

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

"TECNICA Y APLICACION DEL MUESTREO  
PARA INVESTIGACION DE CARGA"

IVAN ENRIQUE SOLORZANO AVILEZ



TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERO ELECTRICO, CON LA ESPECIALIZACION EN  
SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA

Quito, Diciembre 1988.

## CERTIFICACION

Certifico que el presente trabajo  
ha sido realizado en su totalidad  
por el Sr. Iván Solórzano Avílez.



Ing. Mentor Poveda  
DIRECTOR DE TESIS.

DEDICATORIA

A MIS PADRES Y HERMANOS

## AGRADECIMIENTO

Al Ing. Mentor Poveda, por su valioso apoyo y acertada dirección durante el desarrollo de esta Tesis.

Al personal de la División de Planificación de la Empresa Eléctrica Quito, por su importante aporte.

A mis padres y hermanos por su comprensión y estímulo en el transcurso de mi vida estudiantil.

A mis compañeros y amigos por su apoyo moral durante el desarrollo y culminación de este trabajo.



## INDICE

	PAG.
INTRODUCCION .....	1
I. INVESTIGACION DE CARGA .....	4
I.1 INTRODUCCION .....	4
I.2 PROPOSITOS DE LA INVESTIGACION DE CARGA .....	5
I.3 EL ANALISIS ESTADISTICO EN ESTUDIOS DE CARGA .....	7
I.4 IDEAS BASICAS DEL MUESTREO .....	9
II. IDEAS BASICAS DEL MUESTREO .....	11
II.1 IMPORTANCIA .....	11
Ventajas .....	12
Limitaciones .....	13
II.2 POBLACION Y UNIDADES DE MUESTRA .....	14
II.2.1 Marco muestral .....	16
II.2.2 Aleatoriedad .....	16
II.3 SELECCION Y TAMAÑO DE MUESTRA .....	17
II.4 METODOS DE MUESTREO .....	21
II.4.1 Muestreo aleatorio .....	21
II.4.2 Muestreo estratificado .....	22
III. APLICACION DEL MUESTREO PARA INVESTIGACION DE CARGA EN LOS ABONADOS RESIDENCIALES .....	25
III.1 INTRODUCCION .....	25
III.2 DEFINICION DE LA POBLACION .....	26
III.3 ANALISIS Y VALIDACION DE DATOS .....	27
III.4 SELECCION DEL TIPO DE MUESTREO .....	29
III.4.1 Descripción del metodo .....	30
III.4.2 Determinación de límites de los estratos .....	35
III.4.3 Selección del número de es- tratos .....	37
III.4.4 Tamaño de muestra .....	40
III.5 CONSIDERACIONES PREVIAS A LA EJECU- CION DEL MUESTREO .....	45

IV.	ABONADOS COMERCIALES E INDUSTRIALES .....	59
IV.1	INTRODUCCION .....	59
IV.2	ABONADOS COMERCIALES .....	59
	División de la Población .....	64
IV.3	ABONADOS INDUSTRIALES .....	67
	División de la Población .....	69
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	74
	REFERENCIAS .....	80
	<u>APENDICES</u>	
Ap. 1.-	Delimitación de la Población .....	82
Ap. 2.-	Diseño de la muestra en Abonados Residenciales .....	87
Ap. 3.-	Cálculo y Comparación de la Des- viación Estandar .....	96
Ap.4.-	Manual de uso del programa para Estratificación .....	103
	Glosario de Símbolos y Términos Estadísticos .....	139

## INTRODUCCION

Debido al crecimiento que la carga ha experimentado durante las últimas décadas, por el continuo avance y desarrollo de nuevas tecnologías, se ha hecho necesaria la expansión de los sistemas encargados de suministrar los requerimientos que dicha carga impone.

Dentro de esta ampliación las empresas eléctricas, en nuestro país, no han considerado las costumbres de los diferentes tipos de usuarios con relación a la forma de utilización de la energía, por no contar con parámetros de diseño que realmente representen esos hábitos, lo cual ha generado un sobredimensionamiento de diversos equipos, especialmente de transformadores de distribución, precisamente por la falta de un conocimiento del comportamiento de la carga a nivel de abonado y grupos de abonados. Entonces un estudio con este objetivo se hace cada vez más imperioso, con el fin de establecer nuevas políticas de diseño y administración de carga.

Una investigación de esta naturaleza indudablemente resultará costosa por el alto número de abonados involucrados en el estudio, disponibilidad de personal, equipo de medición y además por el tiempo utilizado en el estudio; mas, debido a la importancia del mismo, se han venido desarrollando procedimientos estadísticos basados en un muestreo de la población procurando obtener una buena representatividad de los resultados y

lograr de esta forma una considerable reducción en los costos y tiempo de la investigación.

El interés por conocer las características de carga, a nivel de abonado y grupos de abonados, ha hecho que tres instituciones FONAPRE-EPN-EEQSA., mediante un convenio, impulsen el desarrollo de un estudio que determine los requerimientos y alcance de un registro de carga, considerando las limitaciones económicas y prácticas inherentes a este tipo de investigación. De allí se origina el presente trabajo el mismo que realiza un análisis estadístico de los datos disponibles para la Empresa Eléctrica Quito S.A., generalmente valores de consumo de energía mensual por consumidor, para los abonados clasificados como Residenciales, Comerciales e Industriales que no tienen medición de demanda, en la determinación del método de muestreo factible de implementar para encontrar un tamaño de muestra que permita inferir una buena representatividad de la información resultante, procurando que la investigación se mantenga dentro de costos razonables y que el tiempo de duración entre el registro de carga y la obtención de parámetros aplicables no sea muy dilatado, de forma que los resultados sirvan a los propósitos del convenio.

Entonces el procedimiento empleado para la estratificación, desarrollado por T. Dalenius y J. L. Hodges, utilizado con la afijación de Neyman divide la población en grupos de variancia similar, a la vez que minimiza la variancia de la

muestra total. Este método, para su aplicación, requiere que la característica de la población, considerada como base para la estratificación, permita la división de esa población en pequeños rangos o intervalos de dicha característica, con el fin de seleccionar los límites de los estratos en los cuales se decida dividir a la población y que luego sirve para determinar la variancia de la muestra total. Un diseño de muestra con estas características permitirá obtener valores tanto intraestratos como interestratos, los cuales servirán para derivar relaciones por grupos de abonado y por clase de abonado.

Para facilitar el análisis de la población, que contempla diseños de muestra con diferentes alternativas tanto de número de estratos como de tamaño de muestra, se ha desarrollado un programa para obtener los resultados en forma rápida y confiable.

Los datos aplicados en este trabajo se basan en la "Distribución de la facturación por bloques de consumo", proporcionados por la Empresa Eléctrica "Quito S. A.", los mismos que permitirán determinar la mejor alternativa de estratificación y de número de registradores necesarios para llevar adelante el planeamiento de la muestra, que se adoptan a modo de ejemplo de aplicación de los procedimientos, que no por esto pierden generalidad en cuanto a emplearlos para otras empresas eléctricas.

## CAPITULO I

### INVESTIGACION DE CARGA

#### I.1 INTRODUCCION

Ya que el propósito de la existencia de un Sistema Eléctrico de Distribución radica, en suministrar, los requerimientos de la utilización de diversos equipos, por parte de los usuarios, los estudios de carga deben ser hechos con la finalidad de una mejor planificación, organización y diseño de los sistemas, de los cuales se sirven los diferentes usuarios para satisfacer sus necesidades.

Por ello es imprescindible llegar a un conocimiento de los requerimientos de la carga, para establecer, relaciones o parámetros que permitan una efectiva administración de carga en diversos elementos del sistema, a fin de lograr, significativos ahorros por cambio o redistribución de carga en los mismos.

La forma como se lleve adelante la investigación está impuesta básicamente por el propósito y alcance que el estudio vaya a tener, así como también, de los costos y tiempo que involucre el mismo.

## I.2 PROPOSITOS DE LA INVESTIGACION DE CARGA

Es de vital importancia establecer un proceso tendiente a definir una metodología aplicable a la investigación de carga, puesto que de dicho procedimiento se obtendrá información acerca del comportamiento y de los hábitos de consumo, por parte de los abonados, y se derivarán relaciones que luego podrán ser utilizadas para diferentes propósitos tales como: diseño y planificación de Sistemas de Distribución, predicción de carga, relación del consumo de energía con la máxima demanda y su factor de coincidencia, parámetros que servirán, juntamente con los factores de pérdidas y la caída de voltaje, para una efectiva administración de carga en transformadores(8.10.13.11), equipo cuya utilización óptima representa un adecuado control de inversiones y pérdidas, es decir reducción de costos.

Entonces en el presente estudio tendrán que ser obtenidas características de carga como consumos de energía, máxima demanda, factores de carga y coincidencia, curvas de carga, tanto individual como por tipo de abonado, con la finalidad de conocer su incidencia en el sistema y aplicarlas de la mejor manera en la administración de carga. Para ello el proceso a delinearse debe contar primeramente con la información pertinente de la población a ser registrada y analizar dichos datos para auscultar el grado de variabilidad de la misma, con respecto a la característica bajo

consideración, y definir el mejor procedimiento de registro de carga, considerando disponibilidades tanto económicas cuanto de personal y tiempo.

Para encontrar esas características se hace necesario, además, contar con un tipo especial de medidor, el mismo que vaya registrando la energía consumida cada cierto intervalo de tiempo (15,30,60 minutos), y almacenarla en algún dispositivo de memoria que permita luego recuperar la información anteriormente indicada. Un registrador de estas características tiene un costo elevado, de allí que, considerando la extensión, el alcance y costos de la investigación, se puede indicar que solo métodos de muestreo son factibles de implementar puesto que permiten un ahorro en tiempo y dinero, y una facilidad en el manejo de la información resultante. (5)

Luego, el planeamiento de las mediciones y determinación de relaciones pondrán al uso inteligente de los personeros de la empresa los parámetros necesarios para la planificación y organización presente y futura del Sistema de Distribución.

Por lo tanto antes de llevar a cabo las mediciones será indispensable preparar un bosquejo del procedimiento que se va a emplear en el planeamiento de la muestra, tomando en cuenta el número de registradores disponibles,

cronograma de trabajo y período de duración del registro de carga, datos a obtenerse y relaciones a derivarse de los datos, con el fin de orientar el registro de una manera ordenada y progresiva. Esta parte del estudio es motivo de otro tema desarrollado dentro del mismo convenio.

### I.3 EL ANALISIS ESTADISTICO EN ESTUDIOS DE CARGA

La aplicación del análisis estadístico en la investigación de carga ha determinado un avance en el desarrollo de estudios para diferentes tipos de servicios eléctricos, de los cuales, hasta el momento no se tiene suficiente información. Estas técnicas de análisis ofrecen un gran potencial en la obtención de diversas características de carga para las diferentes clases de consumidores.

Naturalmente, el conocimiento de muchas técnicas estadísticas permitirá al analista desarrollar un estudio más eficiente, igualmente la experiencia y el buen juicio juegan un papel importantísimo al momento de examinar los datos de que se dispone para realizar el estudio, así como también, de los resultados a obtenerse y derivarse de las mediciones. (6)

Ya que la población en este tipo de estudios es grande, la manera más viable de obtener información es llevar

adelante un sondeo en un determinado número de abonados y en base al registro de ellos tener una idea acerca de la población investigada, manteniendo un cierto nivel de confianza de que la muestra proveerá de resultados representativos. Es en esta parte del procedimiento que la estadística encuentra una gran aplicación pues permite cuantificar la probabilidad de que el promedio de una muestra sea válido, dentro de un intervalo de confianza, respecto al promedio del universo del cual la muestra fue seleccionada. El valor estadístico más utilizado para medir la variación alrededor de un valor promedio es la desviación estandar, índice matemático que indica el grado de dispersión de las observaciones alrededor del valor promedio. Es relativamente simple de calcular y es empleado en la teoría y aplicación de diversas técnicas estadísticas.

Existen métodos estadísticos que permiten estimar un tamaño de muestra que represente a la población mediante un estimativo de las características de variabilidad de la misma y una vez que un diseño ha sido adoptado y la muestra puesta en práctica, otras técnicas pueden proveer los medios necesarios para un análisis de los resultados apropiado, eficiente y económico. Por ello es que algunos métodos han logrado gran aceptación en investigación de carga y están considerados ya como una parte fundamental en este tipo de estudios.

#### I.4 ALCANCE DEL ESTUDIO ESTADISTICO

Dada la importancia del conocimiento de las características de carga en las diferentes clases de consumidores y de la gran ayuda que prestan las técnicas estadísticas de muestreo es que, el presente tema, realiza el análisis y validación de los datos disponibles por tipo de abonado, para determinar la característica que presente la menor variabilidad respecto a los datos que se vayan a obtener y derivar del estudio. Esto permitirá definir un diseño de muestra del cual inferir el comportamiento general de los abonados a muestrearse.

La variable a ser considerada en el diseño de la muestra, en los abonados Residenciales, es el valor del consumo mensual de energía, dato que es conocido para cada una de las unidades de la población y que se lo puede obtener fácilmente de los registros de tarificación que las empresas generan para el cobro de dicho consumo. Sin embargo esta no es la única característica que puede ser usada, ya que dependiendo de los objetivos del estudio, puede existir otra variable que muestre una mayor representatividad y validez de la información obtenida de la muestra y por ende tener confianza en que las relaciones a derivarse representen el comportamiento general de la población, como en el caso de los abonados Comerciales e Industriales.

El análisis de los abonados Residenciales y el diseño de varias muestras, considerando las restricciones en el número de medidores, sirve para determinar si tal o cual estratificación presenta mayor grado de precisión y por ende mayor confianza en los datos a obtenerse. De allí que la realización de varios diseños, cambiando ya sea el número de registradores o el número de estratos, requiere la aplicación de un programa iterativo a fin de que todo el proceso tedioso de cálculo sea realizado en forma rápida y confiable. Dicho programa es un aporte al desarrollo mismo de la tesis.

## CAPITULO II

### IDEAS BASICAS DEL MUESTREO

#### II.1 IMPORTANCIA

Hoy en día se tiene la necesidad de realizar un análisis más real de las condiciones en las que se desarrollan determinados campos, relacionados con la producción, para tratar de adoptar medidas y señalar correctivos que sirvan para optimizar la producción. Por ello, el muestreo resulta ser el método más conveniente para este tipo de estudios, ya que, permite determinar en tiempos reducidos y a costos bajos, datos precisos sobre la población investigada.

El muestreo es un método científico que pone en práctica principios matemáticos y estadísticos que permiten hacer generalizaciones acerca de toda la población o de determinada clasificación, examinando cuidadosamente a unos pocos de ellos, puesto que los costos de implementar un estudio para cada componente de la población es prohibitivo.

En cuanto se refiere a una investigación de carga, muchos estudios han determinado que solamente son aplica-

bles técnicas de muestreo y en esa base han sido adoptados algunos métodos para encontrar un tamaño de muestra óptimo a fin de obtener una buena confiabilidad de los resultados.

## VENTAJAS

Entre las ventajas de una investigación por muestreo se pueden indicar:

- a) Permite economizar dinero al reducir los elevados costos de un censo o una investigación completa.
- b) Simplifica la investigación, puesto que maneja un menor número de elementos.
- c) Es mucho más rápida y permite un buen nivel de confiabilidad respecto a una investigación completa.

Cuando se trabaja con un número pequeño de observaciones es posible realizar verificaciones y controles continuos en todas las etapas de la investigación, mientras que al manejar mucha información se puede incurrir en errores de transcripción o de cálculo.

- d) Es un método flexible para desarrollar la investigación de acuerdo con la clase de datos que se requieren y

el presupuesto disponible. (1)

En el presente caso, para un estudio de las características de carga, el muestreo servirá para mantener dentro de límites prácticos el costo de una investigación que involucra un número relativamente grande de consumidores, como por ejemplo, la clase residencial (clasificación) de una empresa eléctrica, donde los datos de prueba son obtenidos de los registros de bloques de consumo de energía mensual, implementados para efectos de tarifación. Si tenemos que estos datos son bastante similares o caen dentro de un rango razonable de utilización, el muestreo permitirá reducir el volumen de datos a ser obtenidos facilitando el manejo de los resultados del estudio.

#### LIMITACIONES

El muestreo tiene limitaciones especialmente relacionadas con:

- a) Casos en los cuales se requieren datos exactos, con máxima precisión; y
- b) Casos en los que el costo de la investigación por unidad de muestra es muy alto.

En el primer caso es evidente que una muestra no puede

proporcionar una precisión tan alta como la que se lograría con una investigación completa. La precisión del muestreo depende del tamaño de muestra que se utilice.

En el segundo caso, las situaciones podrían variar según las condiciones de las que se partan para el estudio y la naturaleza misma de los elementos a ser investigados. Así por ejemplo, cuando se tienen universos pequeños, no se pueden utilizar tamaños proporcionales al universo sino tamaños relativamente grandes que podrían determinar costos muy elevados.

Por otro lado, si tenemos que la variabilidad, entre los elementos a ser investigados, es muy grande, se requerirá un tamaño de muestra lo suficientemente grande para poder obtener una buena representatividad. De otra forma habrá que realizar estratificaciones para tratar de conformar conjuntos más homogéneos que permitan la utilización de tamaños de muestra más pequeños. (1)

## 1.2 POBLACION Y UNIDADES DE MUESTRA

Antes de iniciar una investigación, lo primero que se debe hacer es definir el universo o población que va a ser objeto del análisis. Este universo puede estar constituido por un área geográfica, un país, una determinada región, los abonados de una empresa eléctrica, etc.

Además deberá tomarse en consideración el sector de estudio en el cual se llevará adelante el muestreo; así por ejemplo, en una investigación de carga, los sectores de estudio pueden ser zonas de servicio (urbana, rural) o por áreas específicas como barrios, ciudadelas, manzanas, etc.

La definición clara de la población y su conformación precisa, posibilitará la obtención de la información requerida para determinar la representatividad o no de los resultados del estudio. Las unidades de muestra son los elementos básicos para la selección de la muestra, pues constituyen las unidades que van a servir como elementos finales de selección.

Estas unidades tienen que ser cuidadosamente escogidas para asegurar la validez de los datos derivados de las pruebas. También la definición de la unidad de la población depende mucho del propósito del estudio. Una vez que la unidad elemental de la población ha sido especificada, esta controlará todas las decisiones subsecuentes acerca del diseño de la muestra<sup>(3)</sup>. Por ejemplo, supongamos que la población es la clase residencial de una compañía eléctrica y que se toma como unidad de esta población un abonado tarifado bajo determinado rol, entonces todos los abonados correspondientes a esa clasificación conformarán el universo del cual la muestra será seleccionada.

### II.2.1 MARCO MUESTRAL

El marco muestral es la lista de todas las unidades de muestra que constituyen el universo. Consiste también de las descripciones acerca del material que debe utilizarse para establecer las unidades de la población y para seleccionar las unidades de muestra. En definitiva, el marco muestral puede constituir una lista de unidades, un archivo de tarjetas, listados de consumidores y, en general, cualquier artificio mediante el cual las unidades de muestra se identifican en forma clara y precisa. (1)

Un ejemplo lo podría proporcionar un archivo de los consumos mensuales de energía de los abonados comerciales de una determinada empresa y la unidad de la población representa cada uno de los registros de este archivo; este marco sirve para seleccionar una muestra de abonados comerciales en base a su consumo de energía.

### II.2.2 ALEATORIEDAD

Tras la teoría del muestreo estadístico está la premisa de que una muestra de un universo es una muestra aleatoria. Una muestra aleatoria es una muestra compuesta de unidades, cada una de las cuales, tiene una igual oportunidad que las demás del universo de aparecer en la

muestra<sup>(4)</sup>. Cuando este principio es ignorado, la validez de los resultados es seriamente afectada.

Es muy usual utilizar tablas de números aleatorios para la selección de los elementos de muestra; estos números pueden ser generados en base a programas digitales con rapidez y presentan mayor facilidad en el manejo y designación de las unidades de muestra.

### II.3 SELECCION Y TAMAÑO DE MUESTRA

Una vez definidas la población a investigarse y la unidad o característica de la población para la obtención del marco muestral, se procede, después de comparar las disponibilidades, limitaciones y recursos, a seleccionar la muestra. Un procedimiento práctico de selección aleatoria es precisamente el uso de tablas de números aleatorios; pero una forma más fácil es aquella que depende del número total  $N$  de unidades en el universo y el número de unidades  $n$  en prueba. Este procedimiento supone que  $N$  es expresable como el producto de dos enteros  $K$  y  $n$  de manera que  $N=Kn$ , entonces se toma un número aleatorio menor o igual a  $K$ , digamos  $i$ , y de allí en adelante se selecciona la unidad con el número de serie correspondiente a  $i$ ,  $i+K$ ,  $i+2K, \dots, i+(n-1)K$ , logrando de esta manera conformar la muestra de  $n$  unidades. Esta forma de selección se basa en la suposición de que la lista de unidades es un marco

muestral aleatorio.

En el caso de un registro de carga, la selección de las unidades de muestra se la puede realizar en base a los listados de abonados, para cada tipo de abonado, los mismos que presuponen, de por sí, ser un marco muestral aleatorio con relación al consumo de energía, variable más utilizada en estos casos. Por lo tanto la forma de selección será a intervalos regulares, dependiendo este intervalo del número de consumidores total y del número de registradores disponibles para las mediciones; además, este tipo de selección ofrece ventajas al organizar el control sobre el trabajo de campo.

Ahora el problema es justamente determinar esas  $n$  unidades de muestra, las mismas que deben ser precisas en su selección y en número suficiente para realizar generalizaciones al total. Como es de suponer, el hecho de generalizar resultados de un pequeño grupo como característicos de la población total, implica una falta de confianza en que esos resultados sean realmente representativos.

En realidad existe diferencia entre valorar una muestra y valorar un todo, esta diferencia es conocida como "error de muestreo". Es importante entender que el error de muestreo es un fenómeno distinto al error que se puede producir por mal funcionamiento de los equipos de medi-

ción, malas observaciones, fallas en la transcripción de valores o por cálculos aritméticos mal realizados. Este error estadístico es un parámetro planeado y controlado, que puede indicarnos el grado de precisión o confiabilidad de los resultados obtenidos del muestreo<sup>(5)</sup>. En otras palabras, señalará, si es que dichos datos, son realmente representativos o no de la población, con lo cual se podrá decidir si es factible continuar con el estudio, o si por el contrario, amerita cambiar el diseño de la muestra.

Es importante también anotar, que uno de los factores que afectan al error de muestreo es el tamaño de muestra; para que una investigación tenga menor error, es indispensable aumentar su tamaño sin llegar, desde luego, al extremo de que un incremento del tamaño no exprese una significativa disminución del error de muestreo.

Existen procedimientos estadísticos que permiten estimar el tamaño de muestra requerido para, con un determinado grado de precisión, evaluar ciertos índices estadísticos los mismos que servirán como indicativos de que el tamaño de muestra seleccionado servirá para el estudio. Estos procedimientos dependen de algún conocimiento previo o de un estimativo de las características estadísticas de los datos con los que se cuentan para el estudio. Así, una gran variabilidad de los datos determinará la necesidad de un tamaño de muestra grande para una mejor precisión; en

cambio una buena estabilidad de ellos puede requerir un tamaño de muestra menor. (B)

Para determinar el tamaño óptimo de muestra, hay que tomar en consideración algunos aspectos como:

- La técnica estadística, mediante fórmulas especiales que determina el tamaño óptimo de muestra.

- Las posibilidades económicas, financieras y de personal con que se cuenta para llevar a cabo la investigación. Muchas veces, a pesar de requerirse un tamaño mayor de muestra, es difícil mantenerlo en armonía con las técnicas estadísticas, por carecer de recursos económicos y humanos.

- La clase de resultados que se esperan obtener a través de un estudio por muestreo. Es decir, conocer porcentajes o valores relativos del comportamiento de una variable con relación a otra, los cuales servirán para generalizar a todo el universo.

En términos generales puede decirse que el tamaño de muestra depende de:

- Exactitud
- Resultados a obtenerse
- Costo de la investigación.

## II.4 METODOS DE MUESTREO

Para la selección de un determinado método de muestreo, deben tomarse en cuenta, las consideraciones prácticas y la facilidad de implementación del método, acomodarse a las condiciones administrativas locales y asegurar que se va a hacer el uso más efectivo de los recursos disponibles para el que muestrea, manteniendo dentro de costos razonables el estudio.

Varias situaciones de registro de carga son resueltas por diferentes tipos de métodos, cada uno de los cuales tiene su particular ventaja. El método seleccionado además dependerá del propósito del estudio y de los resultados a obtenerse. Estudios ya realizados por diferentes empresas eléctricas, en los Estados Unidos, y reportados en publicaciones técnicas, indican que dos métodos son los más aptos para este tipo de estudios: El muestreo aleatorio y el aleatorio estratificado. (4.6.10)

### II.4.1 MUESTREO ALEATORIO

Es el más sencillo de los métodos de muestreo que proporciona estimaciones de las características de la población y una medida de la confianza de las estimaciones hechas. En este método se asigna una probabilidad igual de selección a cada unidad de la población en la

primera selección, y además, implica una propiedad de que las demás unidades tienen el mismo chance de ser seleccionada en las selecciones subsecuentes. Entonces la probabilidad de que una unidad sea seleccionada en la  $r$ -ésima selección, puede demostrarse que es  $1/N$ , que es la probabilidad de seleccionar la unidad en la primera selección.

Este método es utilizado, para registro de carga, cuando un número suficientemente grande de consumidores en prueba está disponible, de manera que los valores cuantitativos de las características de carga de la población son derivadas de los valores promedios de la muestra, una vez verificada la representatividad de la misma.

#### II.4.2 MUESTREO ESTRATIFICADO

Es el método más comunmente utilizado en investigación de carga. El proceso es idéntico al muestreo aleatorio, excepto que aquí la población es partida o dividida en subgrupos o estratos, y entonces muestras aleatorias de alguna proporción predeterminada son seleccionadas para cada estrato. (5)

Se ha indicado ya que la precisión de una estimada del muestreo depende del tamaño de la muestra y de la

variabilidad o heterogeneidad de la población. Aparte del tamaño de la muestra, por lo tanto, la única manera de aumentar la precisión de una estimada, es diseñar procedimientos que efectivamente reduzcan la variabilidad. Uno de ellos, es el muestreo aleatorio estratificado, además, este método garantiza cualquier representación en la muestra de todos los estratos de la población.

El muestreo estratificado sirve también para otros propósitos prácticos, ya que, la selección de las unidades de muestra, la localización y enumeración de las unidades escogidas y la distribución y supervisión del trabajo se simplifican bastante.

Entre las ventajas de un plan de estratificación tenemos:

- Representaciones proporcionales de cada estrato, con ello se reduce la probabilidad de seleccionar un número desproporcionadamente grande, o pequeño, de muestras.
- Los costos del estudio serán reducidos, pues se tienen tamaños de muestra más pequeños y que generalmente proveen la misma confiabilidad que un muestreo puramente aleatorio.

- Cada estrato puede ser tratado como un universo separado y sus valores estadísticos independientemente estudiados si se requiere de ello.

Los abonados de una empresa eléctrica generalmente representan una población, además de heterogénea, muy grande en número, lo cual hace de este método el más apto para implementarse en el registro de carga; además de que el diseño y planeamiento de la muestra estratificada permitirá determinar relaciones tanto por estrato como interestrato logrando de esta manera obtener parámetros por grupo de abonados y por clase de abonado, propósito de la investigación.



### CAPITULO III

## APLICACION DEL MUESTREO PARA INVESTIGACION DE CARGA EN LOS ABONADOS RESIDENCIALES

### III.1 INTRODUCCION

Un estudio de las características de carga para diversos tipos de abonados, en especial en los residenciales involucra un número grande de consumidores. Ello presupone realizar un sondeo en unos pocos consumidores para realizar generalizaciones acerca de toda la población. Pero, además, dichos universos presentan mucha variabilidad de sus unidades respecto a la utilización de la energía, por lo cual se hace indispensable emplear algún método para tratar de homogenizar dichos universos, procurando de esta forma reducir el tamaño de muestra, tal que los resultados obtenidos del estudio sean estadísticamente estables.

El método que permite reducir esta variabilidad es el de muestreo estratificado, el cual presenta también otras ventajas, y que por esta particularidad será aplicado en el presente estudio para la determinación del número de registradores necesarios para las mediciones respectivas.

El diseño de una muestra en una investigación de carga deberá primeramente presentar un análisis y definición de la variable o característica en base a la cual se estratifique a la población a investigarse, así como también, de una validación de los datos disponibles para la implementación del método. Esto permitirá luego la utilización de procedimientos estadísticos para determinar el tamaño de muestra necesario que permita obtener una buena representatividad de la población en estudio.

Este análisis puede resumirse en los siguientes puntos:

- Tipo de consumidor a ser investigado.
- Porción del total en consideración.
- Grado de variabilidad respecto a la característica a ser registrada.
- Número de muestras necesarias para obtener resultados estadísticamente estables.

### III.2 DEFINICION DE LA POBLACION

Del "Reglamento para la Fijación de Tarifas de los Servicios Eléctricos" se ha tomado la siguiente definición para los abonados residenciales:

"Son los servicios destinados exclusivamente a usos domésticos en las habitaciones y anexos que normalmente constituyen la residencia de una unidad familiar. Se cla-

sificará también en esta categoría a los abonados de pequeños consumos y bajos recursos económicos que tengan integrada a su vivienda una pequeña actividad de comercio o pequeños talleres de artesanía."

Puesto que el estudio en sí pretende determinar parámetros de demanda, para cada tipo de usuario, tales como factor de carga, factor de coincidencia; es necesario considerar la hora de ocurrencia del pico máximo, y su curva de carga en la verificación de que dicho consumidor sea catalogado como residencial. Esta consideración se la hará luego del análisis y verificación de la muestra y basada en experiencias propias o en conocimientos previos del comportamiento de este tipo de abonados, que en diferentes referencias se presentan, puesto que no existen más elementos de juicio en los cuales regirse.

Los datos disponibles de estos abonados son los que determinarán el tipo de muestreo y la porción de la población, con los cuales llevar adelante el estudio.

### II.3 ANALISIS Y VALIDACION DE DATOS

Ya se ha indicado la necesidad que existe de investigar las características de carga para diferentes tipos de consumidores y en especial de los residenciales de los cuales es poca o casi ninguna la información que en la

actualidad se tiene.

En función de obtener los datos básicos en estos abonados las referencias indican un análisis de la población en base a los consumos ya sean mensuales, bimensuales, estacionales o anuales de energía registrados por las empresas. (10.4.8.11)

Los datos recabados y que servirán para el propósito del estudio fueron proporcionados por la División de Planificación y el Centro de Cómputo de la Empresa Eléctrica "QUITO S.A.", en base a los datos de consumo mensual de los abonados tarifados como residenciales; de los cuales, luego de un procesamiento, se logró determinar una distribución por bloques de consumo mensual similar a la generada en la E.E.Q.S.A. Dichos valores se encuentran tabulados en el Cuadro Nº 1.

Se nota que esta distribución presenta un amplio rango de consumos, lo cual implica una alta variabilidad de la población en cuanto se refiere al consumo de energía, lo cual a su vez hace pensar en la existencia de una gran diversidad en la forma de utilización de la energía por parte de los consumidores.

Esta variabilidad existente determinará que el tamaño de muestra necesario para obtener resultados con-

fiables sea muy grande; entonces, se hace imprescindible reducir esta variabilidad, considerando que esta es una de las formas de acortar el tamaño de muestra, puesto que, una de las limitaciones existentes para esta investigación es el número de registradores disponibles, debido a que el costo por instrumento de medición específico para este tipo de estudios está sobre los U.S.\$1000(10); esto también será determinante en la selección del tipo de muestreo para mantener dentro de costos razonables el planeamiento y la ejecución del muestreo.

#### III.4 SELECCION DEL TIPO DE MUESTREO.

Si una población es heterogénea con respecto a una característica Y, una ganancia en precisión de la estimada de la población total y de la media por unidad de la población para esa característica Y puede ser lograda utilizando muestreo aleatorio estratificado si es posible dividir la población en estratos dentro de los cuales las unidades son más homogéneas con respecto a Y.(3)

En diversos tipos de estudio de carga la característica principal bajo estudio es la demanda en kW en las horas del pico máximo de la clase, mas como estos valores son generalmente desconocidos para este tipo de abonados, no pueden ser tomados en cuenta como base para la estratificación. Puesto que la variable utilizada para la es-

tratificación debe ser tal que su valor sea conocido para cada unidad de la población, se puede hacer uso de una variable auxiliar que tenga una alta correlación con la demanda, para que sirva como base en la estratificación. Esta variable obviamente será el consumo medio mensual de energía, el mismo que es registrado para fines tarifarios, información a la cual se puede acceder fácilmente en los pliegos tarifarios.

Tomando en cuenta el costo por registrador y la alta variabilidad de la población, se hace necesario dividirla en grupos, los mismos que deberían ser relativamente homogéneos respecto del consumo de energía, de manera que un menor tamaño de muestra permita confiar en que los resultados obtenidos del registro de carga sirvan a los propósitos del estudio.

Entonces en los abonados residenciales es factible implementar el muestreo estratificado el mismo que posibilita un mejor planeamiento de las mediciones, facilidad en el manejo de la información y su procesamiento y, una reducción en costos y tiempo de la investigación.

#### III.4.1 DESCRIPCION DEL METODO

El proceso de estratificación consiste en dividir una población de tamaño  $N$  en subpoblaciones mutuamente

excluyentes de tamaño conocido  $N_h$  tal que

$$N = \sum_{h=1}^L N_h = N_1 + N_2 + \dots + N_L \quad (F:1)$$

donde  $h$  es un índice para identificar el estrato  $h$ -ésimo y  $L$  es el número total de estratos en que se ha dividido la población. Si muestras aleatorias simples independientes son tomados en cada uno de los estratos, el proceso total es conocido como muestreo aleatorio estratificado.

Si deseamos estimar la media por unidad para una característica  $Y$  de una población la cual ha sido dividida en  $L$  estratos y si una muestra aleatoria simple de  $n_h$  unidades fue tomada del  $h$ -ésimo estrato y  $Y_{hi}$  fue el valor de esta característica para la  $i$ -ésima unidad en esta muestra, la media por unidad de la muestra para el  $h$ -ésimo estrato sería:

$$\bar{y}_h = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} Y_{hi}}{n_h} \quad (F:2)$$

Entonces una estimación de la media por unidad de la población estaría dado por:

$$\bar{Y}_{st} = \sum_{h=1}^L W_h \bar{y}_h \quad (F:3)$$

donde  $W_h = N_h/N$  es llamado el peso del estrato.

La variancia de la estimada insesgada  $\bar{Y}_{st}$  es:

$$V(\bar{Y}_{st}) = \sum_{h=1}^L W_h^2 (1-f_h) \sigma_h^2 / n_h \quad (F:4)$$

La expresión  $(1-f_h)$  es a menudo definida como la corrección de la población finita para el estrato  $h$ , donde  $f_h = n_h/N_h$  y  $\sigma_h^2$  es la verdadera variancia de  $Y$  en el  $h$ -ésimo estrato y está dada por:

$$\sigma_h^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N_h} (Y_{hi} - \bar{Y}_h)^2}{N_h - 1} \quad (F:5)$$

donde  $\bar{Y}_h$  es la verdadera media de  $Y$  en el estrato  $h$  y está dado por

$$\bar{Y}_h = \frac{\sum_{i=1}^{N_h} Y_{hi}}{N_h} \quad (F:6)$$

Ya que  $\sigma_h^2$  es a menudo desconocida, una estimación aproximada de este valor ( $s_h^2$ ) puede ser obtenida de la muestra y está dada por

$$s_h^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} (Y_{hi} - \bar{y}_h)^2}{n_h - 1} \quad (F:7)$$

De la expresión anterior, para la variancia de  $\bar{Y}_{st}$ , se revela que ésta variancia es dependiente no solamente del método usado para fijar las unidades de muestra en el estrato (es decir, la elección de  $n_h$ ), sino también de la construcción de los estratos, a través de los valores de  $W_h$ ,  $N_h$  y  $\sigma_h$ . El minimizar esta variancia involucra dos etapas: primero, la determinación del mejor método de fijación de las unidades de muestra (tamaño), y segundo, asumiendo que esa fijación será utilizada, la determinación de la mejor división de la población en estratos.

Para una división dada de la población, en estratos, la variancia de  $\bar{y}_{st}$  es minimizada para una muestra total fija  $n$ , por determinación de las unidades de muestra acorde con la fórmula

$$n_h = \frac{n W_h \sigma_h}{\sum_{h=1}^L W_h \sigma_h} \quad (F:8)$$

Esta fijación es usualmente llamada afijación de Neyman.

Reemplazando F:8 en F:4 se minimiza la variancia de  $\bar{Y}_{st}$  para una estratificación dada y un tamaño fijo de muestra  $n$ , así,

$$V_{\min}(\bar{Y}_{st}) = \frac{(\sum W_h \sigma_h)^2}{n} - \frac{\sum W_h \sigma_h^2}{N} \quad (F:9)$$

Si se desea conocer el número de muestras necesario para producir una mínima variancia especificada, se resuelve la fórmula anterior así:

$$n = \frac{(\sum W_h \sigma_h)^2}{V + (1/N)(\sum W_h \sigma_h^2)} \quad (F:10)$$

La variancia puede ser expresada en términos del coeficiente de variación. Dicho coeficiente es la relación del error estandar de una estimada al verdadero valor de la población a ser estimada. Así, si un coeficiente de variación del 1% es deseado para una estimada de  $\bar{Y}$ , la variancia de la población estará dada por

$$V = (0.01\bar{Y})^2 \quad (F:11)$$

### III.4.2 DETERMINACION DE LIMITES DE LOS ESTRATOS

Resulta obvio que las fórmulas anteriormente indicadas son dependientes de los puntos de división de la población en estratos. Luego de varias investigaciones se ha llegado a determinar que el método más conveniente a usar con la afijación de Neyman es la regla del acumulado de la raíz de  $u_f$ , desarrollada por T. Dalenius y J.L. Hodges. (3.10)

En dicho procedimiento la población es dividida en pequeños intervalos de  $Y$  (o  $X$ ). Con esta regla se selecciona la división de los estratos de modo que resulten intervalos iguales en la escala del acumulado de la raíz de  $u_f$ . Cuando se utiliza este proceso con la afijación de Neyman, se tiende a que el tamaño de muestra en todos los estratos sea aproximadamente igual. (3)

Para poder llevar adelante el método, en primer lugar, se deben definir los consumos mínimo y máximo representativos de la población residencial.

Del análisis presentado en el Apéndice N° 1 se concluye que la población a ser considerada en el diseño de la muestra comprende consumos desde 31 kWh/mes hasta 1500 kWh/mes descartando, por un lado, los registros menores que 31 kWh/mes por no ser representativos

y los consumos mayores que 1500 kWh/mes por el otro, ya que dichos consumidores por su número reducido y sus consumos altos, al ser considerados en el diseño, generan mucha desviación estandar lo cual involucra una mayor dispersión y por ende un mayor tamaño de muestra para mantener una buena representatividad de los resultados.

En el Cuadro Nº 3 de dicho apéndice se puede observar la representación de los bloques e intervalos de consumo, consumidores y energía consumida por bloque, en que se ha dividido la población a fin de aplicar la regla de Dalenius y Hodges. Precisamente para aplicarla se genera una tabla de valores como la expuesta en el Cuadro Nº 1 del Apéndice Nº 2, en el cual se han tabulado los valores de frecuencia  $f$ , que viene a ser el número de abonados cuyo consumo mensual está comprendido entre los rangos inferior y superior del bloque, y de  $u$ , que representa la relación de la longitud de cada intervalo sucesivo respecto a la longitud del primer intervalo.

La raíz del producto de  $f$  y  $u$  se va acumulando para la totalidad de los bloques y el valor del acumulado para el último bloque será el referencial para determinar los límites de los estratos, dividiendo dicho valor para el número de estratos a considerarse. El

resultado de esta operación se compara con los valores del acumulado de la raíz de  $uf$  y la menor diferencia encontrada determinará el bloque para asignar el límite superior del primer estrato. En cuanto al límite inferior éste será el correspondiente al del bloque 1, configurando de esta forma los límites inferior y superior de ese estrato. Una explicación más detallada de la asignación de límites para los diferentes estratos se la encuentra en el Apéndice N<sup>o</sup> 2. Así por ejemplo, si se quiere dividir a la población en 8 estratos, aplicando la regla, se obtienen los valores indicados en el Cuadro N<sup>o</sup> 2.

En base a estos valores se procede a diseñar la muestra para determinar el tamaño de muestra por estrato y el coeficiente de variación de la misma.

#### III.4.3 SELECCION DEL NUMERO DE ESTRATOS

Se podría ir dividiendo a la población de tal manera que cada unidad de la población sería un estrato. Esta reversión del muestreo de la población total indica en forma clara que existirá un punto más allá del cual las ganancias en precisión que se obtendrían son prácticamente despreciables<sup>(3)</sup>. Es más se puede llegar en un momento determinado a perder algún tipo de información, en especial relaciones entre grupos, puesto que

el tamaño de muestra por estrato disminuye conforme vamos aumentando el número de estratos, cuando se mantiene fijo el número de muestras, y podría ocurrir que la muestra tomada para un determinado estrato no sea representativa, generando de esta manera una pérdida de tiempo y recursos en el estudio.

También para seleccionar un determinado número de estratos hay que tomar en cuenta otros factores que incidirán en el planeamiento del muestreo, como son: Disposición de recursos tanto de personal, para la instalación y remoción de los instrumentos registradores, cuanto económicos por costo del equipo, pago de personal, período de tiempo en el cual se llevarán a cabo las mediciones, para de esta forma contar con una adecuada organización de las actividades a desarrollarse.

Una manera de fijar cuantos estratos son convenientes es realizar diferentes diseños de muestra, variando el número de estratos, y relacionarla con el grado de precisión de la muestra, para de allí inferir cual de las estratificaciones diseñadas es posible implementar, considerando además los factores anteriormente anotados. Entonces, diseños para 3 diferentes tamaños de muestra 25, 50 y 75, en los cuales se varía el número de estratos, permiten establecer una relación entre el coeficiente de variación y el número de estratos, la

misma que dá una idea para adoptar una determinada división, observando la precisión de dichas muestras. El Cuadro Nº 3 muestra estos valores, y su representación en el Gráfico Nº 1 permiten observar muy poca diferencia en ganancia de precisión para divisiones mayores que 6 estratos con cada tamaño de muestra prefijado.

En dichas curvas se observa además que los valores del coeficiente de variación, para divisiones menores a 6 estratos, aumentan apreciablemente, lo cual es un indicativo de la pérdida de precisión en el muestreo y los resultados a obtenerse del mismo pueden no ser representativos.

Analizando los diseños para siete, ocho y nueve estratos, se nota que la ganancia en precisión es mínima y que el tamaño de muestra por estrato se reduce, lo cual puede dar lugar a una reversión del muestreo, perdiéndose información y ocupando un mayor tiempo para realizar la toma de mediciones y el procesamiento de la información. Entonces la selección de divisiones máximo en 6 estratos, considerando básicamente los costos, tiempo y representatividad de la muestra, determinará en adelante el análisis de otro factor que es importantísimo en el diseño de una muestra estratificada como es el tamaño de muestra.

#### I.4.4 TAMAÑO DE MUESTRA

Uno de los objetivos al utilizar muestreo estratificado es determinar subgrupos más homogéneos en relación a la característica en estudio, de manera que un ahorro significativo en el número de medidores (tamaño de muestra) pueda ser realizado. De esta forma las estimaciones de la población serán función del aporte global de los estratos a esa característica específica. Además este tipo de muestreo permite un tratamiento independiente a cada subgrupo como un universo, consiguiendo de esta manera un mejor planeamiento de las mediciones, y una reducción en el tiempo del muestreo, puesto que el procesamiento, análisis y verificación del registro de un subgrupo se lo hace paralelo a la toma de mediciones en otro subgrupo. Entonces el planeamiento de la muestra estratificada debe contemplar el registro en cada estrato y luego un registro simultáneo en todos los estratos para determinar relaciones por estrato e interestratos respectivamente.

El problema de la representatividad de un muestreo se puede mirar desde dos direcciones. Primero, el tamaño requerido para proveer un cierto nivel de seguridad y segundo la precisión que puede ser obtenida para un tamaño de muestra predeterminado o "práctico". (7)

Entonces conjugando estos criterios una muestra estratificada presenta dos situaciones a ser consideradas en el diseño y planeamiento del registro.

a. Determinando el promedio total

El objetivo aquí es la determinación más eficiente del uso promedio para todos los consumidores. El muestreo estratificado con este objetivo es utilizado cuando se conoce que existen diferencias sustanciales entre los varios estratos; sirve pues al propósito de reconocer estas diferencias en la contribución al total.

Este problema es resuelto por afijación acorde con el principio de Neyman, el cual toma en cuenta los tamaños de las poblaciones  $N_h$  en la determinación de los propios tamaños de muestra  $n_h$ . Esta afijación es derivada de una técnica en la cual el error estandar de la media de la población es minimizado. (2.7) El procedimiento para el cálculo del tamaño en este caso está delineado en el numeral 4.1 de este capítulo.

Ahora si se considera que no existe restricción sobre el número de medidores, entonces se calcula el tamaño de muestra, tomando un grado de precisión preestablecido, mediante las relaciones F:8 y F:9. Tomando diferentes alternativas de números de estratos y un

coeficiente de variación del 1%, se puede calcular el tamaño de muestra total. La razón de tomar un coeficiente de variación del 1% es que, permite considerar un mayor grado de precisión para estimar el valor medio de la población, e inferir que con el tamaño de muestra así calculado se tendrán resultados representativos para el tipo de abonado en estudio. El Cuadro Nº 4 presenta los valores calculados.

Se nota que el tamaño de muestra decrece grandemente conforme aumentamos el número de estratos, lo cual es obvio puesto que los subgrupos resultantes para 8 estratos serán mucho más homogéneos que para divisiones menores, mas, debido al costo de los instrumentos registradores, existirá restricción en su número. Esto presupone contar con un número determinado de registradores disponibles para el estudio, por lo tanto es necesario realizar un análisis considerando diferentes tamaños de muestra y calculando el grado de precisión que dicho tamaño de muestra genera para divisiones en 5, 6 y 7 estratos. Los diseños realizados permiten establecer una relación entre el coeficiente de variación y el tamaño de muestra, la misma que es presentada en el Gráfico Nº 2 y generada en base a los valores mostrados en el Cuadro Nº 5.

En dicho gráfico se observa que las curvas respec-

tivas, para cada división, presentan poca reducción en el valor del coeficiente de variación para tamaños mayores que 50 muestras, lo cual hace pensar en que este puede ser un tamaño razonable y que algunas referencias lo toman como un tamaño que permite establecer relaciones representativas como para el factor de coincidencia. (4.8)

Entonces se nota que otra forma de disminuir la variabilidad de la muestra es aumentando el tamaño de muestra total en el diseño, pero que por efecto de factores económicos no podrá obtenerse una mayor precisión.

#### b. Determinando el promedio para subgrupos

En este caso cada subgrupo es tratado como un grupo separado. Dado que este estudio presenta la restricción del tamaño de muestra se analizará la precisión que se obtendría en cada estrato para un número de medidores específico de 50 registradores.

El grado de seguridad estimado es calculado por medio de la siguiente fórmula:

$$S\bar{x}_h = K \frac{\sigma_h}{\sqrt{n}} \quad (F:12)$$

donde  $\sigma_h$  es la estimada de la desviación estandar de la población h.

n número de medidores disponibles

K depende del nivel de confianza deseado

Tomando una división de 6 estratos se procede a verificar cual es el grado de precisión, por estrato, que el tamaño de muestra (50) puede proporcionar, considerando un nivel de confianza determinado. En el Cuadro N° 2 del Apéndice N° 3 se observa que para el primer estrato la desviación estandar es 19.9 kWh/mes, con lo cual el error estandar de la media, en el caso de un nivel de confianza del 68%, es

$$S_{\bar{x}_1} = K \frac{\sigma_1}{\sqrt{n}} = 1.0 \frac{19.9}{\sqrt{50}}$$

$$S_{\bar{x}_1} = 2.9 \text{ kWh/mes}$$

Esto quiere decir que con un 68% de certeza la media de la muestra para ese estrato estará entre 65.3 y 71.1 kWh/mes.

Si tomamos un nivel de confianza del 95% se tendrá

$$S_{\bar{x}_1} = 5.5 \text{ kWh/mes}$$

Entonces el intervalo de confianza para el promedio será desde 62.7 hasta 73.7 kWh/mes.

Esto significa que tomando 100 muestras diferentes de  $n=50$ , aproximadamente 95 de ellas tendrán un valor promedio comprendido entre 62.7 y 73.7 kWh/mes.

Para los otros estratos la determinación de este error se lo hace en forma similar y los valores encontrados están tabulados en el Cuadro Nº 6.

La verificación del grado de precisión luego de las mediciones es el punto más importante del análisis estadístico para establecer la utilización o no de los resultados del muestreo, en la determinación de los factores y parámetros de carga.

### III.5 CONSIDERACIONES PREVIAS A LA EJECUCION DEL MUESTREO

Una vez establecida la metodología para implementar el diseño estratificado en base al consumo de energía, es necesario hacer ciertas indicaciones sobre posibles problemas que el diseño y la ejecución de un muestreo pueden presentar.

El principal problema radica en el movimiento de unidades de muestra entre estratos, debido a la falta de

estabilidad de la variable de estratificación. Por ejemplo, alguna(s) unidad(es) de muestra seleccionada(s) en un estrato puede(n) presentar, cuando el registro de las mediciones ha sido concluido, un valor para la característica de estratificación que la(s) coloque en otro estrato. Entonces surge el inconveniente de ubicar a esa(s) unidad(es) en otros estratos, ya que esto implicaría un nuevo cálculo de la variancia de la muestra, por la adición y substracción de unidades en uno u otro estrato. Sin embargo, y como una solución práctica, se asume que el movimiento hacia arriba o abajo de dichas unidades corresponde adecuadamente a los movimientos de la población; pero para evitar esto se debería incrementar el tamaño de muestra a fin de que la exclusión de dicha(s) unidad(es) no vaya a afectar la representatividad de la muestra.

En estudios de esta índole como es el registro de carga, especialmente en abonados residenciales, donde la variabilidad en el uso de la energía es altísima, se deberá procurar mantener a la variable de estratificación lo más constante posible, de manera que dicha variable sea más estable para cada unidad de muestra. En este caso una representatividad o estabilidad en el consumo de energía se logrará al tomar el promedio del consumo mensual de energía para varios meses o todo un año, con lo cual la asignación de las unidades de la población a tal

o cual estrato será más objetiva que si se tomara solamente el consumo de un mes para hacer dicha asignación.

También se presentarán problemas como la imposibilidad de obtener mediciones en determinada(s) unidad(es) de muestra, ya sea por daño del instrumento registrador o la imposibilidad de realizar la instalación de los medidores, etc; lo cual, indudablemente, obliga a la exclusión de dichos abonados de la muestra y por tanto representará un "sesgo" en la estimada de la característica promedio de la población. En el reporte final del estudio es imprescindible indicar las circunstancias bajo las cuales la exclusión de la(s) unidad(es) fue realizada. También se pueden reemplazar dichas unidades de muestra excluidas con alternativas, lo cual tiene que estar estipulado dentro del planeamiento del registro, antes de realizar las mediciones. Por lo tanto un punto importantísimo, que deberá ser tomado en cuenta en el momento de seleccionar las unidades de muestra, es que, además de ser esta una selección aleatoria, se debe verificar que el consumo de energía, en las unidades de muestra, esté dentro de los límites de consumo para el(los) estrato(s) al(a los) cual(es) han sido asignados.

Del escogitamiento de estas unidades depende en gran parte el éxito posterior del registro, puesto que los abonados que presenten consumos más o menos constantes

harán prácticamente innecesaria la exclusión de alguna unidad luego de las mediciones. Además hay que anotar que el tiempo de registro por abonado tiene que ser comparable con el tiempo en el cual la característica a ser estimada ha sido establecida para lograr resultados estadísticamente estables.

Por ser la población residencial, una población muy variable respecto al uso de energía, es que se ha visto la necesidad de que el diseño de la muestra estratificada presente una buena precisión. Considerando la restricción del número de medidores, la única forma de conseguir menor variabilidad es aumentando el número de estratos, pero se debe tomar en cuenta además el tiempo que implicaría el registro, para una determinada división, y la distribución del número de registradores por estrato de manera que dicha muestra sea representativa. Por lo tanto la estratificación propuesta con una división en 6 estratos y un tamaño de muestra total de 50 puede proveer resultados que sirvan realmente a los propósitos del estudio. En el Cuadro N° 7 se presenta el diseño de la muestra estratificada en el cual se indica la distribución del número de muestras en cada estrato, la variancia de la media de la muestra y el coeficiente de variación. También se indican los intervalos de confianza para el consumo promedio, considerando a cada estrato como un grupo independiente.

Con este tipo de diseño se puede planear la muestra de manera que del registro se determinen demandas por abonado cada intervalo de demanda durante el período de medición que se establezca. Esto es que se dispondrá de la curva de carga, demanda máxima, energía y factor de carga para cada abonado muestreado, en cada uno de los estratos.

Además el planeamiento de la información permitirá obtener factores de coincidencia intraestrato, curvas de carga de un estrato, energía de grupos, demanda de grupos de abonados. Se obtendrán también relaciones energía-demanda en cada intervalo, relación que es básica para la administración de carga en transformadores. De las mediciones interestratos se definirán factores de coincidencia entre estratos con lo cual obtener una curva de carga característica de los abonados residenciales.

Como se puede notar el diseño de una muestra estratificada estará sujeta a las condiciones de recursos disponibles por parte de la empresa interesada en realizar un estudio de esta naturaleza; por ello resulta importante un análisis de la población a muestrearse a fin de determinar condiciones que dicho análisis impondrá en el diseño, con el fin de delinear un proceso factible de implementar en base a dichas disponibilidades.

CUADRO No 1

## DISTRIBUCION DE LA FACTURACION POR BLOQUES DE CONSUMO

BLOQUE	RANGO (kWh/m)	ABONADOS EN EL BLOQUE	ABONADOS ACUMULADOS	ENERGIA EN EL BLOQUE (kWh/mes)	ENERGIA ACUMULADA (kWh/mes)
1	1- 10	3847	3847	19695	19695
2	11- 20	4347	8194	69365	89060
3	21- 30	5042	13236	129491	218551
4	31- 40	5704	18940	202705	421256
5	41- 50	6271	25211	285395	706651
6	51- 60	6773	31984	376300	1082951
7	61- 70	7268	39252	476225	1559176
8	71- 80	7836	47088	592221	2151397
9	81- 90	8248	55336	705827	2857224
10	91- 100	8557	63893	816849	3674073
11	101- 120	16401	80294	1809499	5483572
12	121- 140	14239	94533	1854757	7338329
13	141- 150	6028	100561	876749	8215078
14	151- 160	5688	106249	884575	9099653
15	161- 200	17919	124168	3213481	12313134
16	201- 240	12576	136744	2759159	15072293
17	241- 300	12583	149327	3372765	18445058
18	301- 400	12182	161509	4205519	22650577
19	401- 500	6804	168313	3040060	25690637
20	501- 600	4499	172812	2463783	28154420
21	601- 700	2930	175742	1899868	30054288
22	701- 800	2003	177745	1499045	31553333
23	801- 900	1597	179342	1354279	32907612
24	901- 1000	1132	180474	1072004	33979616
25	1001- 1200	1557	182031	1701279	35680895
26	1201- 1500	1208	183239	1607174	37288069
27	1501- 2000	984	184223	1680242	38968311
28	2001- 3000	581	184804	1388685	40356996
29	3001- 4000	201	185005	693532	41050528
30	4001- 5000	77	185082	343085	41393613
31	5001-10000	11	185093	86724	41480337

CUADRO No 2

DETERMINACION DE LOS LIMITES POR ESTRATO  
PARA UNA DIVISION EN 8 ESTRATOS

ESTRATO	RANGO (kWh)	ACUMULADO EXACTO	ACUMULADO CALCULADO	ABONADOS	ENERGIA (kWh)
1	31- 80	410.79	449.76	33852	1932846
2	81- 140	943.98	899.52	47445	5186932
3	141- 200	1364.76	1349.29	29635	4974805
4	201- 300	1863.82	1799.05	25159	6131924
5	301- 400	2212.84	2248.81	12182	4205519
6	401- 600	2685.79	2698.57	11303	5503843
7	601- 900	3124.87	3148.33	6530	4753192
8	901-1500	3598.10	3598.10	3897	4380457
				170003	37069518

CUADRO No 3

DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE VARIACION PARA DIFERENTES NUMERO DE ESTRATOS			
NUMERO DE ESTRATOS	COEFICIENTE DE VARIACION		
	n=25	n=50	n=75
2	9.6443	6.8188	5.5669
3	6.6762	4.7202	3.8536
4	4.9714	3.5148	2.8695
5	4.0504	2.8637	2.3379
6	3.4077	2.4093	1.9669
7	3.0255	2.1391	1.7467
8	2.5394	1.7953	1.4657
9	2.3496	1.6612	1.3562

CUADRO No 4

TAMAÑO DE MUESTRA TOTAL PARA DIFERENTES NUMERO DE ESTRATOS (Coef. de Var =1%)			
NUMERO DE ESTRATOS	$\Sigma W_h \sigma_h$	$\Sigma W_h \sigma_h^2$	TAMAÑO DE MUESTRA
2	105.16	16823.43	2278
3	72.79	8686.13	1103
4	54.21	5181.09	614
5	44.17	3537.96	408
6	37.16	2103.75	290
7	32.99	2043.67	228
8	27.69	1460.61	160

CUADRO No 5

DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE VARIACION PARA DIFERENTES TAMAÑOS DE MUESTRA			
TAMAÑO DE MUESTRA	COEFICIENTE DE VARIACION		
	5. ESTRATOS	6 ESTRATOS	7 ESTRATOS
10	6.4048	5.3885	4.7841
20	4.5286	3.8101	3.3827
30	3.6974	3.1101	2.7618
40	3.2019	2.6938	2.3916
50	2.8637	2.4093	2.1391
60	2.6141	2.1993	1.9526
70	2.4201	2.0361	1.8076
80	2.2636	1.9044	1.6908
90	2.1341	1.7954	1.5941
100	2.0244	1.7032	1.5121

CUADRO No 6

DETERMINACION DEL ERROR ESTANDAR Y DEL INTERVALO  
DE CONFIANZA PARA NIVELES DE CONFIANZA DEL 68 Y 95%

ESTRATO	DESVIACION ESTANDAR	PROMEDIO (kWh/m)	ERROR ESTANDAR		INTERVALO DE CONFIANZA	
			68%	95%	68%	95%
1	19.94	68.2	2.8	5.5	65.4- 71.0	62.7- 73.7
2	17.15	128.1	2.4	4.8	125.7- 130.5	123.3- 132.8
3	39.16	216.9	5.5	10.9	211.4- 222.5	206.1- 227.8
4	56.62	381.6	8.0	15.7	373.6- 389.6	365.9- 397.3
5	84.17	621.6	11.9	23.3	609.7- 633.5	598.3- 644.9
6	186.54	1043.8	26.4	51.7	1017.4-1070.2	992.1-1095.5

## CUADRO No 7

## DISEÑO DE LA MUESTRA ESTRATIFICADA.

POBLACION A MUESTREARSE: RESIDENCIAL  
 NUMERO DE ESTRATOS= 6

ESTRATO	RANGO	ABONADOS POR ESTRATO	PESO POR ESTRATO	ENERGIA POR ESTRATO	DESVIACION ESTANDAR
1	31- 100	50657	.298	3455522	19.94
2	101- 160	42356	.249	5425580	17.15
3	161- 300	43078	.253	9345405	39.16
4	301- 500	18986	.112	7245579	56.62
5	501- 800	9432	.055	5862696	84.17
6	801-1500	5494	.032	5734736	186.54

170003

37069518

ESTRATO	DESVEST	TAMAÑO POR ESTRATO	VARIANCIA DE LA POBLACION	RAIZ DE LA VARIANCIA	PROMEDIO DE LA POBLACION
1	5.942	8.00	4.4150		
2	4.273	5.75	3.1749		
3	9.923	13.35	7.3719		
4	6.323	8.51	4.6969		
5	4.670	6.28	3.4683		
6	6.029	8.11	4.4736		

50

27.6006

5.2536

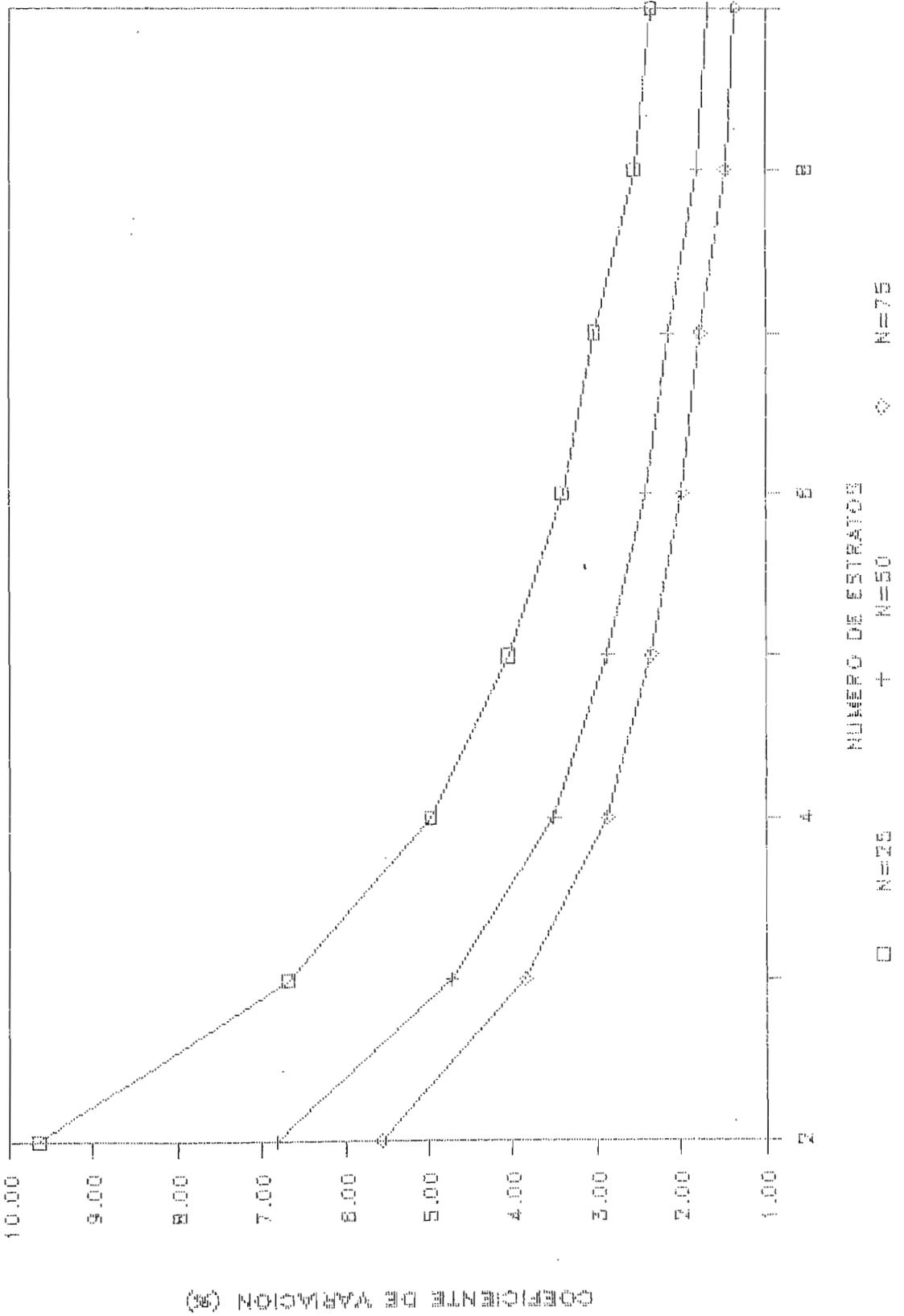
218.0521

COEFICIENTE DE  
 VARIACION  
 2.4093

DISEÑO CONSIDERANDO A CADA ESTRATO POR SEPARADO  
 TAMAÑO DE MUESTRA PARA CADA ESTRATO= 50  
 NIVEL DE CONFIANZA DEL 95% (K=1.96)

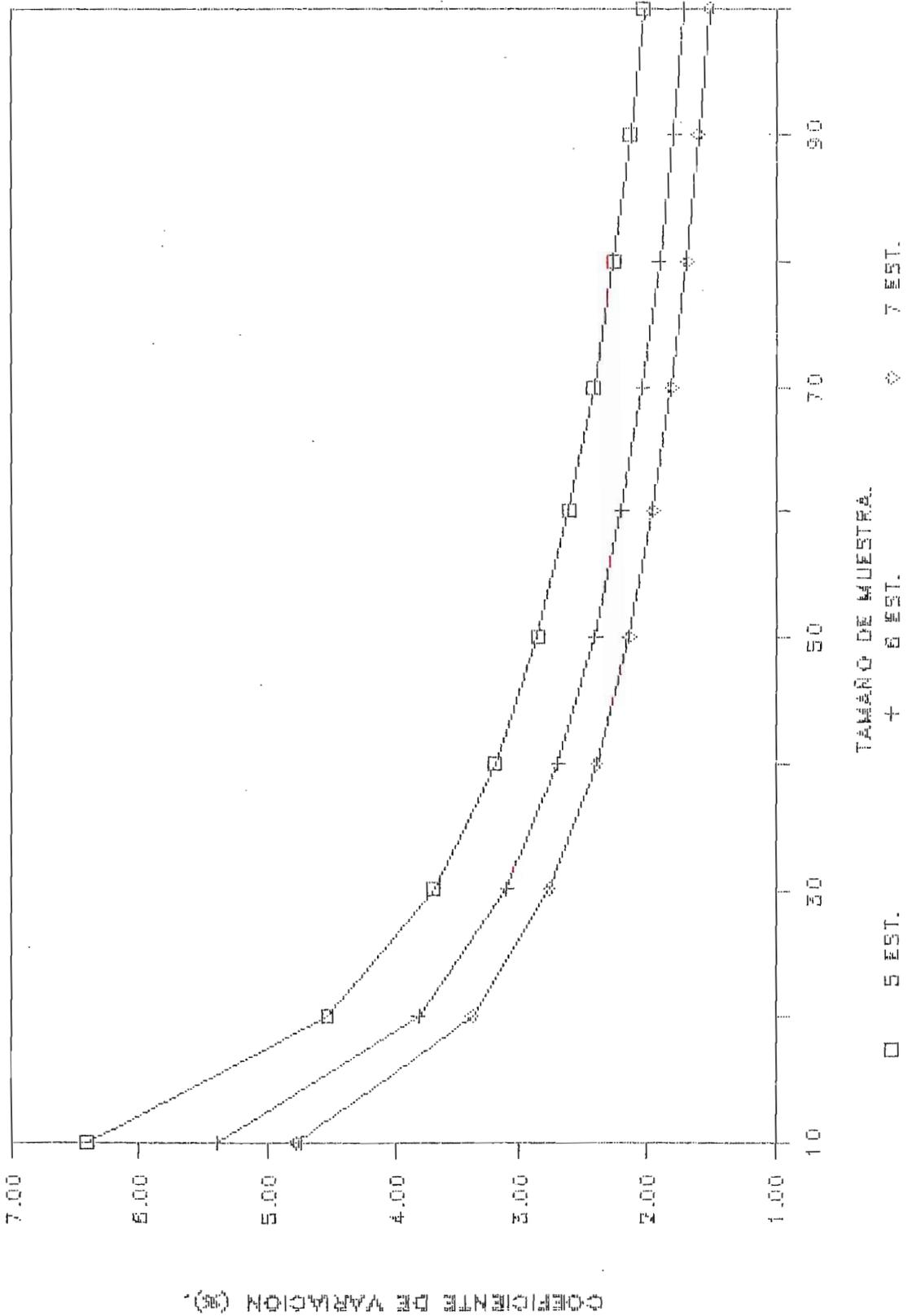
ESTRATO	PROMEDIO	ERROR ESTANDAR	INTERVALO DE CONFIANZA
1	68.2	5.5	62.7- 73.7
2	128.1	4.8	123.3- 132.8
3	216.9	10.9	206.1- 227.8
4	381.6	15.7	365.9- 397.3
5	621.6	23.3	598.2- 644.9
6	1043.8	51.7	892.1- 1095.5

GRAFICO No 1  
COEF. DE VARIACION - NUMERO DE ESTRATOS



# GRAFICO No 2.

COEF. DE VARIACION - vs - TAM. DE MUESTRA



## CAPITULO IV

### ABONADOS COMERCIALES E INDUSTRIALES

#### IV.1 INTRODUCCION

Por sus características de mayor heterogeneidad entre el consumo de energía, la máxima demanda y su hora de ocurrencia, en los abonados Comerciales e Industriales, es que la variable ha considerarse para la división de la población, debe posibilitar alguna forma de agrupamiento de los abonados, a fin de reducir dicha heterogeneidad. Entonces el análisis y validación de datos disponibles determinará la mejor alternativa de registro y poder realizar estimaciones del comportamiento de los abonados en el Sistema.

#### IV.2 ABONADOS COMERCIALES

De acuerdo al "Reglamento para la Fijación de Tarifas de Servicios Eléctricos" se define al servicio comercial como "los servicios de energía eléctrica suministrados a casas, edificios, departamentos, etc., destinados por el abonado y/o sus inquilinos para fines de negocios o actividades profesionales, y a locales destinados a cualquier otra actividad por la cual sus propietarios y/o sus

arrendatarios perciban alguna remuneración del público que a ellos concurría. Se clasificará por lo tanto dentro del servicio comercial, el suministro de energía a tiendas, almacenes, salas de cine, hoteles y afines, y clínicas particulares, Embajadas, Consulados y todos aquellos usuarios que no puedan considerarse como residencias o industrias."

Esta definición permitirá enmarcar a la población para la determinación del marco muestral y de las unidades de la población que serán seleccionadas para la muestra. Para efectos de la investigación deberán tomarse en cuenta además, que las unidades de muestra seleccionadas para el registro presenten características de carga cercanas a las señaladas como típicas para este tipo de abonados como curvas de carga, factor de carga, hora de ocurrencia del pico; puesto que estos serán los únicos parámetros referenciales en los cuales basar la representatividad o no de la muestra.

Ya que dentro de este contexto se encuentran incluidos todos los abonados comerciales, vale la pena recalcar que el estudio va destinado al análisis de aquellos abonados que no tienen registros de demanda, sino, únicamente de energía y que por no contar con mayor información no existe un conocimiento de su comportamiento e incidencia dentro del sistema.

Debido a que estudios tendientes al conocimiento de características de carga, a nivel de abonados, no se han realizado aún, no es posible contar con datos referenciales para un análisis más profundo de la población acerca de la forma de utilización de la energía.

Un estudio que puede ayudar, como punto de partida, para enrumbar el diseño y planeamiento del registro de carga en este tipo de abonados, constituye una encuesta realizada en 1983, a los pequeños comerciantes de Quito y de diferentes provincias, para determinar "La incidencia del gasto en energía eléctrica en los costos de operación de los Pequeños Comerciantes", mediante convenio entre el INECCEL y la Escuela Politécnica Nacional. El Cuadro Nº 8 presenta una distribución, en porcentaje, de los comercios por tipo de establecimiento y su consumo promedio.

En el Cuadro Nº 9 se presenta, también en porcentaje, la utilización del local por tipo de establecimiento, para los Pequeños Comerciantes de Quito; cuadro tomado, conjuntamente con el anterior, de la referencia Nº 16.

En dicho cuadro se observa que un buen porcentaje de abonados utilizan su establecimiento comercial además como vivienda y por esta razón, su comportamiento respecto al uso de la energía será similar al que presenten los abonados residenciales, pues sus hábitos de consumo y equipa-

miento eléctrico tienden más a ser los de un abonado residencial.

A más de ello, en el mismo estudio se estipula que, la tarifa aplicada a los pequeños comerciantes de Quito presenta los siguientes porcentajes: Tarifa comercial el 60.16%, tarifa residencial 29.30% y otras el 10.53%.<sup>(18)</sup>

A pesar de que los valores anotados anteriormente constituyen estimaciones, por ser determinados de una encuesta, bien pueden ser considerados como orientativos para el presente análisis.

Entonces, bajo estas consideraciones, al momento de determinar el marco muestral existirá el inconveniente de diferenciar aquellos abonados clasificados como comerciales pero cuyas características pueden ser totalmente diferentes a las esperadas para los abonados netamente comerciales, debido esencialmente a los hábitos de consumo diferentes en algunos de estos abonados. Precisamente la falta de definición de las unidades de la población puede llevar a que la representatividad de los resultados sea seriamente afectada. Entonces el procedimiento de selección de las unidades de muestra será el punto crítico al momento de diseñar la muestra para este tipo de abonados.

Sin embargo de esto, es necesario tratar de posibilitar una adecuada división de la población en base a los

datos existentes para los abonados comerciales. Una de estas posibilidades la dan los datos de distribución de la tarificación por bloques de consumo mensual, preparados por la E.E.Q.S.A., y que presuponen el escogitamiento del consumo promedio mensual como variable para estratificar. Ahora bien una división bajo este aspecto puede resultar contraproducente, ya que, consumos similares pueden presentar relaciones totalmente distintas debido a cuestiones del tipo de negocio o por el equipamiento eléctrico de cada establecimiento. Así por ejemplo, entre un negocio de venta de calzado, cuyo uso de energía lo destina principalmente a iluminación, y un salón de belleza que además destina la energía al funcionamiento de otros equipos; a pesar de que podrían presentar consumos promedios mensuales similares, que los ubicaría dentro de un mismo estrato, sus curvas de carga diferirán notablemente y además sus demandas máximas también serán diferentes en valor y en la hora de ocurrencia, por lo cual será difícil establecer una relación energía-demanda lo menos variable posible.

Procurando cumplir con la finalidad del estudio, se tiene que buscar alguna otra característica de la población, para en base a ella establecer grupos más homogéneos y que permitan suponer una buena representatividad de los resultados, para su aplicación futura por parte de los personeros de la o las empresas que lleven a cabo es-

tudios de esta índole. Una característica que puede posibilitar una distribución más homogénea de las unidades de la población y estimaciones más precisas de las relaciones de carga es la consideración del destino del uso de la energía, por parte de los abonados, es decir, a que se destina la energía si a iluminación o al funcionamiento de diversos equipos y artefactos eléctricos en los establecimientos comerciales.

La existencia de una diversidad de negocios que tienen formas similares de utilización de energía permite pensar que una agrupación de dichos negocios posibilitará una mejor estimación de las características promedio para los abonados comerciales. Aquí los datos que pueden servir para el diseño de la muestra lo constituyen los listados de afiliados o la guía comercial de la Cámara de Comercio de Quito, cuya información de los abonados puede resultar útil si se decide utilizar dichos datos para seleccionar las unidades de muestra.

## DIVISION DE LA POBLACION

En función de los objetivos del estudio una mejor representatividad de los resultados puede ser obtenida agrupando a los comercios en función del destino que tendrá la energía, procurando establecer grupos que permitan deducir una buena representatividad de estas características de

carga.

Entonces una división propuesta en base a esta variable sería la siguiente:

- Comercios que destinan la energía básicamente a iluminación.
- Comercios con iluminación y artefactos varios.
- Comercios con mayores consumos como restaurantes y hoteles.

La conformación de estos grupos estará dado por comercios de características similares, tratando de establecer un mismo patrón en la utilización de la energía. Así por ejemplo, dentro del primer grupo se tendrán almacenes y negocios varios, cuyo consumo más importante corresponde a iluminación, los cuales comprenden establecimientos como agencias de viajes, de publicidad, librerías, papelerías, boticas, ferreterías, almacenes de venta de calzado, de ropa, telas, de artículos decorativos, artefactos para el hogar, de repuestos en general, venta de muebles, oficinas en general, etc.

El segundo grupo estaría conformado por servicios varios, los mismos que incluyen comercios tales como peluquerías y salones de belleza, estudios fotográficos, talleres de reparaciones eléctricas y mecánicas, vulcaniza-

doras, clínicas, consultorios médicos y odontológicos, etc.

El último grupo abarcará establecimientos de atención a comensales tales como bares, salones y restaurantes, cafeterías, discotecas; pensiones y residencias.

Con esta clasificación cada grupo abarcará un amplio rango de consumo, sin embargo, por la similitud en el destino de la energía, será posible determinar de forma más aproximada las relaciones anteriormente indicadas para cada grupo y de allí deducir una curva de carga representativa de los abonados comerciales.

Puesto que no se logra establecer una distribución en intervalos, con la agrupación establecida, no es posible aplicar el método descrito para los abonados Residenciales y determinar parámetros estadísticos que puedan servir como base en la comparación con valores estadísticos que resultaren de la muestra seleccionada. Además la falta de disponibilidad de información acerca de todas las unidades no posibilita la conformación de un marco muestral sólido, ya que los listados de la Cámara de Comercio corresponden únicamente a los comercios afiliados y no al total de abonados comerciales. Entonces, en estos abonados, se hace indispensable realizar un estudio preliminar, con el fin de comenzar a recabar información, para ir registrando in-

dices estadísticos y porcentajes que luego servirán en la implementación de estudios de mayor alcance, y que cuenten con datos más reales, y que también den una idea sobre la capacidad de la división establecida para presentar características de carga similares o típicas para cada grupo.

### IV.3 ABONADOS INDUSTRIALES

El servicio de energía eléctrica industrial es aquel "suministrado a locales tales como: fábricas, talleres, aserraderos, molinos, etc., destinados a la elaboración y/o transformación de productos, por medio de cualquier proceso industrial."

Esta definición, tomada del "Reglamento para la fijación de tarifas de los servicios eléctricos", servirá esencialmente para establecer el universo de la investigación, fundamentándose en los datos disponibles de este tipo de abonados. Como dentro de esta definición se abarca a todos los industriales, hay que recalcar, que el estudio va dirigido solamente a aquellos industriales que no tienen medición de demanda, y que por ello no existe un real conocimiento de sus características de carga.

De igual manera se tendrá que considerar, como en los otros tipos de abonados, la curva de carga y la máxima demanda, luego de ejecutada la muestra, con el fin de ob-

tener parámetros de demanda representativos e inferir su comportamiento dentro del sistema.

Dos fuentes de información fueron las que proporcionaron los datos para su análisis; por una parte la Empresa Eléctrica "QUITO S.A." y por otra la Cámara de Pequeños Industriales de Pichincha. La validación de esta información proporcionará elementos de juicio para establecer la mejor alternativa de agrupación, priorizando los objetivos que persigue el estudio.

Los industriales son los que mayores características de variabilidad presentan, ya que, cada tipo de industria tiene inmerso un proceso de producción específico y la maquinaria eléctrica utilizada en dicho proceso también difiere de una industria a otra, y aún dentro de un mismo tipo de industria; esto debido al mayor o menor equipamiento de las mismas. Por ello existirá una alta variabilidad en la utilización de la energía, lo cual conduce a pensar que los datos de consumo mensual no presentan una buena correlación con respecto a las máximas demandas y su hora de ocurrencia, como la que se puede inferir en los abonados residenciales.

Esto condujo a examinar otras características que permitiesen suponer la existencia de una mejor correlación entre energía y demanda, tropezando con serias dificult-

tades para obtener información que sirva al propósito indicado. En las planillas para solicitud de servicio eléctrico a industriales se hace constar la carga instalada que cada abonado posee al momento de solicitar el servicio, pudiendo ser esta otra variable con la cual obtener otra posible división de la población y que la puede determinar la Empresa Eléctrica. Mas, esta información corresponde a registros de muchos años atrás, la cual nunca ha sido renovada, y que por lo mismo puede acarrear muchos errores y por ende no ser de ninguna forma representativa.

Datos recogidos en la Cámara de Industriales y Pequeños Industriales de Pichincha compilados en los respectivos directorios dieron un indicio de la forma de agrupación que presente menor variabilidad. La división presentada en dichos directorios es por sectores de la producción (textil, alimenticio, metalmeccánico, etc.) y la conformación misma de los grupos dá la idea de una mejor perspectiva de la investigación en estos abonados.

#### **DIVISION DE LA POBLACION**

De lo expuesto anteriormente, la forma más viable de agrupación es mediante la ubicación de la industria en el sector de la producción de acuerdo con la "Clasificación Industrial Internacional Uniforme CIU" y establecida por las cámaras de la siguiente manera:

- Sector Alimenticio
- Sector Cuero y calzado
- Sector Gráfico
- Sector Maderero
- Sector Materiales de la construcción
- Sector Metalmecánico
- Sector Químico-plástico
- Sector Textil y afines

En procura de agilizar la toma de mediciones y de acortar el tiempo del muestreo, la división anterior puede ser agrupada en un menor número de sectores considerando que existen sectores con poca incidencia, por su número reducido, y que además pueden presentar características de carga similares. Entonces los grupos así conformados son los siguientes:

- Sector Alimenticio
- Sectores Cuero y calzado, Materiales de la construcción y químico-plástico
- Sectores Textil y Gráfico
- Sectores Metalmecánico y Maderero

La conformación del marco muestral será uno de los principales obstáculos para la selección de la muestra, puesto que los listados disponibles en la Cámara de Pequeños Industriales no cuentan con el registro completo de

los pequeños industriales y por ende la definición de la población no es tan real, por restricciones de información, y debido a que el tamaño de muestra está limitado por cuestiones económicas, un registro de carga, apoyado en la agrupación establecida, puede ser aprovechado para precisar valores estadísticos que luego sean utilizados en estudios de mayor envergadura que cuenten con la información necesaria y real de la población de manera que los objetivos del estudio puedan ser definidos de mejor forma. Por ello, desde ya, habrá que buscar procedimientos de registro de abonados, por parte de las empresas, que permita disponer de una mayor información que pueda servir en investigaciones futuras.

CUADRO No 8

DISTRIBUCION DE LOS PEQUEÑOS COMERCIANTES POR TIPO DE ESTABLECIMIENTO Y CONSUMO PROMEDIO		
TIPO DE ESTABLECIMIENTO	DISTRIBUCION (%)	CONSUMO PROMEDIO (kWh/MES)
TIENDAS DE ABARROTES	41.19	172
ALMACENES Y NEGOCIOS VARIOS	20.91	186
RESTAURANTES Y HOTELES	11.66	196
SERVICIOS VARIOS	13.36	161
OTROS	12.88	1084

CUADRO No 9

UTILIZACION DEL LOCAL POR TIPO DE ESTABLECIMIENTO Pequeños Comerciantes-Quito (%)		
TIPO DE ESTABLECIMIENTO	SOLO COMERCIO	COMERCIO Y VIVIENDA
TIENDAS DE ABARROTOS	29.28	70.72
ALMACENES Y NEGOCIOS VARIOS	74.78	25.22
RESTAURANTES Y HOTELES	89.41	10.59
SERVICIOS VARIOS	80.28	19.72
OTROS	64.39	35.61

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La necesidad e importancia que reviste la investigación de carga dentro de la planificación, organización y diseño de los Sistemas de Distribución, ha determinado que se den los pasos iniciales para delinear procedimientos factibles de implementar con el propósito de determinar parámetros de demanda, los mismos que proporcionarán información sobre las características de la carga en los sistemas del país.

Puesto que el número de usuarios de una empresa eléctrica es bastante grande, un registro en todos y cada uno de ellos será obviamente prohibitivo por la cantidad de información involucrada y los costos que demandaría. Por lo tanto, procedimientos estadísticos de muestreo son los más convenientes para este tipo de estudios pues, el muestreo, es un método científico que permite hacer generalizaciones, acerca de una población, examinando cuidadosamente a unos pocos individuos; además, permite simplificar la investigación y economizar tiempo y dinero al manejar un menor volumen de información.

Se ha establecido que el consumo mensual de energía en kWh, único dato disponible para los abonados en estudio y que además esta correlacionado con la demanda, es un factor determinante

para seleccionar el tipo de muestreo. Precisamente del análisis y validación de datos, para los abonados residenciales, se pudo determinar que el método factible a implementarse es el muestreo aleatorio estratificado, método que consiste en dividir una población en grupos mutuamente excluyentes en los cuales fijar un tamaño de muestra y calcular índices estadísticos mediante los cuales inferir si es que tal o cual diseño proporcionará mayor representatividad de la muestra.

Con este método se logra reducir la heterogeneidad de la población obteniéndose de esta forma una ganancia en precisión de la característica a ser estimada. Además este procedimiento garantiza una representación adecuada, en la muestra, de todos los estratos y una simplificación en la supervisión del registro y procesamiento de la información.

El método delineado, mediante la regla desarrollada por Dalenius y Hodges, para la construcción de los estratos y la fijación de las unidades de muestra en cada estrato, acorde con el principio de afijación de Neyman, permite minimizar la variancia de la estimada de la muestra logrando aumentar el grado de precisión en el diseño.

La precisión de una muestra estratificada depende de dos factores: el número de estratos en que se divida a la población y el número de muestras a ser registradas. Mientras mayor es el número de estratos la precisión de la muestra aumenta, para un

tamaño de muestra fijo, y también la precisión es mejor cuando se aumenta el tamaño de muestra, para un número de estratos determinado. Entonces un análisis ponderando estos dos factores, juntamente con cuestiones económicas, de tiempo y representatividad, permite determinar la estratificación final para su planeamiento posterior. De allí que, la fijación de una división máxima en 6 estratos y un tamaño de muestra total mínimo de 50 registradores garantizará una buena representatividad de la población. Sin embargo sería recomendable que, para evitar que la exclusión de unidades del registro pueda provocar resultados no representativos, el número de registradores indicado se incremente, de manera que exista la confianza en los resultados del muestreo; a pesar de que ello implica un mayor desembolso económico.

Entonces para la determinación del diseño ha implementarse se deben tomar en cuenta las disponibilidades y recursos tanto financieros cuanto de personal, para llevar adelante la Investigación de Carga, así como también de tiempo y representatividad de la misma.

Una vez establecida la estratificación final se deberán determinar los abonados pertenecientes a cada estrato, en base a los registros individuales de consumo. Considerando que la selección de la muestra es aleatoria, debe existir plena seguridad de que a todos y cada uno de los abonados se los ubique en el estrato al que realmente pertenecen, a fin de evitar el

movimiento de las unidades entre estratos. Puesto que de la selección de las unidades de muestra depende en gran parte el éxito del muestreo, especial cuidado debe tenerse en este punto; por lo tanto, para evitar el movimiento entre estratos de las unidades seleccionadas, un promedio del consumo mensual para registros de todo un año debe ser realizado en el abonado con la finalidad de que dicho valor sirva para verificar si es que dicho abonado realmente corresponde al estrato del cual fue seleccionado o si por el contrario tenga que ser substituido en la muestra.

El hecho de no haber realizado esta parte del estudio, se debe a que, tanto la conformación del marco muestral cuanto la selección de las unidades de muestra tienen que ser hechas con un tiempo lo más corto posible previo a la toma de mediciones, precisamente para evitar las fluctuaciones del abonado respecto al consumo de energía y que la muestra corresponda realmente al estrato de la cual fue seleccionada.

En cuanto se refiere a los abonados Comerciales e Industriales, la mayor heterogeneidad de sus unidades en cuanto a la relación entre el consumo de energía, la máxima demanda y su hora de ocurrencia determinó que otras características sean consideradas, para establecer la división de la población y conformación de grupos que puedan presentar mayor estabilidad y representatividad de los resultados a obtenerse. Sin embargo, la restricción en la información para estos abonados no per-

mitirá realizar una adecuada conformación y ubicación de las unidades de muestra en cada grupo, lo cual puede hacer peligrar la validez de la información resultante. Por lo tanto será necesario llevar adelante un estudio preliminar, de corta duración, mediante una encuesta de la cual se recabe información tal como tipo de negocio o industria, artefactos y/o maquinarias eléctricas que utilizan estos abonados, con el propósito de obtener índices y porcentajes de la población y además verificar si las agrupaciones indicadas realmente representarán a sus respectivos universos; y luego si, desarrollar el muestreo en base a las divisiones propuestas.

Entonces se desprende que el problema más crítico en este tipo de registros es la determinación del marco muestral y la selección de la unidad de muestreo. Esta unidad debe ser cuidadosamente seleccionada para asegurar la validez de los datos derivados de las pruebas; ya que, debido a una selección apresurada de la unidad de prueba, los resultados pueden no proveer una seguridad aceptable ni precisión en los datos obtenidos y representarían pérdidas no solo económicas sino también de tiempo y esfuerzo para la empresa que realiza la investigación. Además un efectivo planeamiento de las mediciones asegurará la determinación de parámetros tanto individuales como por estrato y por tipo de abonado, con lo cual se puede determinar el mayor número de relaciones de demanda como factor de carga por abonado y grupo de abonados, factores de coincidencia por estrato e interestrato, máxima demanda diversificada, etc.

Por lo tanto, este tipo de estudios tiene que ser realizado en forma inmediata puesto que el poco conocimiento del comportamiento y utilización de la energía por parte de estos abonados no ha permitido reflejar realmente, dicho comportamiento, en el dimensionamiento de la carga a ser servida, de allí surgen sobredimensionamientos y subutilización de ciertos equipos, lo cual va en detrimento de los recursos financieros de la empresa.

## REFERENCIAS

- [1] Córdova, P., "Introducción a la Investigación por Muestreo", DGEA/SAG, México, 1976.
- [2] Sukhatme, P., "Teoría de Encuestas por Muestreo con Aplicaciones", Fondo de Cultura Económica, México, 1956.
- [3] Association of Edison Illuminating Companies, "Stratified Random Sampling Methods for Class Load Surveys for Electric Utilities", Applied Statistics in Load Research, Vol III, 1974.
- [4] Association of Edison Illuminating Companies, "Manual of Procedure for Load Surveys", Applied Statistics in Load Research, 2da. ed., New York, 1961.
- [5] Association of Edison Illuminating Companies, "Statistical Sampling Procedures for Load Surveys", Applied Statistics in Load Research, Vol I, 1964.
- [6] Association of Edison Illuminating Companies, "The Role of Statistical Analysis in Load Research", Applied Statistics in Load Research, Vol I, 1964.
- [7] Association of Edison Illuminating Companies, "What size sample?", Applied Statistics in Load Research Vol, III, 1974.
- [8] Sarikas, R.H. y Thacker, H.B., "Distribution System Load Characteristics and Their Use in Planning and Design", A.I.E.E. Transactions, Agosto 1957.
- [9] Association of Edison Illuminating Companies, "Since Load Results are Sample Statistics...", Vol I, 1964.
- [10] Brunetto, T., "Load Research Sampling Procedure in the Light of New Federal Regulations", Public Utilities Fortnightly, Arlington, Junio 1980.

[11] Wurmlinger, A. y Egly, D., "Distribution Transformer Load Management", I.E.E.E. T-PAS., Julio 1968.

[12] Bredahl, A.C. "Home Wiring Manual", McGraw Hill Book Co., 1957.

[13] Nicket, D., y Braunstein, H., "Distribution Transformer Loss Evaluation. II. Load Characteristics and System Cost Parameters", I.E.E.E. T-PAS., Febrero 1981.

[14] Doms, F., "La Estadística que Sencilla", 2da. ed., PARANINFO, Madrid, 1969.

[15] Ecuador, INECEL-EPN, "Incidencia de los Precios de la Energía Eléctrica en el Presupuesto Familiar de los Usuarios Residenciales", Quito, 1983.

[16] Ecuador, INECEL-EPN, "Incidencia del Gasto en Energía Eléctrica en los Costos de Operación de los Pequeños Comerciantes", Quito, 1983.

## APENDICE No 1

### DELIMITACION DE LA POBLACION

La delimitación de la población en estudio es el primer paso para la implementación del método descrito en el capítulo III; además, dicha delimitación permitirá establecer el marco muestral de la población mediante el cual se seleccionen las unidades de muestra para el registro respectivo. Por ello es importante definir los límites mínimo y máximo de kWh/mes representativos de los abonados residenciales.

Un primer análisis de estos límites se los hizo en base a los resultados de una encuesta realizada en 1983, mediante un convenio entre INECEL y la EPN, para la determinación de la "Incidencia de los precios de la energía eléctrica en el presupuesto familiar de los usuarios residenciales"<sup>(15)</sup>, datos que se encuentran tabulados en el Cuadro No 1.

CUADRO No 1

#### CONSUMO DE ENERGIA EN ABONADOS RESIDENCIALES.

CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA	VALOR MINIMO kWh/MES	VALOR MAXIMO kWh/MES	VALOR MEDIO kWh/MES
QUITO	4.0	1613.0	186.55
AZUAY-CAÑAR	16.0	1047.0	156.89
IMBABURA-CARCHI	0.0	1690.0	91.95

Para una mejor determinación del límite inferior se toma en cuenta un número promedio de artefactos por abonados, señalado en el mismo estudio, para el estrato con menor nivel de ingreso mensual (hasta \$4000) y para el límite superior se toma el estrato de grandes ingresos (mayores que \$60000), datos mostrados en el Cuadro No 2.

CUADRO No 2  
ARTEFACTOS PROMEDIO POR ESTRATO

ESTRATO	CONSUMO PROMEDIO kWh/mes	NUMERO DE ARTEFACTOS PROMEDIO									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
hasta \$4000	54.68	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0
más de \$60000	505.10	17	2	3	1	1	1	1	1	0	3

donde

- 1.- Número de focos
- 2.- Televisión
- 3.- Radio + equipo de sonido
- 4.- Plancha
- 5.- Refrigeradora
- 6.- Calentador de agua
- 7.- Ducha eléctrica
- 8.- Lavadora + secadora
- 9.- Cocina
- 10.- Otros

Realizando una estimación de los consumos medios mensuales por artefacto, se puede estimar el consumo mensual por abonado en dichos estratos, considerando un tiempo promedio de utilización del artefacto y su potencia nominal. Por ejemplo un abonado promedio del primer estrato equipado con 3 focos de 60 watos, utilizados un promedio de 4 horas diarias consumirá al

mes 21.6 kWh, si se añade el uso de un radio de 50 wátios durante 3 horas al día hará un total 26.1 kWh/mes. Incorporando una plancha de 1000 wátios empleada, en promedio, 4 horas a la semana y conectada únicamente el 60% del tiempo debido al termostato, dá un consumo total de 35.7 kWh/mes. Si a este equipamiento se adiciona un televisor de 100 wátios utilizado más o menos unas 6 horas diarias se tiene un consumo mensual total en promedio de 53.7 kWh/mes. Por ser este un equipamiento promedio, se puede adoptar como consumo mínimo el de 31kWh/mes, en números redondos, para asegurar la incorporación al estudio del mayor número de abonados de bajos consumos y pocos recursos económicos.

Bajo el mismo criterio, en el otro estrato, se tiene que un abonado con el equipamiento promedio indicado y tomando consumos promedios para artefactos tales como calentador de agua, lavadora y refrigeradora, de la referencia 12, llegará a consumir alrededor de 600 kWh/mes, esto dependiendo de la utilización misma de los artefactos. Si a este usuario se añade una cocina eléctrica, que puede considerarse exige 200 kWh/mes<sup>(12)</sup>, su consumo promedio mensual sería aproximadamente 800 kWh/mes.

Para una mejor determinación del consumo máximo a considerarse en el estudio, se puede hacer un análisis en función de las demandas. Así, de la referencia 13 se toma un valor de máxima demanda individual de 7 KVA registrado para un intervalo de demanda de 30 minutos, con un factor de carga a nivel de

transformador de 26,6%, para un abonado con un buen equipamiento de artefactos y además cocina y calentador de agua en los Estados Unidos. Asumiendo un factor de potencia de 0.9 y factor de carga 25% a nivel de abonado, la energía mensual será:

$$E=7KVA*0.9*0.25*720h = 1134 \text{ kWh/mes}$$

De estos valores se adopta como límite máximo el de 1500 kWh/mes como representativo de los abonados residenciales. Sin embargo no hay que descartar la posibilidad de realizar un estudio similar en los abonados con consumos mayores a 1500 kWh/mes para ver su incidencia dentro de la clase.

Vale la pena aclarar que este análisis se basa en valores estimativos y resultados de una encuesta, por lo cual sirven únicamente como orientación para una mejor definición de los límites de la población. Además los consumos en los cuales se basa el cálculo de la energía por artefacto son promedios fundamentados en un razonamiento práctico.

Entonces la población así delimitada representa el 87.18% del total de la población y su distribución se muestra en el Cuadro Nº 3.

## CUADRO No 3

## DISTRIBUCION DE LA FACTURACION POR BLOQUES DE CONSUMO.

BLOQUE	RANGO	ABONADOS EN EL BLOQUE	ABONADOS ACUMULADOS	ENERGIA EN EL BLOQUE	ENERGIA ACUMULADA
1	31- 40	5704	5704	202705	202705
2	41- 50	6271	11975	285395	488100
3	51- 60	6773	18748	376300	864400
4	61- 70	7268	26016	476225	1340625
5	71- 80	7836	33852	592221	1932846
6	81- 90	8248	42100	705827	2638673
7	91- 100	8557	50657	816849	3455522
8	101- 120	16401	67058	1809499	5265021
9	121- 140	14239	81297	1854757	7119778
10	141- 150	6028	87325	876749	7996527
11	151- 160	5688	93013	884575	8881102
12	161- 200	17919	110932	3213481	12094583
13	201- 240	12576	123508	2759159	14853742
14	241- 300	12583	136091	3372765	18226507
15	301- 400	12182	148273	4205519	22432026
16	401- 500	6804	155077	3040060	25472086
17	501- 600	4499	159576	2463783	27935869
18	601- 700	2930	162506	1899868	29835737
19	701- 800	2003	164509	1499045	31334782
20	801- 900	1597	166106	1354279	32689061
21	901-1000	1132	167238	1072004	33761065
22	1001-1200	1557	168795	1701279	35462344
23	1201-1500	1208	170003	1607174	37069518

## APENDICE No 2

### DISEÑO DE LA MUESTRA PARA ABONADOS RESIDENCIALES

Los abonados residenciales son una buena población para ilustrar el procedimiento de diseño de una muestra estratificada, ya que, el número de abonados es usualmente grande y por ende se necesita conocer su influencia como grupo dentro del sistema.

En este estudio las relaciones interestratos son muy importantes, de allí, que se hace necesario diseñar la muestra considerando los objetivos y restricciones inherentes a esta investigación, para encontrar un tamaño de muestra representativo y una división de la población que presente una buena precisión de la característica a ser estimada. Este tamaño será el que imponga el grado de precisión en cada estrato, independientemente, y en la muestra en general.

Un estudio de esta naturaleza permitirá determinar valores tanto individuales como por estrato y entre estratos, procurando obtener el mayor número de relaciones que se puedan derivar de esos valores, una vez que el análisis estadístico de los datos recopilados de las mediciones indique la representatividad de los mismos.

El método a implementarse y que se halla descrito en el capítulo III se basa en una característica de la población en

estudio que permita establecer una distribución en bloques y una división en rangos o intervalos de aquella característica a ser estimada, con el fin de aplicar la regla del acumulado de la raíz del producto de  $u$  y  $f$  para la elección óptima de los estratos.

Por lo expuesto en el Apéndice N<sup>o</sup> 1, la característica en consideración será el consumo mensual por abonado, valor que permitirá establecer una relación con la demanda y, a su vez, derivar información como la de factor de carga, factor de coincidencia, máxima demanda y su hora de ocurrencia, etc.

En el Cuadro N<sup>o</sup> 1 se muestra la distribución establecida en base al valor del consumo promedio mensual por bloque y la determinación del acumulado de la raíz de  $uf$ . Se nota que los intervalos no son de longitud uniforme y por ende el valor de  $u$  para cada bloque varía de acuerdo a la longitud del primer intervalo. Así, para el bloque 1 desde 31 hasta 40 kWh/mes se escoge  $u=1$  con lo cual todos los intervalos que tengan igual longitud tendrán ese mismo valor. En cambio para el bloque 20, por ejemplo, el valor de  $u$  es 10, puesto que la longitud de ese bloque es 100, resultando ser 10 veces la del bloque 1; esta relación se la genera para cada uno de los bloques. Ahora en la columna correspondiente al acumulado se tiene que dicho valor se vá acumulando con el valor anterior, para cada intervalo sucesivo. Con esta distribución se procede a determinar los límites de los estratos.

Si se desea dividir a la población en 3 estratos, la fijación de límites por estrato, mostrada en el Cuadro No. 2, se la hace de la siguiente manera. El límite inferior del primer estrato vendrá dado por el límite inferior del primer bloque, luego dividiendo el valor final del acumulado, esto es 3598.09, para 3 se obtiene el cociente 1199.36 que servirá como valor referencial para determinar el límite superior del primer estrato. Este valor de 1199.36 se compara con los valores del acumulado, para cada bloque, y la menor diferencia establecerá que el límite superior de ese bloque sea al límite superior del estrato. Por lo tanto este estrato quedará limitado entre 31 y 160 kWh/mes.

El límite inferior del segundo estrato obviamente es el valor del límite inferior del siguiente bloque, es decir 161 y para encontrar el límite superior de este estrato, el valor referencial se multiplicará por 2 y a este valor nuevamente se lo compara con el acumulado para cada bloque y nuevamente la menor diferencia establecerá como límite superior del estrato el límite superior del bloque así definido. Por lo tanto este estrato queda comprendido entre 161 y 500 kWh/mes. Luego los límites del último estrato son fácilmente determinados y en este caso, para el tercer estrato, se tienen límites de 501 hasta 1500 kWh/mes.

Este procedimiento es repetitivo de acuerdo al número de

estratos en que se desee dividir y sirve como base para el diseño de la muestra. A la par con la fijación de límites en los estratos, también se efectúa la distribución de los abonados( $N_h$ ), la energía consumida( $X_h$ ) y la desviación estandar( $\sigma_h$ ) correspondiente a cada estrato, valores que luego sirven en el cálculo del tamaño de muestra por estrato( $n_h$ ), la Variancia y el error estandar de la media de la muestra y del coeficiente de variación de la muestra. El valor de este coeficiente, que viene dado por la relación del error estandar de una estimada al verdadero valor de la población a ser estimado, expresado en porcentaje permite comparar la variabilidad de una muestra, considerando el promedio de la población, e incluso comparar la variabilidad de varias muestras<sup>(14)</sup>.

Un cálculo importantísimo en este tipo de diseños es el del peso del estrato( $W_h$ ), valor que, conjuntamente con la desviación estandar por estrato, sirve para la fijación del número de muestras necesarias en cada estrato. Este peso está dado por la relación del número de abonados del estrato respecto al total de abonados en estudio.

Como ya se indicó anteriormente este método permite considerar a cada estrato como un grupo independiente, por lo cual, es posible tomar a cada estrato y realizar en él un muestreo aleatorio simple, a fin de determinar factores y parámetros de demanda inherentes a cada estrato. Entonces, para cada estrato, se debe calcular el error estandar de la muestra que

el tamaño de muestra total puede proporcionar, con un determinado nivel de confianza(95%); así como también los límites de confianza para la media de la muestra en cada estrato.

En el Cuadro Nº 2 se puede observar el diseño de la muestra estratificada para una división en 3 estratos y un tamaño de muestra total de 100 registradores. Adicionalmente se presentan los valores del promedio de consumo, error estandar y límites de confianza para la media de la muestra, considerando a cada estrato como un grupo independiente. En los Cuadros Nº 3 y Nº 4 se presentan los diseños para tamaños de muestra total de 75 y 50 registradores respectivamente, en los cuales se puede comprobar la pérdida de precisión de la muestra por el aumento de la variancia; esto se refleja también en el coeficiente de variación el mismo que aumenta conforme se reduce el tamaño de muestra.

Estudios de esta naturaleza basan su éxito en una acertada selección de las unidades tanto de la población como de la muestra para evitar distorsiones o "sesgos" en la estimación de la característica bajo estudio y también en una buena planificación de las mediciones y procesamiento de la información. Un efectivo planeamiento del registro permitirá llevar adelante tanto la muestra estratificada cuanto la muestra simple, de manera que se obtengan relaciones entre estratos y también por estrato.

CUADRO N<sup>o</sup> 1

CALCULO DEL ACUMULADO DE LA RAIZ DE F*U					
BLOQUE	RANGO	ABONADOS (F)	INTERVALO (U)	RAIZ DE (F*U)	ACUMULADO DE RAIZ
1	31- 40	5704	1	75.5248	75.5248
2	41- 50	6271	1	79.1896	154.7145
3	51- 60	6773	1	82.2982	237.0127
4	61- 70	7268	1	85.2526	322.2653
5	71- 80	7836	1	88.5212	410.7865
6	81- 90	8248	1	90.8185	501.6050
7	91- 100	8557	1	92.5041	594.1090
8	101- 120	16401	2	181.1132	775.2222
9	121- 140	14239	2	168.7543	943.9765
10	141- 150	6028	1	77.6402	1021.6167
11	151- 160	5688	1	75.4188	1097.0355
12	161- 200	17919	4	267.7237	1364.7593
13	201- 240	12576	4	224.2855	1589.0448
14	241- 300	12583	6	274.7690	1863.8138
15	301- 400	12182	10	349.0272	2212.8410
16	401- 500	6804	10	280.8448	2473.6858
17	501- 600	4499	10	212.1085	2685.7943
18	601- 700	2930	10	171.1724	2856.9667
19	701- 800	2003	10	141.5274	2998.4941
20	801- 900	1597	10	126.3725	3124.8665
21	901-1000	1132	10	106.3955	3231.2620
22	1001-1200	1557	20	176.4653	3407.7273
23	1201-1500	1208	30	190.3681	3598.0954

## CUADRO No 2

POBLACION A MUESTREARSE: RESIDENCIAL  
 NUMERO DE ESTRATOS= 3

ESTRATO	RANGO	ABONADOS POR ESTRATO	PESO POR ESTRATO	ENERGIA POR ESTRATO	DESVIACION ESTANDAR
1	31- 160	93013	.547	8881102	35.21
2	161- 500	62064	.365	16590984	88.34
3	501-1500	14926	.088	11597432	242.40
		170003		37069518	

ESTRATO	DESVEST	TAMAÑO POR ESTRATO	VARIANCIA DE LA POBLACION	RAIZ DE LA VARIANCIA	PROMEDIO DE LA POBLACION
1	19.264	26.46	14.0198		
2	32.250	44.30	23.4602		
3	21.282	29.24	15.4624		
		100	52.9424	7.2762	218.0521

COEFICIENTE DE  
 VARIACION  
 3.3369

DISEÑO CONSIDERANDO A CADA ESTRATO POR SEPARADO  
 TAMAÑO DE MUESTRA PARA CADA ESTRATO=100  
 NIVEL DE CONFIANZA DEL 95% (K=1.96)

ESTRATO	PROMEDIO	ERROR ESTANDAR	INTERVALO DE CONFIANZA
1	95.5	6.9	88.6- 102.4
2	267.3	17.3	250.0- 284.6
3	777.0	47.5	729.5- 824.5

## CUADRO No 3

POBLACION A MUESTREARSE: RESIDENCIAL  
 NUMERO DE ESTRATOS= 3

ESTRATO	RANGO	ABONADOS POR ESTRATO	PESO POR ESTRATO	ENERGIA POR ESTRATO	DESVIACION ESTANDAR
1	31- 160	93013	.547	8881102	35.21
2	161- 500	62064	.365	16590984	88.34
3	501-1500	14926	.088	11597432	242.40
		170003		37069518	

ESTRATO	DESVEST	TAMAÑO POR ESTRATO	VARIANCIA DE LA POBLACION	RAIZ DE LA VARIANCIA	PROMEDIO DE LA POBLACION
1	19.264	19.85	18.6945		
2	32.250	33.23	31.2859		
3	21.282	21.93	20.6266		
		75	70.6070	8.4028	218.0521

COEFICIENTE DE  
 VARIACION  
 3.8536

DISEÑO CONSIDERANDO A CADA ESTRATO POR SEPARADO  
 TAMAÑO DE MUESTRA PARA CADA ESTRATO= 75  
 NIVEL DE CONFIANZA DEL 95% (K=1.96)

ESTRATO	PROMEDIO	ERROR ESTANDAR	INTERVALO DE CONFIANZA
1	95.5	8.0	87.5- 103.5
2	267.3	20.0	247.3- 287.3
3	777.0	54.9	722.1- 831.9

## CUADRO No 4

POBLACION A MUESTREARSE: RESIDENCIAL  
 NUMERO DE ESTRATOS= 3

ESTRATO	RANGO	ABONADOS POR ESTRATO	PESO POR ESTRATO	ENERGIA POR ESTRATO	DESVIACION ESTANDAR
1	31- 160	93013	.547	8881102	35.21
2	161- 500	62064	.365	16590984	88.34
3	501-1500	14926	.088	11597432	242.40
		170003		37069518	

ESTRATO	DESVEST	TAMAÑO POR ESTRATO	VARIANCIA DE LA POBLACION	RAIZ DE LA VARIANCIA	PROMEDIO DE LA POBLACION
1	19.264	13.23	28.0437		
2	32.250	22.15	46.9372		
3	21.282	14.62	30.9551		
		50	105.9360	10.2925	218.0521

COEFICIENTE DE  
 VARIACION  
 4.7202

DISEÑO CONSIDERANDO A CADA ESTRATO POR SEPARADO  
 TAMAÑO DE MUESTRA PARA CADA ESTRATO= 50  
 NIVEL DE CONFIANZA DEL 95% (K=1.96)

ESTRATO	PROMEDIO	ERROR ESTANDAR	INTERVALO DE CONFIANZA
1	95.5	9.8	85.7- 105.2
2	267.3	24.5	242.8- 291.8
3	777.0	67.2	709.8- 844.2

### APENDICE No 3

#### CALCULO Y COMPARACION DE LA DESVIACION ESTANDAR

Debido a que la determinación del tamaño de muestra se basa en algún conocimiento del grupo a ser muestreado, es necesario, determinar el grado de variación interna de la población, llamado desviación estandar, índice estadístico que es bastante utilizado en el diseño como factor determinante para calcular las unidades de muestra necesarias.

Una revisión de la fórmula para el cálculo de la desviación estandar indica la intervención de datos individuales de la característica a ser estimada (consumo en kWh). Los datos proporcionados por la División de Planificación de la E.E.Q.S.A. están distribuidos en bloques de consumo, lo cual conlleva necesariamente a que el cálculo de la desviación, con estos datos, no sea el correcto. Entonces se vió la necesidad de recabar información de consumos individuales para un mes determinado (JULIO de 1987), con el fin de realizar una comparación con el valor de desviación estandar de los datos agrupados por bloques de consumo y concluir si es que los valores por bloque pueden ser considerados para diseñar la muestra.

La siguiente expresión es la más utilizada para el cálculo de la desviación estandar:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N X_i^2}{N} - \bar{X}^2} \quad (F:1)$$

donde  $X_i$  valores de consumo individual  
 $N$  total de consumidores  
 $\bar{X}$  Promedio de consumo de la población

De los valores individuales y aplicando la fórmula F:1 se encontró un valor de desviación estándar de 212.65 kWh/mes.

Ahora utilizando en vez de los valores individuales los promedios por bloque  $\bar{X}_j$ , dado por

$$\bar{X}_j = \frac{X_j}{f_j} \quad j=1,2,\dots,K \quad (F:2)$$

donde  $X_j$  Energía en el bloque  $j$   
 $f_j$  Abonados en el bloque  $j$   
 $K$  Número de bloques

la fórmula para el cálculo será

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N f_j \bar{X}_j^2}{N} - \bar{X}^2} \quad (F:3)$$

Aplicando esta relación se obtiene un valor de 211.97 kWh/mes.

También cuando se utilizan distribuciones con intervalos, se puede atribuir el valor del dato central a cada intervalo y aplicar la misma relación  $F:3$ , donde  $\bar{X}_j$  será el valor medio del intervalo  $j$ (14), encontrándose un valor de 213.76 kWh/mes.

Además realizando el cálculo de la desviación estandar por estrato, para una división en 6 estratos, anotado en el Cuadro N° 1, se aprecia que valores mucho más aproximados a los reales se tienen para el cálculo con el valor de consumo promedio por bloque, descartando de esta forma un cálculo con el valor central del intervalo. Entonces la decisión debe ser tomada entre la utilización de datos individuales o de los agrupados en bloques.

Para tomar dicha decisión se diseñaron dos muestras, una con el verdadero valor de la desviación estandar y otro considerando los datos distribuidos, indicadas en los Cuadros N° 2 y N° 3 respectivamente, notándose que el tamaño de muestra prácticamente permanece invariable, no así el valor de la variancia de la muestra, en la cual encontramos una diferencia en porcentaje del 11.95%, respecto al diseño con el verdadero valor de desviación estandar para la división en 6 estratos.

De este análisis se puede señalar que puede ser factible la utilización de los datos agrupados en intervalos de consumo para la determinación del tamaño de muestra considerando los valores promedio en cada bloque, pero tomando muy en cuenta la

diferencia que existirá en la variancia. Además la facilidad para acceder a esta información es grande y permitirá realizar promedios, del uso de energía mensual, para varios meses o todo un año, procurando que las unidades de muestra sean lo más constantes posible y no tener el movimiento entre estratos de alguna o varias unidades seleccionadas para el muestreo, lo cual, en un momento determinado, llevaría a un rediseño o un arreglo del o de los estratos.

CUADRO No 1

CALCULO DE LA DESVIACION ESTANDAR POR ESTRATO (VERDADERA-PROMEDIO-CENTRAL)						
ESTRATO	RANGO (kWh)	ABONADOS	ENERGIA (kWh/mes)	DESVIACION VERDADERA	DESVIACION PROMEDIO	DESVIACION DAT. CENT.
1	31- 100	50657	3455522	19.9399	19.7322	17.8071
2	101- 160	42356	5425580	17.1489	16.3592	13.3033
3	161- 300	43078	9345405	39.1579	36.7810	17.0065
4	301- 500	18986	7245579	56.6176	48.7114	74.3661
5	501- 800	9432	5862696	84.1709	79.0473	92.9348
6	801-1500	5494	5734736	186.5384	178.3854	223.7459
		170003	37069518			

## CUADRO No 2

## DISEÑO DE MUESTRA CON DESVIACION ESTANDAR VERDADERA

POBLACION A MUESTREARSE: RESIDENCIAL  
 NUMERO DE ESTRATOS= 6

ESTRATO	RANGO	ABONADOS POR ESTRATO	PESO POR ESTRATO	ENERGIA POR ESTRATO	DESVIACION ESTANDAR
1	31- 100	50657	.298	3455522	19.94
2	101- 160	42356	.249	5425580	17.15
3	161- 300	43078	.253	9345405	39.16
4	301- 500	18986	.112	7245579	56.62
5	501- 800	9432	.055	5862696	84.17
6	801-1500	5494	.032	5734736	186.54
		170003		37069518	

ESTRATO	DESVEST	TAMAÑO POR ESTRATO	VARIANCIA DE LA POBLACION	RAIZ DE LA VARIANCIA	PROMEDIO DE LA POBLACION
1	5.942	15.99	2.2072		
2	4.273	11.50	1.5872		
3	9.923	26.70	3.6848		
4	6.323	17.02	2.3474		
5	4.670	12.57	1.7330		
6	6.029	16.22	2.2335		
		100	13.7931	3.7139	218.0521

COEFICIENTE DE  
 VARIACION  
 1.7032

DISEÑO CONSIDERANDO A CADA ESTRATO POR SEPARADO  
 TAMAÑO DE MUESTRA PARA CADA ESTRATO=100  
 NIVEL DE CONFIANZA DEL 95% (K=1.96)

ESTRATO	PROMEDIO	ERROR ESTANDAR	INTERVALO DE CONFIANZA
1	68.2	3.9	64.3- 72.1
2	128.1	3.4	124.7- 131.5
3	216.9	7.7	209.3- 224.6
4	381.6	11.1	370.5- 392.7
5	621.6	16.5	605.1- 638.1
6	1043.8	36.6	1007.3- 1080.4

## CUADRO No 3

## DISEÑO DE MUESTRA CON DESVIACION ESTANDAR PROMEDIO

POBLACION A MUESTREARSE: RESIDENCIAL  
 NUMERO DE ESTRATOS= 6

ESTRATO	RANGO	ABONADOS POR ESTRATO	PESO POR ESTRATO	ENERGIA POR ESTRATO	DESVIACION ESTANDAR
1	31- 100	50657	.298	3455522	19.73
2	101- 160	42356	.249	5425580	16.36
3	161- 300	43078	.253	9345405	36.78
4	301- 500	18986	.112	7245579	48.71
5	501- 800	9432	.055	5862696	79.05
6	801-1500	5494	.032	5734736	178.39
		170003		37069518	

ESTRATO	DESVEST	TAMAÑO POR ESTRATO	VARIANCIA DE LA POBLACION	RAIZ DE LA VARIANCIA	PROMEDIO DE LA POBLACION
1	5.880	16.86	2.0494		
2	4.076	11.69	1.4207		
3	9.320	26.73	3.2476		
4	5.440	15.60	1.8952		
5	4.386	12.58	1.5271		
6	5.765	16.53	2.0040		
		100	12.1439	3.4848	218.0521

COEFICIENTE DE  
 VARIACION  
 1.5982

DISEÑO CONSIDERANDO A CADA ESTRATO POR SEPARADO  
 TAMAÑO DE MUESTRA PARA CADA ESTRATO=100  
 NIVEL DE CONFIANZA DEL 95% (K=1.96)

ESTRATO	PROMEDIO	ERROR ESTANDAR	INTERVALO DE CONFIANZA
1	68.2	3.9	64.3- 72.1
2	128.1	3.2	124.9- 131.3
3	216.9	7.2	209.7- 224.2
4	381.6	9.5	372.1- 391.2
5	621.6	15.5	606.1- 637.1
6	1043.8	35.0	1008.9- 1078.8

## APENDICE Nº 4

### MANUAL DE USO DEL PROGRAMA PARA ESTRATIFICACION

#### CONSIDERACIONES PREVIAS

El presente programa ha sido desarrollado como un aporte al trabajo de tesis, ya que, el análisis que debía ser realizado para determinar una estratificación final, implicaba la realización de muchos diseños lo cual representaba un trabajo arduo al desarrollarlo en forma manual. De allí la necesidad de que dicho cálculo sea iterativo, con lo que se tiene mayor continuidad, rapidez y confiabilidad en la obtención de resultados. Además la interacción entre el computador y el usuario hace fácil el manejo del programa y los errores que puedan producirse serán muy eventuales.

#### OBJETIVO

El objetivo principal que el programa persigue es el de determinar, en forma rápida y confiable, el diseño de una muestra estratificada, en base a datos de consumidores y energía por bloques de consumo mensual, estipulados en los pliegos tarifarios que la Empresa Eléctrica "QUITO S.A." genera mes a mes, para los diferentes tipos de abonados que sirve dicha empresa. Luego del procesamiento de estos datos se encuentran como resultado índices estadísticos tales como desviación estandar y tamaño de muestra por estrato, variancia y coeficiente

de variación de la muestra; considerando, para el diseño, un número de estratos y de tamaño de muestra total a criterio del usuario del programa.

## METODO DE SOLUCION

El procedimiento aplicado para el diseño de la muestra estratificada se basa en la regla del acumulado de la raíz de  $u_f$ , el cual permite la fijación de los límites de los estratos en los cuales se decida dividir a la población en estudio, y que al ser utilizada con el principio de afijación óptima de Neyman, se tiende a minimizar la variancia de la muestra y además se consigue una distribución del tamaño de muestra por estrato proporcional al peso de dicho estrato y su desviación estandar.

El proceso de cálculo se resume en los siguientes pasos:

- 1.- Lectura del archivo de datos obtenidos a partir de la distribución por bloques de consumo.
- 2.- Generación, en base a la longitud de los intervalos, del valor de  $u$  y del acumulado de  $u_f$ .
- 3.- Definición de límites y cálculo de consumidores y energía por estrato.
- 4.- Determinación del tamaño de muestra por estrato, variancia

de la muestra y coeficiente de variación.

5.- Presentación de resultados.

## DESCRIPCION DEL PROGRAMA

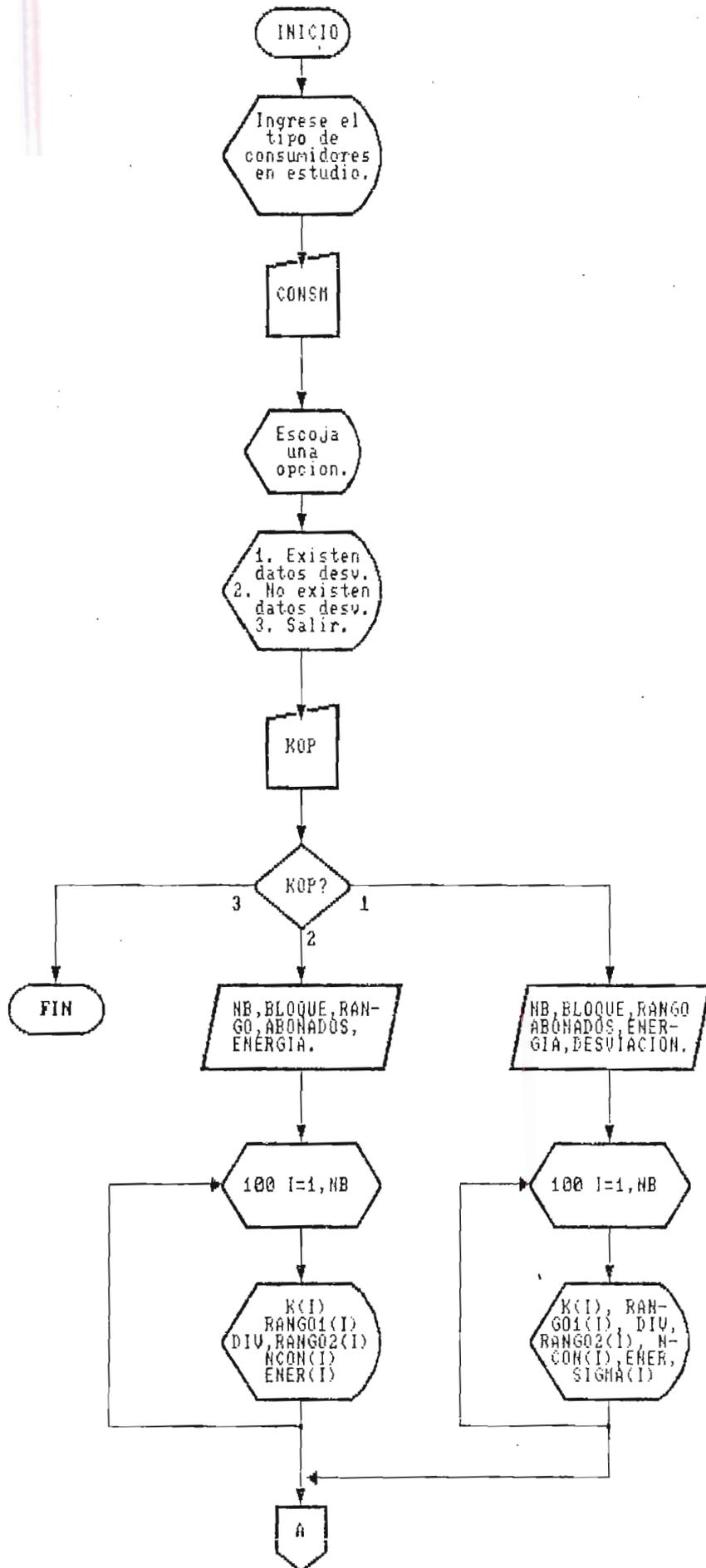
El programa en sí, consta de un programa principal y de cuatro subrutinas para su ejecución. A continuación se detalla el proceso que se desarrolla, para el cálculo, tanto del programa principal cuanto de las subrutinas.

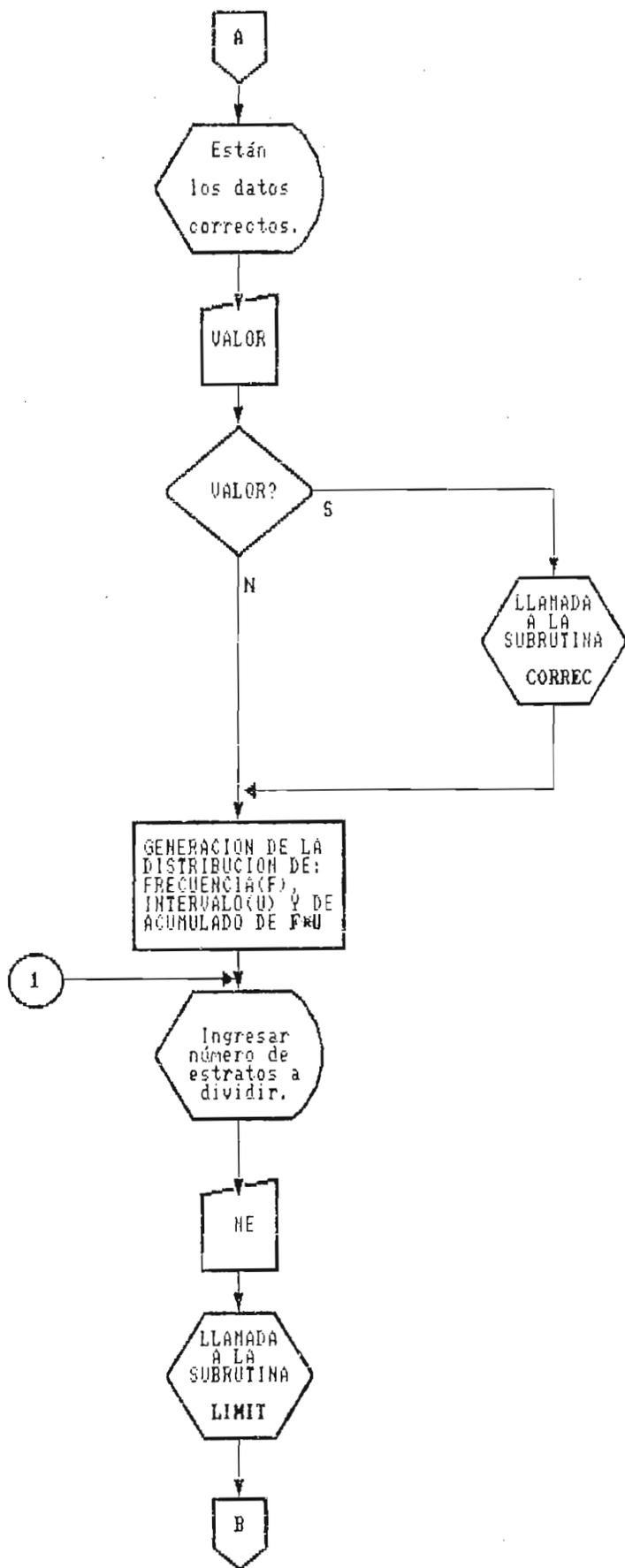
Programa Principal: En la primera parte del programa se presenta un menú para conocer si existen datos de desviación estandar por bloque con lo cual seguir una secuencia determinada de lectura de datos y cálculo de las desviación estandar por estrato. Luego se ingresa por teclado el tipo de abonado a estratificarse. Luego lee, en primer lugar del archivo DATOS, el valor del número de bloques NB en que se ha dividido a los abonados y en forma secuencial lee los valores del número del bloque, rango o límites de consumo mensual de dicho bloque, el número de abonados y la energía consumida en ese bloque. Si es que además se cuentan con valores de desviación estandar, también leerá estos valo-

res por bloque.

Luego imprime el archivo de datos en pantalla, lo cual permite observar si es que existen datos erróneos en algún bloque. El programa pregunta si existe algún dato incorrecto y en el caso afirmativo el control del programa se transfiere a la subrutina CORREC, caso contrario continúa el proceso de cálculo. Se determina la distribución del acumulado de la raíz de  $u_f$  para los diferentes bloques, luego de lo cual llama secuencialmente a las subrutinas LIMIT, DISEN Y MODIFIC; para al final preguntar si desea realizar otro diseño o si termina la ejecución del programa.

El diagrama de bloques del Programa Principal se encuentra incluido en la Figura N° 1.





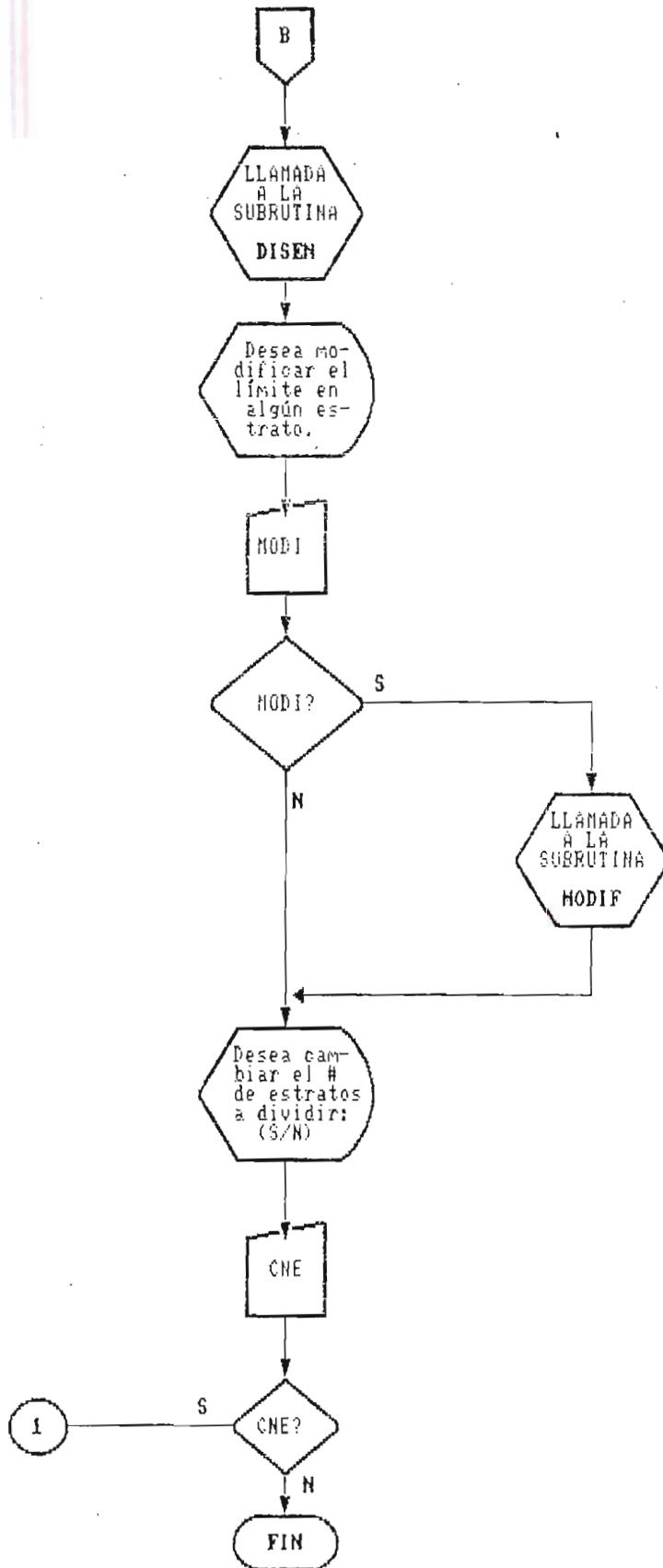
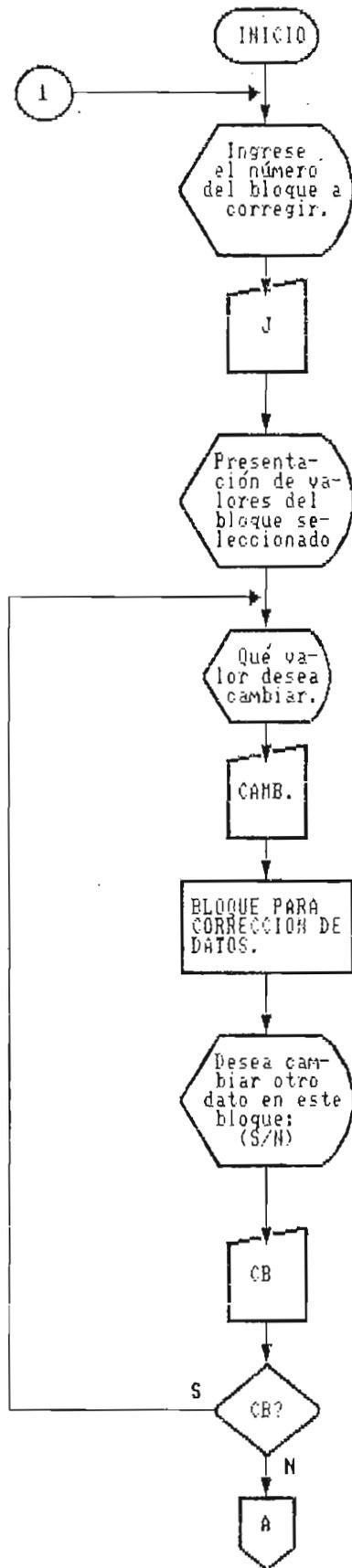


FIGURA N. 1.- Diagrama de bloques del PROGRAMA PRINCIPAL.

Subrutina Correc : Se encarga de corregir datos erróneos en el archivo de datos y grabarlo en un nuevo archivo de datos, el cual será utilizado para continuar con la ejecución del programa. Para la corrección esta subrutina imprime los valores del bloque seleccionado como erróneo en pantalla, y pregunta cual es el valor a corregirse. Luego de la corrección imprime los nuevos valores en pantalla y pregunta si existen más datos erróneos a corregirse. En caso de contestar afirmativamente se transfiere el control al principio de la subrutina, caso contrario retorna al programa principal. El diagrama de bloques correspondiente a esta subrutina se lo muestra en la figura Nº 2.



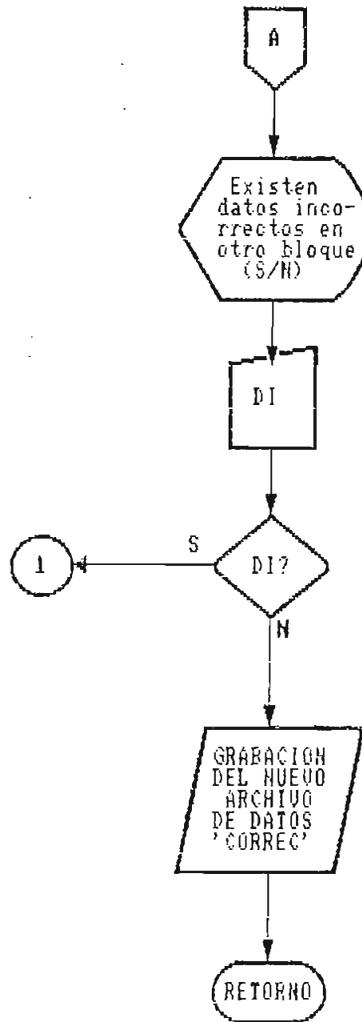


FIGURA N. 2.- Diagrama de bloques de la subrutina CORREC.

Subrutina Limit : Se encarga de fijar los valores de los límites de cada estrato. Para ello es necesario ingresar por pantalla el dato del número de estratos en que se desea dividir, para juntamente con el valor del acumulado de la raíz de *uf*, generado en el programa principal para fijar los límites por estrato.

Aquí también se calculan los valores de abonados y energía por estrato, mediante el sumatorio de estos valores de los bloques que se encuentran dentro de un determinado estrato. Luego de este proceso de cálculo el control se transfiere al programa principal. El diagrama de bloques correspondiente a la subrutina LIMIT se presenta en la figura N° 3

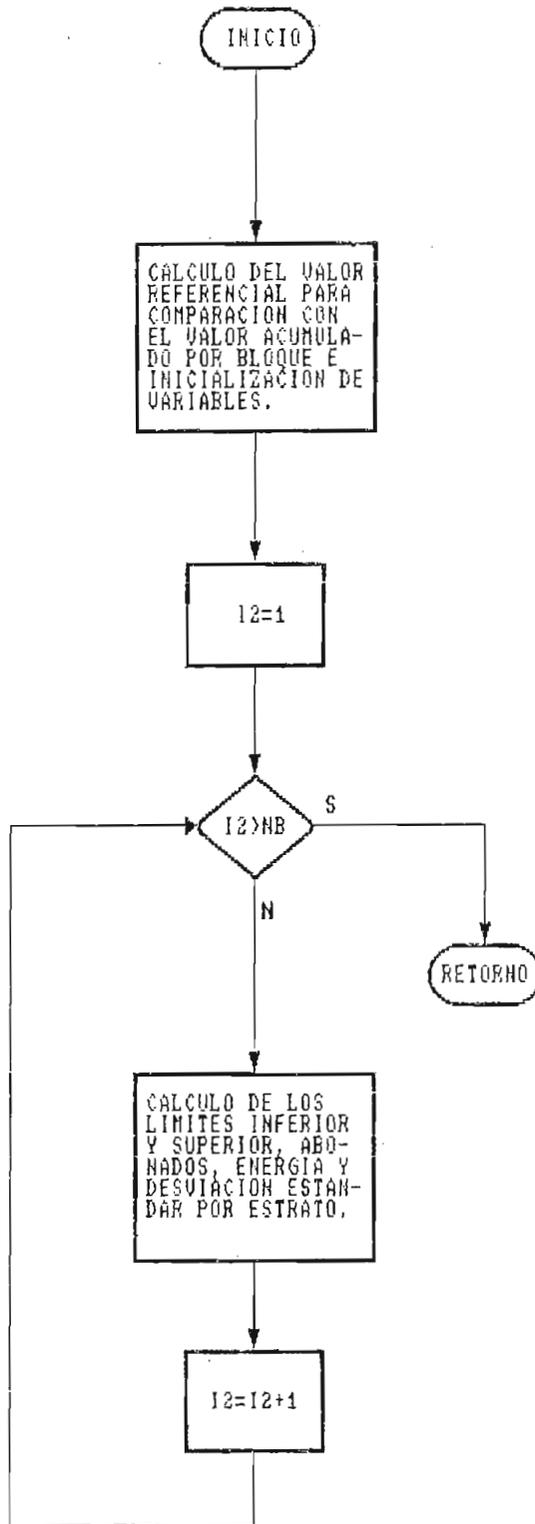


FIGURA N. 3.- Diagrama de bloques de la subrutina LIMIT.

Subrutina Disen : Después de la fijación de límites, abonados y energía por estrato, esta subrutina se encarga del diseño de la muestra.

En esta subrutina se pide al operador que ingrese el dato del número de registradores, dato que servirá para determinar el tamaño de muestra y el coeficiente de variación de la muestra. También se determinan los valores del peso y desviación estandar por estrato, valores que sirven para calcular el tamaño de muestra por estrato y la variancia de la muestra que produce esa división en estratos, con el tamaño de muestra ingresado. El diseño es presentado en pantalla, y también grabado en un archivo de resultados, para poder visualizar el diseño de la muestra en estas circunstancias.

Luego se pregunta si desea realizar un nuevo diseño cambiando el número de registradores, si la respuesta es afirmativa se retorna al principio de la subrutina para ingresar el nuevo valor, caso contrario se transfiere el control al programa principal. El diagrama se muestra en la Fig. N°4.

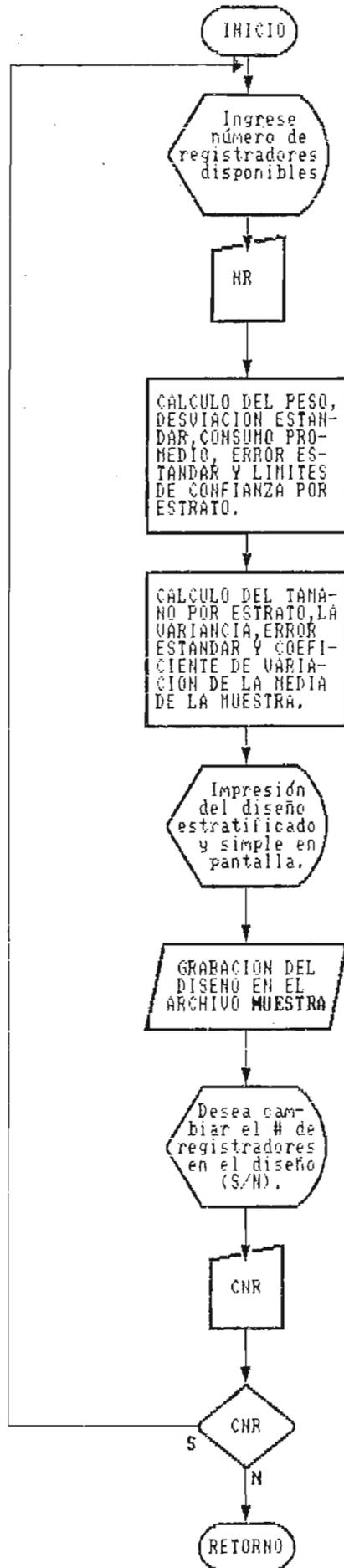


FIGURA N. 4.- Diagrama de bloques de la subrutina DISEN.

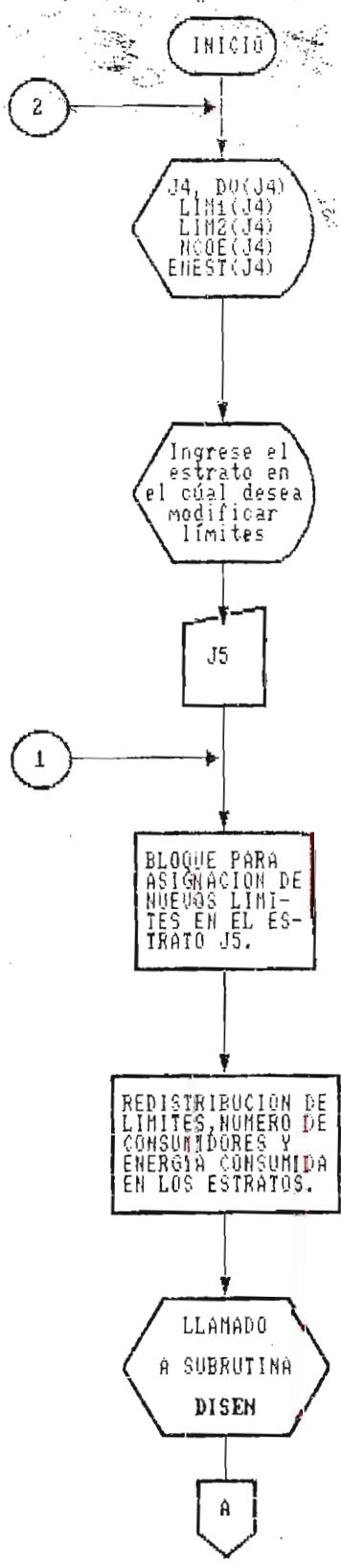
Subrutina modific : Esta subrutina sirve, para en un momento determinado, modificar los límites de algún estrato de la muestra, partiendo del diseño establecido, y configurar a juicio del personero los límites de determinado(s) estrato(s).

Se pregunta el estrato en el cual se desea modificar los límites y la subrutina presenta en pantalla los valores de límites inferior y superior, abonados, energía y desviación estandar en los diferentes estratos y se pide ingresar el estrato en el cual se desea modificar los límites. Hay que indicar en este punto, que la modificación de límites se la hace paso a paso, es decir, al ingresar el nuevo límite, éste deberá ser el inmediato superior o inferior al que se desea cambiar.

Luego de realizado este cambio, se llama a la subrutina DISEN, a fin de realizar el nuevo diseño modificado y visualizar los cambios que se han realizado. Estas modificaciones se graban en un archivo distinto llamado MODIFIC, para no mezclar los resultados con el diseño original y que

servirán para su análisis y comparación posterior. Después se pregunta si se desea modificar otro límite en ese estrato; si se responde afirmativamente se reinicia el procedimiento, caso contrario se pregunta si desea cambiar el límite en otro estrato, en el caso afirmativo se va al inicio de la subrutina y si no retorna el control al programa principal.

El diagrama de bloques de la subrutina MODIFIC se presenta en la figura Nº 5



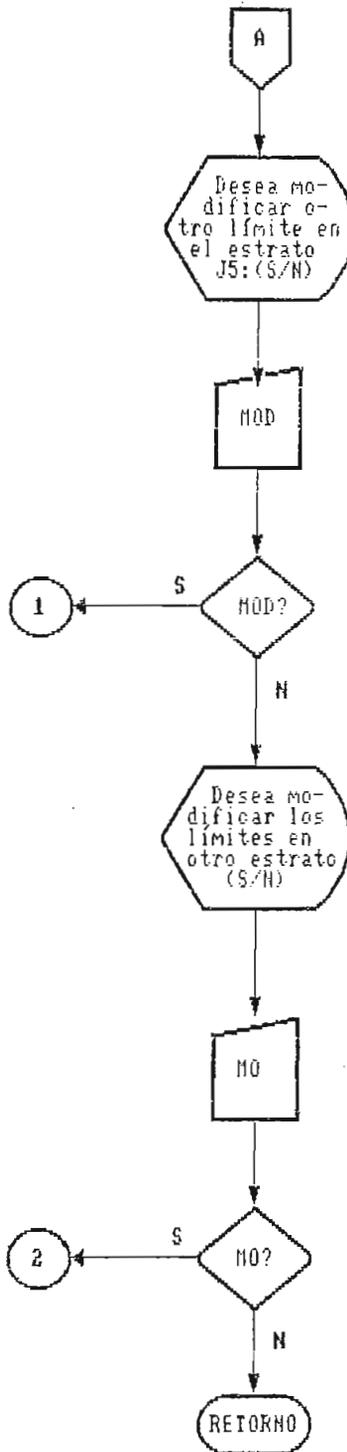


FIGURA N. 5.- Diagrama de bloques de la subrutina MODIF.

## VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA

Variables de entrada

CONSUM: Tipo de abonado en estudio. (Residencial, Comercial o Industrial)

NB: Número de bloques de consumo en el cual ha sido dividido la población.

K(I): Número del bloque donde I varía desde 1 hasta NB.

RANGO1(I): Valor del consumo inferior del bloque I.

RANGO2(I): valor del consumo superior del bloque I.

NCON(I): Número de abonados cuyos consumos están comprendidos entre los valores de RANGO1(I) y RANGO2(I).

ENER(I): Valor total de la energía consumida por los abonados del bloque I.

SIGMA(I): Desviación estandar de la energía en el bloque I.

NE: Número de estratos en los que se decida dividir a la población.

NR: Tamaño de muestra total (Número de registradores) para la asignación del tamaño de muestra por estrato.

Variables de salida

L1: Número del estrato. Varía desde 1 hasta NE.

LIN(L1): Límite inferior del estrato L1.

LSU(L1): Límite superior del estrato L1.

NCONEST(L1): Número de consumidores en el estrato L1.

TOTAB: Total de consumidores en estudio.

ENEREST(L1): Energía total consumida en el estrato L1.

TOTEN: Energía total consumida por las consumidores en estudio.

PESO(L1): Relación del número de consumidores del estrato L1 con respecto al total de consumidores en estudio.

DESVEST(L1): Valor de la desviación estandar del estrato L1.

PESODESV(L1): Valor resultante del producto del peso por la desviación estandar en el estrato L1.

TAM(L1): Valor del tamaño de muestra por estrato, calculado de acuerdo con la afijación de Neyman.

VAR(L1): Variancia de la muestra en el estrato L1.

TOTVAR: Variancia total de la muestra.

ERREST: Error estandar de la estimación de la media de la población.

PROMEDIO: Valor medio de la característica tomada como base para la estratificación.

COEFVAR: Valor del coeficiente de variación resultante de la muestra.

VALMED(L1): Valor medio del consumo de energía en el estrato L1.

ERR(L1): Error estandar de la estimada del valor medio de la población en el estrato L1.

CONF1(L1): Límite de confianza inferior de la media de la muestra en el estrato L1.

CONF2(L1): Límite de confianza superior de la media de la muestra en el estrato L1.

## FORMA DE GENERAR EL ARCHIVO DE DATOS

### EDICION

Los datos que el programa requiere para su ejecución, por el hecho de estar desarrollado para trabajar en un computador personal, deberán ser grabados en un diskette, mediante un archivo cuyo nombre será **DATOS**, el mismo que puede ser editado dentro del Sistema Operativo con el comando **EDLIN**, mediante un procesador de texto como **WORDPERFECT**, o en cualquier programa utilitario que permita generar dicho archivo.

La generación de este archivo es fácil, puesto que no se necesitan más que los datos de límites, abonados y energía por bloques de consumo. En el caso de contar con datos de desviación estandar por bloque, estos también deberán ser editados. Estos datos no se ingresan por pantalla ya que sería un trabajo muy cansado para el operador, en el caso de utilizar constantemente el programa, pues tendría que teclear estos valores siempre que se ingrese al mismo. En cambio las otras variables de entrada se ingresan por pantalla, lo cual permite hacer iterativo al programa y de esta forma realizar varios diseños a la vez y posteriormente hacer comparaciones con los mismos.

### FORMATOS DE ENTRADA

El ingreso de los datos al programa se lo hace en forma secuencial, por lo tanto al momento de editar el archivo **DATOS**

se deberán tomar en cuenta los formatos, de manera que la lectura de datos sea correcta y no se produzcan resultados distorsionados.

El orden en el cual deben ingresarse los datos y sus respectivos formatos se los puede apreciar en la figura N<sup>o</sup> 6. Hay que aclarar que el formato para la desviación estandar, indicado entre líneas entrecortadas, se lo debe utilizar únicamente cuando existan dichos valores para cada uno de los bloques. En el caso de su existencia al inicio del programa se pregunta si es que el archivo de datos cuenta con los valores de desviación estandar, con lo cual se procede a su lectura y utilización en el cálculo de la desviación estandar por estrato.

Los datos que se ingresan por pantalla tienen su propio control para no sobrepasar límites y restricciones en el programa y de esta forma darle mayor continuidad al desarrollo del diseño. Por lo tanto serán muy eventuales posibles errores que determinen la finalización del programa.

#### FORMA DE UTILIZACION DEL PROGRAMA

El programa para su ejecución requiere de la existencia del archivo DATOS, por lo tanto, el primer paso es grabar o copiar dicho archivo en el diskette de aplicaciones que contiene los archivos ejecutables.



Para comenzar la ejecución del programa en sí, es necesario ingresar el siguiente comando: **ESTRATOS** y luego pulsar **ENTER**. Entonces se presenta en pantalla la identificación correspondiente al procedimiento utilizado para diseñar la muestra estratificada, y luego para continuar con el programa. En la figura Nº 7 se muestra la identificación del programa.

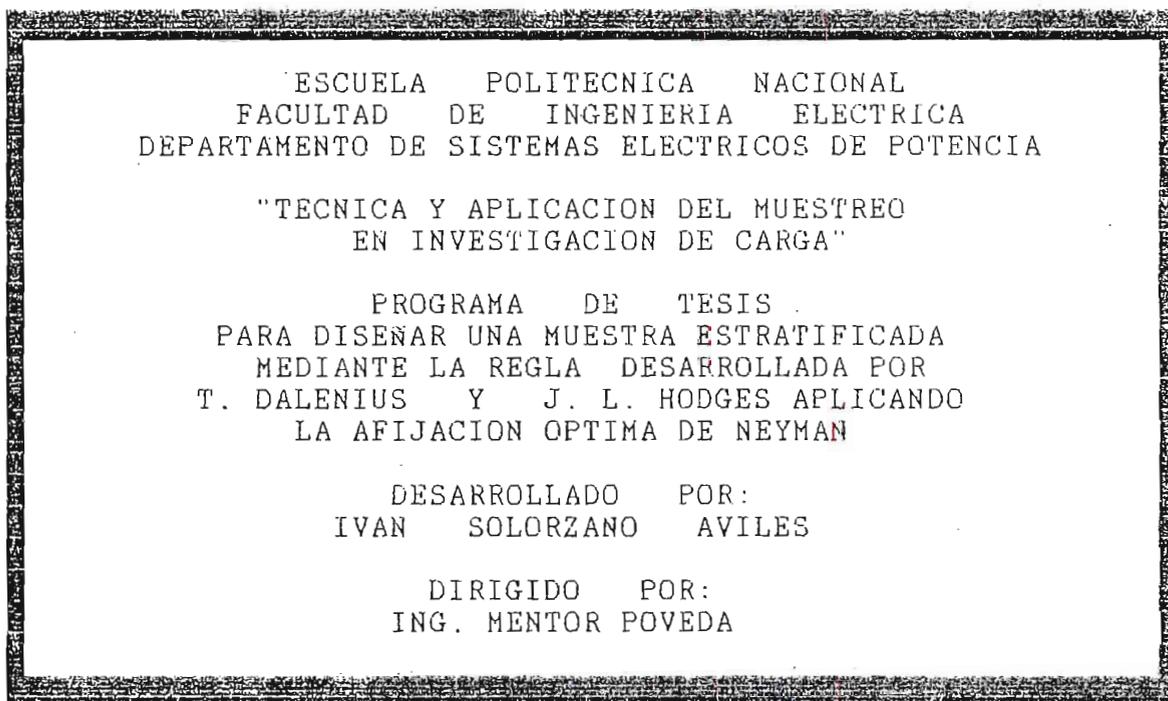


Figura Nº 7.- Identificación del Programa de Tesis.

En el caso de no existir el archivo **DATOS**, se presenta en pantalla un mensaje de error y termina la ejecución del programa, a fin de que comience con el proceso de ejecución nuevamente. Si existe dicho archivo entonces se muestra un mensaje indicando que se coloque las letras en **MAYUSCULAS**, presionando la tecla **CAPSLOCK** y luego pulsando **ENTER**, si no estuviere el

teclado en esta condición. Es imprescindible que el teclado esté en esta condición para que la ejecución del programa no sea obstruida en algún momento por cumplir una determinada secuencia del programa.

Después se presenta un menú para escoger si el archivo de datos contiene o no datos de desviación estandar por bloque o, si desea salir del programa. La presentación del menú en pantalla se muestra en la figura N° 8.

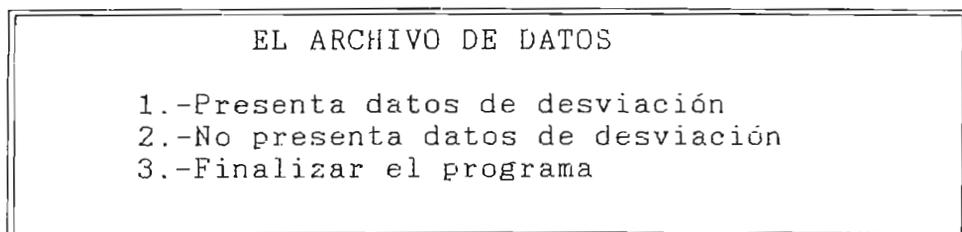


Figura N° 8.- Menú para archivo de datos.

Luego de realizado el proceso iterativo de cálculo para el(los) diseño(s) de la(s) muestra(s), se presenta otro menú con dos opciones a escoger. La primera para imprimir el(los) archivo(s) de resultado(s) que se generaron en el proceso anterior y la segunda para finalizar el proceso.

Es importante indicar en este punto que en el caso de no imprimir estos archivos, estos serán borrados del diskette de aplicaciones, cuando se vuelva a correr el programa. Por lo tanto una buena práctica será la de imprimir los archivos antes

de terminar el programa. En la figura Nº 9 se muestra el menú correspondiente.

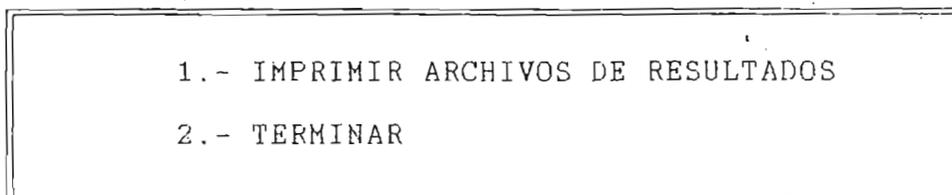


Figura Nº 9.- Menú para impresión de archivos,

La interacción que se da entre el programa y el operador hace más versátil su desarrollo y permite imponer diferentes condiciones para los diseños con lo cual la obtención de resultados es más rápida y confiable.

## RESTRICCIONES

El programa está desarrollado para que maneje un número máximo de 50 bloques y divisiones máximo hasta en 10 estratos y el número diseños que se pueden realizar por corrida del programa, sólo estará restringido por la capacidad de memoria libre que el diskette dispone para el manejo de los archivos de datos y resultados.

## EJEMPLOS

### Características.

Los siguientes ejemplos son desarrollados en base a archivos de datos con y sin datos de desviación estandar por bloque, a fin de verificar al secuencia correcta en la lectura de datos. Los datos corresponden a la distribución de la facturación por bloques de consumo para los abonados tipo Residencial con los cuales se procede a diseñar muestras estratificadas para diferentes números de estratos y tamaños de muestra total. Esto también permite verificar el proceso iterativo y la secuencia correcta del programa para la fijación de límites de consumo y tamaño de muestra por estrato, y el cálculo del error estandar y el coeficiente de variación de la muestra; así como también, la modificación de límites en algún estrato a criterio del personal encargado del diseño.

Los archivos de datos respectivos se encuentran impresos en los cuadros N° 1 y N° 2.

## CUADRO No 1

ARCHIVO "DATOS" CON VALORES DE DESVIACION  
ESTANDAR POR BLOQUE

23

BLOQUES	RANGO	ABONADOS	ENERGIA	DESVIACION
1	31- 40	5704	202705	2.86
2	41- 50	6271	285395	2.88
3	51- 60	6773	376300	2.86
4	61- 70	7268	476225	2.89
5	71- 80	7836	592221	2.87
6	81- 90	8248	705827	2.89
7	91- 100	8557	816849	2.86
8	101- 120	16401	1809499	5.79
9	121- 140	14239	1854757	5.77
10	141- 150	6028	876749	2.87
11	151- 160	5688	884575	2.88
12	161- 200	17919	3213481	11.48
13	201- 240	12576	2759159	11.53
14	241- 300	12583	3372765	17.25
15	301- 400	12182	4205519	28.75
16	401- 500	6804	3040060	29.04
17	501- 600	4499	2463783	28.90
18	601- 700	2930	1899868	29.16
19	701- 800	2003	1499045	28.62
20	801- 900	1597	1354279	28.71
21	901-1000	1132	1072004	28.73
22	1001-1200	1557	1701279	57.79
23	1201-1500	1208	1607174	85.86

## CUADRO No 2

ARCHIVO "DATOS" SIN VALORES DE DESVIACION  
ESTANDAR POR BLOQUE

23

BLOQUES	RANGO	ABONADOS	ENERGIA
1	31- 40	5704	202705
2	41- 50	6271	285395
3	51- 60	6773	376300
4	61- 70	7268	476225
5	71- 80	7836	592221
6	81- 90	8248	705827
7	91- 100	8557	816849
8	101- 120	16401	1808499
9	121- 140	14239	1854757
10	141- 150	6028	876749
11	151- 160	5688	884575
12	161- 200	17919	3213481
13	201- 240	12576	2759159
14	241- 300	12583	3372765
15	301- 400	12182	4205519
16	401- 500	6804	3040060
17	501- 600	4499	2463783
18	601- 700	2930	1899868
19	701- 800	2003	1499045
20	801- 900	1597	1354279
21	901-1000	1132	1072004
22	1001-1200	1557	1701279
23	1201-1500	1208	1607174

## Resultados.

A continuación se presentan los archivos de resultados generados en el programa tanto de los diferentes diseños como de la modificación de límites, en algún estrato, con la presentación de los respectivos diseños y los índices estadísticos que servirán como base para la comparación con los estadísticos que se determinen una vez realizada la muestra.

Del análisis de los diferentes diseños se puede definir el diseño particular a ser adoptado para su planeamiento y posterior ejecución.

ARCHIVOS DE RESULTADOS DEL PROGRAMA  
PARA ESTRATIFICACION

POBLACION A MUESTREARSE: RESIDENCIAL  
NUMERO DE ESTRATOS= 4

ESTRATO	RANGO	ABONADOS POR ESTRATO	PESO POR ESTRATO	ENERGIA POR ESTRATO	DESVIACION ESTANDAR
1	31- 140	81297	.478	7119778	30.29
2	141- 300	54794	.322	11106729	44.25
3	301- 600	23485	.138	9709362	83.78
4	601-1500	10427	.061	9133649	226.39
		170003		37069518	

ESTRATO	DESVEST	TAMANO POR ESTRATO	VARIANCIA DE LA POBLACION	RAIZ DE LA VARIANCIA	PROMEDIO DE LA POBLACION
1	14.485	26.72	7.8495		
2	14.264	26.31	7.7285		
3	11.574	21.35	6.2683		
4	13.886	25.62	7.5087		
		100	29.3549	5.4180	218.0521

COEFICIENTE DE  
VARIACION  
2.4847

DISEÑO CONSIDERANDO A CADA ESTRATO POR SEPARADO  
TAMANO DE MUESTRA PARA CADA ESTRATO=100  
NIVEL DE CONFIANZA DEL 95% (K=1.96)

ESTRATO	PROMEDIO	ERROR ESTANDAR	INTERVALO DE CONFIANZA
1	87.6	5.9	81.6- 93.5
2	202.7	8.7	194.0- 211.4
3	413.4	16.4	397.0- 429.8
4	876.0	44.4	831.6- 920.3

ARCHIVO DE RESULTADOS CON LA MODIFICACION  
DE LIMITES EN LOS ESTRATOS

EL ESTRATO A MODIFICARSE ES: 1  
LOS NUEVOS LIMITES DE ESTE ESTRATO SON: 31- 150

ESTRATO	RANGO	ABONADOS POR ESTRATO	PESO POR ESTRATO	ENERGIA POR ESTRATO	DESVIACION ESTANDAR
1	31- 150	87325	.514	7996527	32.71
2	151- 300	48766	.287	10229980	41.76
3	301- 600	23485	.138	9709362	83.78
4	601-1500	10427	.061	9133649	226.39
		170003		37069518	

ESTRATO	DESVEST	TAMAÑO POR ESTRATO	VARIANCIA DE LA POBLACION	RAIZ DE LA VARIANCIA	PROMEDIO DE LA POBLACION
1	16.802	30.98	9.1104		
2	11.980	22.09	6.4954		
3	11.574	21.34	6.2722		
4	13.886	25.60	7.5133		
		100	29.3913	5.4214	218.0521

COEFICIENTE DE  
VARIACION  
2.4863

DISEÑO CONSIDERANDO A CADA ESTRATO POR SEPARADO  
TAMAÑO DE MUESTRA PARA CADA ESTRATO=100  
NIVEL DE CONFIANZA DEL 95% (K=1.96)

ESTRATO	PROMEDIO	ERROR ESTANDAR	INTERVALO DE CONFIANZA
1	91.6	6.4	85.2- 98.0
2	209.8	8.2	201.6- 218.0
3	413.4	16.4	397.0- 429.8
4	876.0	44.4	831.6- 920.3

EL ESTRATO A MODIFICARSE ES: 3  
 LOS NUEVOS LIMITES DE ESTE ESTRATO SON: 301- 700

ESTRATO	RANGO	ABONADOS POR ESTRATO	PESO POR ESTRATO	ENERGIA POR ESTRATO	DESVIACION ESTANDAR
1	31- 140	81297	.478	7119778	30.29
2	141- 300	54794	.322	11106729	44.25
3	301- 700	26415	.155	11609230	108.54
4	701-1500	7497	.044	7233781	206.90
		170003		37069518	

ESTRATO	DESVEST	TAMAÑO POR ESTRATO	VARIANCIA DE LA POBLACION	RAIZ DE LA VARIANCIA	PROMEDIO DE LA POBLACION
1	14.485	26.46	7.9262		
2	14.264	26.06	7.8040		
3	16.865	30.81	9.2207		
4	9.124	16.67	4.9833		
		100	29.9342	5.4712	218.0521

COEFICIENTE DE  
 VARIACION  
 2.5091

DISEÑO CONSIDERANDO A CADA ESTRATO POR SEPARADO  
 TAMAÑO DE MUESTRA PARA CADA ESTRATO=100  
 NIVEL DE CONFIANZA DEL 95% (K=1.96)

ESTRATO	PROMEDIO	ERROR ESTANDAR	INTERVALO DE CONFIANZA
1	87.6	5.9	81.6- 93.5
2	202.7	8.7	194.0- 211.4
3	439.5	21.3	418.2- 460.8
4	964.9	40.6	924.3- 1005.4

DISEÑO DE LA MUESTRA ESTRATIFICADA  
MODIFICANDO EL NUMERO DE REGISTRADORES.

POBLACION A MUESTREARSE: RESIDENCIAL  
NUMERO DE ESTRATOS= 2

ESTRATO	RANGO	ABONADOS POR ESTRATO	PESO POR ESTRATO	ENERGIA POR ESTRATO	DESVIACION ESTANDAR
1	31- 300	136091	.801	18226507	67.26
2	301-1500	33912	.199	18843011	257.24
		170003		37069518	

ESTRATO	DESVEST	TAMAÑO POR ESTRATO	VARIANCIA DE LA POBLACION	RAIZ DE LA VARIANCIA	PROMEDIO DE LA POBLACION
1	53.845	51.20	56.6022		
2	51.315	48.80	53.8850		
		100	110.4872	10.5113	218.0521

COEFICIENTE DE  
VARIACION  
4.8205

DISEÑO CONSIDERANDO A CADA ESTRATO POR SEPARADO  
TAMAÑO DE MUESTRA PARA CADA ESTRATO=100  
NIVEL DE CONFIANZA DEL 95% (K=1.96)

ESTRATO	PROMEDIO	ERROR ESTANDAR	INTERVALO DE CONFIANZA
1	133.9	13.2	120.7- 147.1
2	555.6	50.4	505.2- 606.1

ESTRATO	DESVEST	TAMAÑO POR ESTRATO	VARIANCIA DE LA POBLACION	RAIZ DE LA VARIANCIA	PROMEDIO DE LA POBLACION
1	53.845	25.60	113.2258		
2	51.315	24.40	107.8476		
		50	221.0734	14.8685	218.0521

COEFICIENTE DE  
VARIACION  
6.8188

DISEÑO CONSIDERANDO A CADA ESTRATO POR SEPARADO  
TAMAÑO DE MUESTRA PARA CADA ESTRATO= 50  
NIVEL DE CONFIANZA DEL 95% (K=1.96)

ESTRATO	PROMEDIO	ERROR ESTANDAR	INTERVALO DE CONFIANZA	
1	133.9	18.6	115.3-	152.6
2	555.6	71.3	484.3-	626.9

## Glosario de Símbolos y Términos Estadísticos.

- $N$ : Total de unidades de la Población a muestrearse.
- $n$ : Tamaño de muestra seleccionada de las  $N$  unidades.
- $N_h$ : Unidades de la Población correspondientes al estrato  $h$ .
- $n_h$ : Unidades de la Población seleccionadas del estrato  $h$ .
- $Y$ : Característica de la Población a ser estimada.
- $\bar{Y}$ : Valor medio de la Población para la característica  $Y$ .
- $Y_{hi}$ : Valor de la característica  $Y$  para la  $i$ -ésima unidad.
- $\bar{Y}_h$ : Valor medio de la característica  $Y$  en el estrato  $h$ .
- $\bar{Y}_{st}$ : Estimada de la media de la población para la característica  $Y$  en una muestra estratificada.
- $\sigma_h$ : Desviación Estandar de la Población para el estrato  $h$ .
- $V$ : Variancia de la estimada de la media de la Población.
- $S_x$ : Error estandar de la estimada de la media de la Población.