas Washington 31/32	10,360 líneas San Isidro 41
Registro local	436	218
Enlaces de salida	2952	1115
Enlaces de entrada	3656	1130
Alimentador local	320	128
Selectores terminales	6160	2800
Relé de corte	1980	900
Marcadores de línea	60	20
Registro MF	96	66
Registro RY	205	12
Emisor MF	195	63
Emisor RY	204	12
Relés de marcaje de línea	40	20
Relés comunes de línea	40	20
Secc. Primarias de línea	220	100
Secc. terminales de línea	280	140
Marcador de grupo	56	22
Relés de marcaje de grupo	130	50
Secc. primarias de grupo	368	142
Secc. secundarias de grupo	584	154
Buscador de registro local	72	34
Buscador de 2 etapas	67	22
Buscador auxiliar	52	16

Acoplador de selección	76	37
Traductor	12	6
Via de haz conectador	44	16
Emisor de identificación	20	6
Selectores más Lin. Entr.	<u>2020</u>	<u>798</u>
Total de circuitos	20,421	8,113

TABLA Nº 3.1bCircuitos de Exploración

1 IC 8255	3 PORTS	765 puntos
	48 IC's 74150	
	6 IC's 74157	
11 IC's 8255	33 PORTS	8415 puntos.
	528 74150	
	66 74157	
27 IC's 8255	81 PORTS	20,655 circuitos
	1296 74150	
	162 74157	

Memoria (para una central)

2 KB Programa monitor.

2 KB De RAM para programas de medición cargados desde disco flexible.

40 KB De RAM para datos y resultados.

CAPITULO IV
EVALUACION ECONOMICA Y CONCLUSIONES

4.1 ASPECTOS ECONOMICOS

En la sección 2.2 se describió la metodología que se emplea para la medición de tráfico en las centrales electromecánicas de la red de Lima. Para efectuar esta labor, se requieren 30 personas, que dedican tres meses a la recolección de datos y el resto del año al procesamiento respectivo. Obviamente, debido a la poca fiabilidad de los datos obtenidos y al retardo en conseguir resultados, la utilidad de estos es pobre.

Los informes que se emiten acerca del tráfico de la red son muy importantes, puesto que constituyen la base para los estudios de planeamiento a mediano y corto plazo, para los proyectos de interconexión e instalación de centrales y para dar sugerencias específicas a la labor de mantenimiento.

La inexactitud de los informes de tráfico ha ocasio-

nado serios problemas en la concepción y ejecución de proyectos.

La instalación del sistema propuesto en la red CPTSA permitirá la obtención de datos confiables y en tiempo real, lo cual facilitará las acciones necesarias para mejorar el servicio. Además, con el sistema instalado, se necesitarán sólo 5 personas para realizar las mediciones, reduciendo los costos de operación.

Como se verá en el análisis posterior, la instalación del sistema es factible, desde el punto de vista económico, según el método del valor actual. Sin embargo, hay un factor adicional de rentabilidad que no se considera y es el hecho de que la exactitud de las mediciones de tráfico permitirá acciones correctivas inmediatas en la red, lo cual permitirá elevar la calidad del servicio ofrecido al abonado. Al permitir un mejor cursamiento de llamadas, aún en un pequeño porcentaje tal como $1\frac{2}{3}\%$, el aumento de los ingresos por cobro de llamadas es significativo.

Para iniciar el análisis económico, cuantificamos los costos de operación actuales (G1). Por concepto de pago de sueldos al personal encargado de las mediciones y proceso posterior obtenemos:

$$12 \times 30 \text{ personas} \times 200 \text{ USD} = 72,000 \text{ USD anuales.}$$

Despreciamos los costos de los formatos de transcripción de datos, viáticos al personal, etc.

A continuación definimos el costo de instalación del sistema (G2):

Unidad Portátil (US D)	Unidades	Total (USD)
75	5	375
Circuitos de exploración		
4,150 (20,720 líneas)	4	16,600
1,700 (10,360 líneas)	6	<u>10,200</u>
		26,800

Total Inversión 27, 175 USD.

El costo de mantenimiento del sistema instalado se estima en 12,500 USD (G3), monto que comprende sueldos al personal (5) y energía eléctrica. Se desprecian costos de sustituciones parciales en el equipo y provisión para depreciación.

Calculamos los costos a valor actual, con una tasa $r = 0.07$ anual y en un período de 20 años de vida útil del equipo.

$$VA1 = G_1 \times \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} \right] = 72,000 \times 10.59 = 762,480 \text{ USD}$$

Costos de operación actuales:

$$V_{a2} = G_2 + G_3 \times 10.59 = 159,550 \text{ USD}$$

Costos de operación del sistema instalado.

Se observa que los costos con el sistema instalado representan el 20.9% de los costos presentes a valor actual. Se observa una diferencia de 602,930 USD, la cual hace factible el proyecto, desde el punto de vista económico.

CONCLUSIONES

Es muy conveniente la ejecución del proyecto, puesto que se mejoran las labores de planeamiento, instalación y mantenimiento en la red CPTSA. Se puede contar con información veraz y en tiempo real del estado de las centrales y se pueden tomar las medidas apropiadas de afinamiento.

El sistema basado en microprocesador provee la flexibilidad necesaria para interactuar con los sistemas de conmutación electromecánicos de la red de Lima, los cuales son modificados anualmente en las interconexiones, de acuerdo a los avances en los planes de expansión. Estas

tareas implican grandes movimientos de grupos de circuitos en cada central, que deben verse reflejados en variaciones del software de medición. La estructura del sistema permite fácilmente las modificaciones necesarias, tanto en los circuitos como en los programas.

Con la instalación del sistema se obtendrá un ahorro considerable en costos de operación, al reducirse el número de personas que ejecutan labores rutinarias y de bajo nivel, permitiendo su desempeño en otras áreas productivas de la empresa.

Con un menor número de empleados se podrán llevar a cabo las mismas tareas y con una confiabilidad varias veces mayor, lo cual repercutirá en acciones mejor encaminadas para la obtención de una mayor calidad de servicio.

Desde el punto de vista de la confiabilidad, la técnica empleada por nuestro sistema para la medición se basa en el principio de permanencia en el estado bajo medición, de acuerdo a lo expuesto en la sección 1.3, la precisión de este método es la mejor cuando el tráfico aumenta. De las curvas presentadas para el error relativo, se deduce que el tiempo de 36 segundos empleado es adecuado para la mayoría de los grupos de circuitos. Sin embargo, si las circunstancias lo requiriesen, la base de tiempo puede ser modificada fácilmente.

BIBLIOGRAFIA

- Recomendaciones de Tráfico Año 1983. Oficina de Tráfico de la Compañía Peruana de Teléfonos S.A.
- Manual de Tráfico. Telebras.
- Manual de la Teoría de Probabilidades y Estadística Matemática. V.S. Koroliuk - Editorial MIR.
- Z - 80 Applications. James W. Coffron. Sybex.
- Programación del Microprocesador Z - 80.
Elizabeth Nichols - Joseph Nichols - Peter Rony. Marcombo.
- Ingeniería Económica. Anthony Tarquin - Leland Blank. Centec.