



**RESOLUCION CNEE-02-2002**

**LA COMISION NACIONAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

**CONSIDERANDO:**

Que el artículo 4, de la Ley General de Electricidad, que establece que entre otras, es función de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, cumplir y hacer cumplir dicha ley y sus reglamentos, en materia de su competencia, velar por el cumplimiento de las obligaciones de los adjudicatarios y concesionarios y proteger los derechos de los usuarios.

**CONSIDERANDO:**

Que el artículo 89, del Reglamento de la Ley General de Electricidad, que al referirse a los valores DEM (Demanda de energía de los usuarios sin medición por bloque horario) para cada categoría tarifaria, dispone que: "...se obtendrán de estudios de caracterización de carga que contratará cada Distribuidor con firmas especializadas de acuerdo a Términos de Referencia elaborados por la Comisión.", y por su parte el artículo 97, del mismo cuerpo legal señala que: "Las Distribuidoras deberán contratar con firmas especializadas, precalificadas por la Comisión, estudios de caracterización de cargas, de acuerdo a los términos de referencia que elaborará la Comisión. Los estudios del VAD deberán actualizarse una vez que se disponga de dichos estudios".

**CONSIDERANDO:**

Que el artículo 98 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, establece que "...cada Distribuidor entregará a la Comisión el estudio tarifario que deberá incluir los cuadros tarifarios resultantes y las respectivas fórmulas de ajuste, así como el respectivo informe de respaldo: la Comisión en el plazo de un mes aprobará o rechazará los estudios efectuados por los consultores formulando las observaciones que considere pertinentes", y que el Estudio de Caracterización de la Carga, es un elemento del estudio tarifario final, que deberá someterse a aprobación de esta Comisión.

**POR TANTO:**

Esta Comisión, con base en lo expuesto y normas citadas,

**RESUELVE:**

A. Emitir la Metodología General del Estudio de Caracterización de la Carga, a saber:

**METODOLOGÍA GENERAL DEL ESTUDIO  
DE CARACTERIZACIÓN DE LA CARGA**

**I. PRESENTACION**

La presente "Metodología General del Estudio de Caracterización de la Carga" tiene por objeto definir de manera más específica algunos conceptos, que ya habían sido definidos de forma preliminar y general en el documento denominado "CNEE-Metodología del Estudio de Caracterización de la Carga".

El Estudio de Caracterización de la Carga tiene como finalidad proveer la información necesaria para la determinación de las características de consumo de los usuarios y las condiciones de suministro de energía eléctrica. Esta información será utilizada en la determinación de los índices a ser utilizados en la elaboración del pliego tarifario que las empresas distribuidoras deberán presentar a la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), para su aprobación, de acuerdo a lo estipulado en la Ley General de Electricidad y sus Reglamentos

El estudio ha sido dividido en tres fases independientes y a la vez estrechamente relacionadas entre sí. En la primera, Fase A: Determinación de la muestra y del equipamiento, se indican los fundamentos y la forma de determinar el tamaño de una muestra que arroje el mínimo error y que sea representativa de todos los sectores de consumo. En esta fase, además, se presenta la forma de determinar los puntos de medición y la definición de las características técnicas de los equipos de medición y/o registro. En la segunda, Fase B.- Confirmación de la muestra y adquisición de los equipos, se indican los pasos que deberán seguirse para confirmar los puntos de medición y proceder la adquisición de los equipos de medición y/o registro. En la tercera, Fase C.- Medición y análisis de datos, se presentan las acciones a seguir desde la instalación de los equipos de medición y/o registro, procedimientos de medición y análisis, hasta la obtención de los parámetros requeridos.

## II. FASE "A": DETERMINACION DE LA MUESTRA Y DEL EQUIPAMIENTO

### 2.1 DEFINICIONES

Todo estudio de Caracterización de la Carga debe obtener datos confiables sobre el uso de la energía y sobre las características de la demanda de grupos específicos o de todo el conjunto de consumidores de un sistema, y en el caso presente, de los consumidores de cada una de las empresas distribuidoras. En ese sentido con propósitos operativos se establecen las definiciones siguientes:

#### 2.1.1. Población Objetivo

La población objetivo esta constituida por todos los usuarios activos en la Base de Facturación de cada Distribuidora. Dicha Población a quien se le tiene que hacer la inferencia se constituye como la unión de los DOMINIOS DE ESTUDIO siguientes:

##### 2.1.1.1. Dominio de Estudio I:

Conformado por los GRANDES USUARIOS, que a su vez se divide en las subpoblaciones siguientes:

- Los usuarios que compran potencia y energía a la Distribuidora
- Los usuarios a los que la Distribuidora sirve en función de transportista

Nota: Las dos subpoblaciones del DOMINIO DE ESTUDIO I, pueden considerarse como una sola subpoblación si la Distribuidora factura a ambas subpoblaciones el mismo Valor Agregado de Distribución, caso contrario deberán considerarse como subpoblaciones diferentes.

##### 2.1.1.2. Dominio de Estudio II:

Conformado por los USUARIOS REGULADOS, que a su vez esta constituido por la unión de las diferentes Categorías Tarifarias o subpoblaciones siguientes:

- Tarifa simple para Usuarios conectados en baja tensión, sin cargo por demanda (BTS).
- Tarifa con medición de demanda máxima, con participación en la punta, para Usuarios conectados en baja tensión. (BTDp)
- Tarifa con medición de demanda máxima con baja participación en la punta, para Usuarios conectados en baja tensión. (BTDfp)
- Tarifa horaria con medida o control de las demandas máximas de potencia dentro de las horas punta, para Usuarios conectados en baja tensión (BTH)
- Tarifa con medición de demanda máxima, con participación en la punta, para Usuarios conectados en media tensión (MTDp)
- Tarifa con medición de demanda máxima, baja participación en la punta, para Usuarios conectados en media tensión (MTDfp)
- Tarifa horaria con medida o control de las demandas máximas de potencia dentro de las horas punta, para Usuarios conectados en media tensión (MTH)
- Tarifa de Alumbrado Público y Alumbrado Exterior Particular

#### 2.1.2 UNIDAD MUESTRAL

La unidad muestral usual es el usuario final. Si la Distribuidora plantea una alternativa de unidad muestral diferente, justificado técnicamente deberá someterlo para aprobación de la CNEE.

#### 2.1.3 MARCOS MUESTRALES

Se deberá definir un marco muestral para cada subpoblación. Para cada marco muestral se deberán excluir de la Base de Datos de facturación a todos aquellos registros que no presenten un mínimo de 12 meses de facturación continua. Si la Distribuidora plantea criterios de exclusión diferentes, justificados técnicamente deberán someterlos para aprobación de la CNEE.

#### 2.1.4 POBLACION BAJO MUESTREO

La población bajo muestreo esta constituida por todos los usuarios que están sujetos a selección en el marco muestral de cada subpoblación de cada uno de los dominios de estudio. Si la Distribuidora plantea una alternativa diferente, justificado técnicamente deberá someterlo para aprobación de la CNEE.

### 2.2. CRITERIO PARA EL DISEÑO DE LA MUESTRA

El diseño de la muestra se fundamenta en la relevancia de uno o en la combinación de algunos de los criterios que se listan:

- *Definición clara de los objetivos* para los cuales se realiza el estudio de Caracterización de la Carga. En el presente caso el objetivo fundamental está dado por la necesidad de contar con datos de potencia que faciliten la obtención de curvas

de carga y a partir de éstas, determinar ciertos factores que reflejen las condiciones de suministro, tales como: simultaneidad, coincidencia y participación.

- *Definición de la Población Objetivo* de la que se obtendrá la muestra, procurando evitar la posibilidad de excluir, en forma accidental y/o intencional, a consumidores que podrían integrarla.
- Determinación del *Tipo de Información* que proporcionará los datos necesarios para cumplir con el objetivo pre-determinado y del cual se establecerá la variable de interés y/o auxiliar si existiera. En el presente caso la obtención del perfil de carga de cada consumidor requiere de datos periódicos de potencia (kW), variable de interés, y energía (kWh), variable auxiliar.
- La determinación de la *Precisión* dependerá del objetivo del estudio, de cómo los resultados serán utilizados, del tamaño de la muestra, y de la varianza (ó Error Cuadrático Medio) de la población.
- El requerimiento de *Equipos* ya sea de medición y/o registro debe responder al grado de confiabilidad y disponibilidad de los datos así como la disponibilidad de recursos financieros.
- El *tiempo mínimo de medición* que viene dado, entre otros, por la estacionalidad y el comportamiento de la carga en el Sistema, el grado de homogeneidad de los diferentes tipos de consumidores y sobre todo por los patrones de uso final de la electricidad.

### 2.3 TIPOS DE MUESTREO

Para seleccionar muestras representativas de una población determinada existen varios procedimientos que dependen de las características de la carga a ser estimada y de la población. Entre estos procedimientos está el de Simple Muestreo Aleatorio, Aleatorio Estratificado, Multi-Dimensional, Sistemático, de Conglomerados, de Dos Fases, etc. A continuación se describen brevemente los dos más relevantes tipos de muestreo.

#### 2.3.1 Simple Muestreo Aleatorio

Selecciona, al azar, unidades individuales de la población total. Cada consumidor tiene igual probabilidad de ser incluido en la muestra. En estudios de Caracterización de la Carga, este método se usa principalmente para poblaciones con pocos consumidores o cuando los consumidores tienen características de consumo similares.

El cálculo de promedios y varianzas de la muestra obtenida mediante el Muestreo Aleatorio Simple, se realiza utilizando las mismas fórmulas regulares para el cálculo de promedios y varianzas de cualquier muestra.

#### 2.3.2 Muestreo Aleatorio Estratificado

Estratificación es la división de una población en grupos o sub-poblaciones, llamados estratos, mutuamente excluyentes y que no se superponen unos a otros. La estratificación puede incrementar la precisión de los estimados de la muestra y/o reducir el tamaño total de la muestra si los estratos resultantes son más homogéneos que la población total.

Se usa estratificación cuando la población contiene divisiones obvias; cuando se trata de obtener una muestra de una población grande manteniendo una precisión aceptable, y cuando se necesitan datos específicos de la división de la población, entre otros casos.

La principal razón para usar la estratificación tiene que ver con la disminución del error de muestreo y con el incremento de la precisión del estimado. El uso de estratificación reduce el tamaño necesario de la muestra para un nivel pre-determinado de precisión relativa.

La división de la población se realiza en base a la variable de estratificación, la misma que debe estar disponible para cada observación de la población y que puede ser obtenida de los registros de facturación.

#### 2.3.3 Otros Tipos de Muestreo

El Muestreo Multi-Dimensional, que estratifica la población por dos o más variables y que se utiliza para diferenciar variaciones estacionales o variaciones que podrían ocurrir debido a ciertas características de consumo de los usuarios.

El Muestreo Sistemático, que selecciona cada k-ésimo punto entre la población total.

El Muestreo por Conglomerados, que primero selecciona los grupos y luego realiza el muestreo de las unidades de entre los grupos.

El Muestreo de Dos-Fases, que se utiliza para estudios de fines de uso, no presentan la versatilidad de los dos primeros mencionados sobre todo cuando se trata de extrapolar resultados como en las etapas siguientes de la caracterización de la carga. Para el presente caso el método de muestreo aleatorio estratificado será el utilizado.

## 2.4 PROCEDIMIENTOS DE ESTRATIFICACION

El proceso de estratificación comprende la determinación de la variable con la cual se dividirá la población, la determinación del número de estratos necesarios, y la determinación de los límites de los mismos.

### 2.4.1 Variable de Estratificación

Una estratificación óptima se obtiene cuando la población puede ser dividida en grupos más homogéneos, con respecto a la variable de interés, que si se considera la población total como un solo grupo. Esta variable, definida al momento de fijar el criterio para el diseño de la muestra, generalmente es la potencia de punta de los consumidores. Ver Anexo A-1, Sección 1.

Si no se dispone de una serie histórica de la variable de interés, se podrá utilizar como variable de estratificación una variable auxiliar altamente correlacionada con la variable de interés. En el presente caso, la variable auxiliar de estratificación sugerida corresponde al consumo de kWh.

Cuando se usa el consumo como variable de estratificación, los datos de facturación pueden ser tomados del mes de potencia de punta. Adicionalmente, y a fin de aliviar el efecto de los ciclos de facturación, se puede tomar el consumo promedio de un año; el consumo de un período abarcado por los ciclos, o, finalmente, asegurarse que los diferentes ciclos estén representados en la muestra.

### 2.4.2 Número de Estratos

La determinación estadística del número de estratos presupone el conocimiento del tamaño de la muestra, de tal manera que el proceso es por aproximación y partiendo de valores escogidos a-priori, generalmente por experiencia en estudios de empresas con características similares o por valores generalmente aceptados. Ver Anexo A-1, Sección 3.

Es muy común determinar en forma subjetiva el número de estratos. Una práctica generalizada es la de utilizar para cada estrato los mismos límites de consumo utilizados para tarifas y/o para la distribución de la facturación por bloques de consumo, los mismos que podrán o no corresponder a los utilizados para tarifas.

El número de estratos para muestras estratificadas puede ser determinado calculando el coeficiente de variación de la distribución de la muestra, para diseños con diferentes números de estratos. El Coeficiente de Variación es igual al error estándar del estimado dividido por el promedio. El coeficiente de variación se reduce cuando el número de estratos se incrementa. Esta reducción tiene, sin embargo, un punto en el cual el coeficiente de variación se reduce cada vez menos mientras se incrementa el número de estratos. Este punto indica el óptimo número de estratos necesarios.

El número óptimo de estratos recomendados en la literatura, varía entre dos (2) y diez (10), dependiendo de las técnicas de estimación. Sin embargo, cuando la muestra se la tiene que estratificar por bloques de consumo y/o por categorías, el número de estratos se basa en el número de subgrupos en que se necesitan los datos, la facilidad para manejar la información y, finalmente, en la disponibilidad de equipos de medición y/o registro.

### 2.4.3 Límites de los Estratos

Uno de los métodos sugeridos para determinar los límites de los estratos es el denominado Dalenius-Hodges. En este procedimiento la población es dividida en pequeños intervalos basados en la variable de estratificación. Cada intervalo tiene una frecuencia  $f$  y una longitud del intervalo  $u$ . La cantidad  $\sqrt{uf}$  se suma sobre todos los intervalos y este valor acumulado de  $\sqrt{uf}$  se divide por el número deseado de estratos obteniendo como resultado la longitud óptima de cada estrato. Ver ejemplo de cálculo en el Anexo A-1, Sección 4.

El procedimiento anterior es aplicable cuando la variable de estratificación tiene una alta correlación con la variable de interés. Sin embargo, en ciertos casos se toma este procedimiento como una guía en la determinación de los límites de los estratos.

### 2.4.4 Estratificación Posterior

El proceso de estratificación para el caso de la Caracterización de la Carga, se realiza casi siempre en base a datos históricos de facturación. Cambios en algunas características de facturación de ciertos consumidores, durante el período de medición y/o registro, podrían dar lugar a una reclasificación de los mismos bajo diferentes estratos. A menos que exista un cambio considerable en la estructura y niveles de tarifas o la transferencia de un gran número de consumidores de una categoría a otra, el efecto de migración de un estrato a otro podría ser ignorado.

Por el contrario, si el efecto no es despreciable, la forma de afrontar esta situación es mediante la redefinición de límites y factores de ponderación de los estratos. Adicionalmente, si se reubican consumidores de una muestra entre estratos existentes, no se produce ningún efecto en los factores de ponderación de los estratos o sus límites, pero sí se reflejan en los promedios y estadísticas de error de los estratos.

## 2.5 TAMAÑO DE LA MUESTRA

El tamaño de la muestra no deberá ser tan pequeño que comprometa la confiabilidad de los datos, ni tan grande que produzca información innecesaria a un alto costo. Factores determinantes para el tamaño de la muestra son: el método de muestreo, la técnica de estimación, la precisión especificada y el costo y disponibilidad del equipo a ser utilizado. Ver Anexo A-2.

### 2.5.1 Precisión

La determinación de la precisión de un estudio depende del tipo de población en consideración. Por ejemplo, si se desea obtener información para estudios de eficiencia en consumidores finales, la precisión deberá ser mayor que para un estudio que requiera una curva de carga general de una pequeña categoría de consumidor. Ver Anexo A-1, Sección 6.

Cuando se realizan diseños de muestras para poblaciones nuevas o experimentales, como podría considerarse el presente caso, los niveles de precisión son difíciles de especificar ya que los datos obtenidos para estas muestras son los primeros datos referenciales que se disponen. La precisión mínima requerida por la CNEE para el estudio de Caracterización de la Carga, es la de un diseño con un precisión del +/- 10% al 90% de nivel de confianza.

El término precisión se refiere a la precisión relativa, dada por:

Precisión relativa del promedio de la muestra para la variable "y"

$$= \frac{Z_{\alpha/2} s_y}{\bar{y}} \times 100\% \quad \text{Ec. 2.5.1}$$

en donde:  $\bar{y}$  = promedio de la variable "y" de la muestra

$s_y$  = error estándar de "y"

$Z_{\alpha/2}$  = valor obtenido de la tabla estándar normal correspondiente a un  $(1-\alpha) \times 100\%$  nivel de confianza.

En este caso la variable "y" puede representar potencia o energía.

En el Anexo A-3 se presentan criterios adicionales acerca de la precisión relativa.

### 2.5.2 Cálculo del Tamaño de la Muestra

Los cálculos del tamaño de la muestra toman en cuenta los estimados del promedio y varianza de la variable de interés o de la variable auxiliar y de los valores apropiados de precisión. Las ecuaciones que se usan dependen de las consideraciones de diseño de la muestra y las técnicas de estimación que se utilizan en la etapa de análisis de los datos de carga registrados.

Cuando no existen datos previos de estudios de caracterización de la carga se utilizan datos comparativos de empresas similares, en términos de consumidores típicos, a fin de estimar el tamaño de la muestra. Los datos consisten en valores de potencia de punta y su correspondiente varianza. También se considera el tamaño de la población en relación con el tamaño requerido de la muestra y, para el caso de muestras estratificadas, la asignación de las unidades de la muestra (consumidores) a cada uno de los estratos.

En el Anexo A-2 se indican las ecuaciones para calcular el tamaño de la muestra para el simple muestreo aleatorio y para el muestreo aleatorio estratificado usando el método del promedio por unidad, que es el método que se recomienda utilizar en el proceso de extrapolación de la segunda fase del presente estudio. Para el muestreo estratificado se ha dividido de acuerdo al tipo de asignación al estrato.

### 2.5.3 Técnicas de Asignación

*Asignación Proporcional:* asigna a cada estrato un número de unidades de la muestra en base al número de unidades de la población representada en ese estrato. Si el estrato 1 representa el 10% de la población, entonces el 10% de las unidades

de la muestra serán asignados al estrato 1. Este método fuerza a una distribución más representativa de la muestra mediante la variable de estratificación. Ver Anexo A-1, Sección 7.

*Asignación de Neyman:* otorga a cada estrato un número de unidades de la muestra basada en el porcentaje de la desviación estándar de la población total representado por el estrato. Este método maximiza la asignación para un tamaño de muestra pre-determinado, lo que equivale a maximizar la precisión.

## **2.6. IDENTIFICACION DE LOS ELEMENTOS DE LA MUESTRA**

Una vez definidos tanto el tamaño de la muestra como la técnica de asignación, se debe proceder a calcular el número de elementos de la muestra sujetos a medición que corresponderán a cada estrato. Con el número de elementos establecido se deberá proceder a escoger, al azar, a los clientes dentro de cada estrato y de acuerdo a su número aleatorio, previamente asignado a efectos de facilitar su identificación posterior.

Existe, sin embargo, una salvedad. En el caso de usuarios muy representativos y que tengan una incidencia muy relevante en el comportamiento de la carga, se podría forzar su inclusión en el estrato correspondiente.

## **2.7. VALIDACION DE LA MUESTRA**

Una vez que se obtenga una primera aproximación de la muestra, ésta debe ser comparada con la población a fin de determinar cómo ésta, la población, ha sido representada. Se debe realizar la validación de la muestra idealmente con datos de la variable de interés o con datos de la variable auxiliar, según sea el caso.

La validación de la muestra debe estar basada en el análisis de las características conocidas de la población que afecten la magnitud o forma de la curva de carga del consumidor.

Las variables que se usan más frecuentemente para validación de muestras incluyen: la forma de utilización de la energía, demanda facturada, localización geográfica, distribución del ciclo de facturación, etc.

Se debe considerar también el efecto de consumidores alternos en la muestra final. Si éstos no han sido seleccionados bajo las mismas variables examinadas en la validación de la muestra, la presencia de ellos podría distorsionar los resultados en la validación de la muestra.

## **2.8. EQUIPAMIENTO**

### **2.8.1. Requerimiento de Equipos**

El equipo de medición/registro deberá ajustarse a las características del consumidor seleccionado en cuanto a tensión de servicio y a la clase de precisión correspondiente, o mejor.

Existen algunas condicionantes que influenciarán el pedido de equipos

- Disponibilidad de tiempo para la instalación y recuperación de información.
- Tamaño de la muestra
- Datos referentes a tipos, voltajes y clases de medidores
- Otros equipos de medición y equipos y programas computacionales auxiliares son detallados por el suministrador del equipo y son específicos para el tipo de medidor solicitado.

Los equipos de medición deben tener compatibilidad con programas computacionales de validación y análisis de datos.

## **ANEXO A-1**

### **EJEMPLO DE CALCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA**

Distribuidora : DISCO

Población Estadística: Consumidores activos en la emisión 08/96

Sección 1: Variable de estratificación:

Variable de interés: Demanda máxima de cada consumidor ( kW)

Variable auxiliar: Consumo promedio de cada consumidor (kWh)

Sección 2: Preparación de datos:

Los datos corresponden al promedio de los registros de consumos facturados en el año 1995, agrupados en los bloques de consumo correspondientes a los archivos de la distribución de la facturación los mismos que fueron obtenidos del archivo maestro de facturación.

Estos archivos fueron depurados excluyendo a aquellos consumidores con consumo cero, consumidores sin medidor y consumidores con datos incompletos, de manera que del total inicial de 24.812 consumidores que constaban en los archivos, el número se redujo a 24.447.

Los archivos depurados fueron ordenados por categorías dentro de cada bloque de consumo y a cada consumidor le fue asignado un número aleatorio a ser utilizado en el proceso de selección de los integrantes de la muestra que constituirán los puntos de medición.

Sección 3: Número de estratos:

Este es el primer paso de un proceso que por aproximaciones sucesivas permite establecer el número de estratos, los límites entre ellos y al final el tamaño óptimo de la muestra.

En razón de no existir estudios previos, se adopta como estratos la misma división de la facturación por bloques de consumo. En el caso particular de DISCO el número es 10.

Como posteriormente se verá, el número de estratos podrá variar cuando por ejemplo, se demuestre que dos estratos tienen el mismo perfil de consumo lo que facilitará el que se consolide en uno solo.

El número óptimo de estratos está relacionado con los límites de cada uno de ellos. El cálculo para obtener este óptimo se explica conjuntamente con el método para obtener los límites de los estratos.

Sección 4: Límites de los estratos:

En el caso de la presente muestra se han escogido los mismos límites establecidos en los archivos de la distribución de la facturación por bloques de consumo. Sin embargo, para estudios posteriores la forma de obtener los límites viene dada por el método de Dalenious-Hodges, como en el siguiente ejemplo:

De la población ( total de consumidores de DISCO ), se obtiene lo siguiente:

Estrato	$f$	$U$	$\bar{O}uf$	$cum \bar{O}uf$
1-20	4,140	19	280.46	280.46
21-120	16,718	99	1,286.50	1,566.96
121-300	3,055	179	739.49	2,306.45
301-500	273	199	233.08	2,539.53
501-1000	128	499	252.73	2,792.26
1001-5000	71	3,999	532.85	3,325.11
5001-10000	12	4,999	244.92	3,570.03
10001-50000	47	39,999	1,371.11	4,941.14
50001-100000	1	49,999	223.60	5,164.74
100001-999999	2	899,998	1,341.64	6,506.38

en donde: estrato = aquellos correspondientes a la distribución de la facturación por bloques de consumo;  $f$  = número de consumidores en el correspondiente estrato;  $u$  = rango de consumo del estrato.

Los límites de los estratos vienen dados por los múltiplos de:  $6,506.38 / ne$ , en donde  $ne$  = número de estratos deseado. El número de múltiplos serán  $= ( ne - 1)$ . Si el número de estratos deseado es 3, el factor será 2169 y el múltiplo 4,338. Por lo tanto los límites de los segmentos estarán dados por estos valores que corresponden aproximadamente a los estratos 121-300 y 5.001-10.000.

Una vez determinado el número de estratos se podrá calcular el correspondiente Coeficiente de Variación y proceder conforme se indica en la sección 2.4.2

Sección 5: Determinación del tamaño de la muestra:

RESOLUCION CNEE-02-2002

Para casos sin historia en este tipo de estudios, el proceso de determinación del tamaño de la muestra es por aproximaciones sucesivas. El primer valor a ser considerado puede ser obtenido de la comparación del sistema o de la empresa con otro de similares características.

En el presente caso se compararon las empresas distribuidoras con las de otro país Latinoamericano con similares características de consumo y tamaño. En ese país con una población estadística de 32,247 consumidores se determinó una muestra de 200 puntos de medición. Correspondientemente, y para los 24,447 consumidores de DISCO, el número de puntos de medición ideal es de aproximadamente 150.

El valor así obtenido podrá ser cambiado si es que análisis de precisión posteriores relacionados con el número de estratos lo ameritan o debido a disposiciones regulatorias de la CNEE. En todo caso, las fórmulas dadas en el Anexo A-2, pueden ser aplicadas dependiendo del tipo de muestreo y del estimado.

En el caso de DISCO y debido a que la relación  $n_0 / N$  es en todos los casos menor al 1%, la condicionante para escoger el tamaño de la muestra viene dada por la precisión estadística.

#### Sección 6: Precisión:

Tal como se expresó en la sección 2.5.1 de esta primera fase, para el presente caso el nivel de precisión es difícil de especificar al no disponerse de datos referenciales. En lo posterior se puede aplicar la Ec. 2.5.1 ya sea para datos de potencia o para datos de energía.

La forma de proceder es la siguiente: Con el tamaño de la muestra escogido originalmente y a fin de establecer la precisión relativa, se calculan el promedio y el error estándar. Los valores de la precisión serán comparados con otros obtenidos con diferentes tamaños de la muestra.

El siguiente es un ejemplo de cálculo de la precisión relativa: Si los datos de un caso fueran: promedio = 1,000 kWh y error estándar = 50 kWh y para una precisión del 90% de nivel de confianza ( $Z = 1.645$ ), los límites de confianza (LC) = 917.75 y 1,087.25, en tanto que la precisión relativa (PR) sería:  $(1.645/(20/100)) = 8.22\%$ .

De la comparación de la precisión relativa podemos deducir cuál estimado es el mejor, aún en casos en que el análisis de únicamente el error estándar no sea el óptimo.

#### Sección 7: Asignación de la Muestra:

La asignación del número total de elementos constitutivos de la muestra entre los diferentes estratos presupone una definición a-priori del tamaño de la misma. En el presente caso, el criterio que se utiliza para la asignación es el de proporcionalidad.

La asignación proporcional conviene realizarla teniendo en cuenta el número de consumidores en el grupo así como su consumo. De acuerdo con estudios realizados por empresas de distribución con similares características, al número de consumidores se le asigna un factor de ponderación del 65%, mientras que para el consumo el factor es del 35%.

La asignación para las diferentes categorías de consumidores dentro del estrato sigue el mismo criterio.

Ejemplo de asignación:

El primer estrato, 1-120 kWh, representa el 11.5% del total, de acuerdo a:  $100[(4140/24447) \times 0.65 + (52108/3671927) \times 0.35]$ .

Dentro del estrato, la asignación es similarmente realizada de acuerdo a las categorías de consumidores. Además de este procedimiento se debe tomar en cuenta la necesidad de tener presente en el estrato al menos un consumidor de cada tipo y/o categoría.

### **ANEXO A-2 DETERMINACION DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA**

En cada uno de los casos siguientes la ecuación para la primera aproximación del tamaño requerido de la muestra está dada por  $n_0$ . Si al relacionarla con el tamaño de la población ( $N$ ), mediante  $n_0 / N$ , el resultado no es significativo, entonces ya no hay necesidad de cálculo y el tamaño requerido de la muestra ( $n$ ) está dado por  $n_0$ . La definición de no significativo es subjetiva, pero generalmente se usa una relación menor o igual al 5%.

Si  $n_0 / N$  no se considera despreciable, se deberá incorporar el *factor de corrección por población finita* (fcpf). El efecto de usar este factor es el de reducir el tamaño requerido de la muestra.

**MUESTREO ALEATORIO SIMPLE  
 ESTIMACION DE PROMEDIO POR UNIDAD**

Sin corrección por población finita:

$$n_0 = \frac{Z^2 S_y^2}{D^2 (\bar{y})^2} \quad \text{Ec. A-2-1}$$

en donde: D = precisión relativa deseada ( proporción )

$$Z^2 = \text{definida en Ec.2. 5.1} = Z_{\alpha/2}^2$$

$S_y$  = desviación estándar de "y"

Con corrección por población finita:

$$n = \frac{n_0}{1 + (n_0 / N)} \quad \text{Ec. A-2-2}$$

**MUESTREO ALEATORIO ESTRATIFICADO  
 ESTIMACION DE PROMEDIO POR UNIDAD  
 ASIGNACION NEYMAN**

Sin corrección por población finita:

$$n_0 = \frac{Z^2 (\sum W_e S_e)^2}{D^2 \bar{y}^2} \quad \text{Ec.A-2-3}$$

en donde:  $W_e$  = factor de ponderación del estrato  
 $S_e$  = desviación estándar del estrato

Con corrección por población finita:

$$n = \frac{(\sum W_e S_e)^2}{\left[ \frac{D \bar{y}}{Z} \right]^2 + \frac{\sum W_e S_e^2}{N}} \quad \text{Ec.A-2-4}$$

La asignación por estrato:

$$n_e = n \left[ \frac{W_e S_e}{\sum W_e S_e} \right] \quad \text{Ec.A-2-5}$$

**MUESTREO ALEATORIO ESTRATIFICADO  
 ESTIMACION DE PROMEDIO POR UNIDAD  
 ASIGNACION PROPORCIONAL**

Sin corrección por población finita:

$$n_0 = \frac{Z^2 (\sum W_e S_e^2)}{D^2 \bar{y}^2} \quad \text{Ec. A-2-6}$$

Con corrección por población finita:

$$n = \frac{n_0}{1 + (n_0 / N)} \quad \text{Ec. A-2-2}$$

La asignación viene dada por:

$n_e = n W_e$

Ec. A-2-7

Es necesario definir sobremuestras alternas, ya que no es común el tener un 100% de participación de los usuarios seleccionados inicialmente. Para reemplazar a un consumidor que constaba en el listado original, se deben considerar a otros dos con similares características de consumos y de clase/categoría.

### ANEXO A-3

#### PRECISION RELATIVA

La *Precisión* expresa cuán cerca está el estimado de la muestra de los resultados que se hubieran obtenido si las mediciones se hubieran hecho a todos los consumidores.

Precisión es el inverso de *Error de Muestreo*. El tamaño del error de muestreo varía proporcionalmente con la desviación estándar de la población e inversamente con el tamaño de la muestra. El error de muestreo puede ser medido en *errores estándar* (SE). Para calcular el error estándar se debe primero determinar la desviación estándar de la población y luego dividirla para el número de unidades en la muestra.

El *Intervalo de Confianza* (IC) de un estimado es un intervalo diseñado para mantener la medición de la demanda, un porcentaje especificado de tiempo.

$$IC = \bar{X} \pm t_p(SE(\bar{X}))$$

en donde:  $\bar{X}$  = promedio de la variable de la muestra  
 $t_p$  = desviación normal al nivel de confianza pre-seleccionado  
SE = error estándar de la variable de la muestra.

La *Precisión Relativa* expresa el error de muestreo en referencia a la magnitud de la variable que está en estudio. Para estudios de Caracterización de la Carga está casi generalizado el diseño de muestras que permitan obtener estimados de potencia horarias de punta con una precisión relativa de +/- 10% al 90% de nivel de confianza.

La precisión relativa (PR) viene dada por la relación:

$$PR = 100[2xSE(\bar{X}) / (\text{verdadera demanda por consumidor})]$$

### ANEXO A-4

#### GUIA DE PRESENTACIÓN DE LA FASE A

En base a lo anteriormente mencionado, la Distribuidora deberá entregar a la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, para su aprobación, un informe (en medio magnético con dos copias impresas) dividido en las secciones siguientes:

##### Sección I : Sobre el Diseño de la Muestra

La Distribuidora deberá presentar justificado técnicamente a la CNEE, al menos lo siguiente:

- El método de selección a emplear
- El método de estimación a utilizar (El Plan de Estimadores) que entre otras cosas, incluye la memoria de cálculo para la determinación del número y límite de los estratos, así como los detalles de las hipótesis y supuestos utilizados. Si no se incluye el detalle de las memorias de calculo, la CNEE no tendrá por recibido el informe.
- Las propuestas de tamaño de muestra por subpoblación para diferentes niveles de confiabilidad y error de estimación relativo (Una Tabla por Subpoblación). La confiabilidad, y el error de estimación relativo debe encontrarse dentro de los rangos siguientes: 0.90-0.99 para la confiabilidad y 0.01-0.10 para el error de estimación relativo.

##### Sección II: Procedimiento para Seleccionar las Unidades Muestrales

La Empresa Distribuidora deberá presentar justificado técnicamente a la CNEE, al menos lo siguiente:

- El procedimiento a seguir para realizar el sorteo de manera aleatoria. Si tal sorteo se hace electrónicamente, como mínimo se deberán indicar los algoritmos y el software utilizado, de manera que la CNEE pueda por su cuenta verificar el proceso. Asimismo se deberá justificar y definir el Número de clientes "suplentes" por cliente "titular" a fin de que puedan reemplazarlo frente a la imposibilidad de realizarle la medición correspondiente.
- La Base de Datos con los clientes que componen la población objetivo, los Marcos Muestrales, el listado de clientes "titulares" con sus respectivos "suplentes" y las salidas del programa con el que se realiza el sorteo (si tal proceso se realizara electrónicamente) por subpoblación en un solo documento a fin de constatar la aleatoriedad del mismo.

A fin de garantizar la aleatoriedad de los usuarios sorteados que conforman cada una de las muestras seleccionadas, personal de la CNEE (o quien esta designe) y de la Distribuidora deberán participar conjuntamente con la Firma Consultora en el sorteo de los usuarios.

**Sección III. Metodología para la Validación de la Muestra.**

La Empresa Distribuidora deberá presentar justificado técnicamente a la CNEE, al menos lo siguiente:

- La Metodología General y la metodología estadística de validación, las Bases de Datos de la población muestreada, la muestra seleccionada, los estratos definidos (todo ello separado por subpoblación). Si la validación se realiza electrónicamente, deberá indicarse como mínimo: los algoritmos, las pruebas y el software usado.

Con tal propósito se solicita que por subpoblación, se entregue como mínimo la tabla siguiente:

ESTRATO	Nº DE CLIENTES TOTALES	ENERGIA ANUAL FACTURADA	Nº DE MEDICIONES RESULTANTES
1			
2			
....			
N			

Donde:

Estrato: Número de Estrato.

Nº de Clientes Totales: Cantidad de Clientes que conforman el Estrato de la Subpoblación Seleccionada.

Energía Anual Facturada: Energía Total Anual de los Clientes que conforman el Estrato de la Subpoblación Seleccionada.

Nº de Mediciones Resultantes: Número de mediciones requeridas que conforman cada una de las unidades muestrales necesarias para caracterizar el Estrato.

**Nota: Es importante hacer notar que debe presentarse una tabla por cada subpoblación.**

**Sección IV. Tabla(s) de Control y Monitoreo para las Unidades Muestrales Seleccionadas.**

A fin de detallar aspectos relacionados con la Distribución Geográfica asociada por Localidad, Energía y/o Demanda Facturada, etc., de acuerdo a lo mencionado en el punto 2.7 del informe de Caracterización de la Carga en las empresas de distribución. Para cada subpoblación se deberá presentar como mínimo la Tabla Resumen siguiente:

CLIENTE SORTEADO	ESTRATO	CONSUMO DE ENERGÍA ANUAL	DESVIACION ESTANDAR INTERMENSUAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA	MOROSIDAD	FRECUENCIA DE RECLAMOS	GRADO DE SEGURIDAD	NUMERO DE VECES QUE PRESENTO CONSUMO DE 0 kWh	DIRECCIÓN DEL CLIENTE
Cliente 1								
Cliente 2								
....								
Cliente N								

Donde:

Cliente Sorteado: Código del Cliente Sorteado (NIS – Número de Identificación de Suministro).

Estrato: Número de Estrato.

Consumo de Energía Anual: Suma de los consumos mensuales en el período comprendido del 1 de enero al 31 de diciembre de 2001.

Desviación Estándar Intermensual del Consumo de Energía: Desviación Estándar Intermensual del consumo de energía anual del período comprendido del 1 de enero al 31 de diciembre de 2001.

Morosidad: Número de meses de falta de pago en un año

Frecuencia de Reclamos: Número de reclamos anuales

Grado de Seguridad: La Distribuidora determinará una escala de 0 a 10, que mida el grado de facilidad acceso y seguridad del personal que hará las mediciones.

Número de veces que presento consumos de 0 kWh: Número de meses que en el período comprendido del 1 de enero al 31 de diciembre de 2001, presento consumos de 0 kWh, en el mes.

Dirección del Cliente: Dirección del Cliente Sorteado. (Esta información se podrá desagregar en varios campos)

**Sección V. Especificaciones sobre el Equipo de Medición.**

**Sección VI. Resumen y Conclusiones.**

**III. FASE "B". CONFIRMACIÓN DE LA MUESTRA Y ADQUISICIÓN DE EQUIPOS**

**3.1. ALCANCE**

Luego de haber seleccionado la muestra y determinado los elementos de la muestra, en número e identidad de los usuarios, en esta segunda fase de la metodología se presentan los pasos a seguir para confirmar "in situ" los puntos de medición y/o registro, y para preparar los datos necesarios para el proceso de adquisición de los equipos.

En esta fase se incluyen formatos tipo, a ser utilizados en las encuestas que se realizarán durante la actividad de confirmación del sitio de medición, así como los formatos para la instalación y/o retiro de equipos. Debe indicarse que la idea es tener previamente la mayor cantidad de información a fin de poder armar una base de datos aun antes de iniciar el proceso de instalación de los equipos de medición y/o registro.

### **3.2. PARTICIPACION DEL CONSUMIDOR**

Si bien la empresa distribuidora tiene legalmente el derecho y la obligación de realizar este tipo de estudios, es muy importante convencer al consumidor de que el proyecto se debe realizar con su participación. Para el efecto la Distribuidora deberá, realizar entrevistas y/o encuestas a fin de obtener el permiso para la instalación del equipo y facilitar la obtención de información técnica y socio-económica. El Anexo "B-1" contiene los modelos, referenciales, de cuestionarios.

A fin de evitar complicaciones y cambios de planes motivados por posteriores negativas de los consumidores para permitir la instalación de los equipos de medición y/o para la recopilación y procesamiento de registros, se debe contar con la aprobación escrita, en los formularios a ser diseñados por la distribuidora y/o el grupo de trabajo del presente estudio. Esta aprobación se la deberá obtener al momento de realizar la inspección para la verificación del sitio de medición/registro.

Se deberá también incluir alguna cláusula por la que la distribuidora deslinde responsabilidades ocasionadas durante el proceso, así como se debe recordar sobre la obligatoriedad por parte del consumidor de prestar la colaboración para este proyecto.

Se debe también incluir preguntas relacionadas con las características técnicas de la carga, de los procesos de producción y otros factores socio-económicos básicos que permitan tener un conocimiento integral del comportamiento actual de su consumo y su potencial control.

### **3.3. INSPECCION DEL SITIO DE INSTALACION DEL EQUIPO**

Simultáneamente con la entrevista se debe realizar una inspección "in situ" del lugar donde se instalarán los equipos de medición y registro a fin de verificar la información disponible sobre: facilidades de acceso, determinación de requerimientos adicionales de equipos y materiales y sobre todo, si es del caso, de un estimado del tiempo de interrupción del servicio, datos que ayudarán a planificar mejor el cronograma correspondiente a la etapa de instalación de los equipos de medición y registro.

Si hubiera necesidad de interrupción del servicio, se deberá obligatoriamente participar esta información con el cliente a fin de obtener su aprobación escrita y coordinar los trabajos de instalación/retiro de los equipos.

### **3.4 DEFINICION DE LOS PUNTOS DE MEDICION**

Previo al inicio del proceso de adquisición de los equipos, se debe proceder a una depuración del listado de los consumidores a ser medidos/registrados. En general se deben evitar a aquellos consumidores morosos o que frecuentemente presentan reclamos, así como locales de uso estacional y/o inseguros o que no presenten las facilidades del caso.

El listado resultante constituirá el conjunto de puntos de medición básico para la planificación de las especificaciones y la elaboración de un plan para la utilización de los equipos de medición.

### **3.5 PREPARACION DE LA BASE DE DATOS**

Se debe diseñar una base de datos de los puntos de medición seleccionados, agrupados por clases y éstas a su vez desagregadas por estratos ( bloques de consumo) en forma previa y en el ambiente del programa de recuperación, validación, y procesamiento de la información que se adquiera. Esta base de datos se debe disponer antes de que se inicie el proceso de recolección de datos en el campo.

Esta base de datos debe contener, pero no estar restringida a, la información siguiente:

- número aleatorio
- número de cuenta
- nombre del consumidor
- dirección del consumidor
- Sector de Consumo ( R,C,I,etc. )
- tarifa ( BTS, BTDp, BTDfp, BTH, MTDp, MTDfp, MTH, , etc.)



- número del contador
- tensión de servicio ( AT, MT, BT )
- código de identificación del estrato al que pertenece

### 3.6 SELECCIÓN DE EQUIPOS

Puede ser utilizado cualquier equipo de medición que iguale o mejore las características técnicas del medidor del usuario donde se efectúe la medición. Sin embargo, cabe resaltar que los equipos que sean utilizados deben tener las características técnicas necesarias para la determinación de la curva de carga de los usuarios a medir, considerando la medición y registro de los parámetros eléctricos requeridos para garantizar el cálculo de los todos los factores y coeficientes utilizados en la aplicación de las fórmulas, así como de la memoria adecuada para el almacenamiento de la información, que permitan determinar los pliegos tarifarios de las empresa distribuidoras.

Los equipos utilizados para el estudio de caracterización de la carga deberán ser instalados en forma paralela al medidor de energía eléctrica existente en la instalación del usuario a ser medido.

Deben utilizarse precintos de seguridad para garantizar la inviolabilidad de los datos obtenidos en las mediciones.

### 3.7 ADQUISICION DE EQUIPOS

Una vez que se ha depurado el listado de los puntos de medición, se debe proceder a establecer las cantidades de equipos necesarios de acuerdo a: las características técnicas de las instalaciones de los clientes; la disponibilidad de personal calificado para la realización de este tipo de instalaciones; tiempo durante el cual el equipo permanecerá instalado en la propiedad del cliente, tiempo total estimado para la realización del estudio, y a la compatibilidad con el software de análisis de los datos a ser obtenidos.

Será responsabilidad de las empresas distribuidoras el planificar la actividad de adquisición de los equipos, a fin de cumplir con los plazos establecidos en la Ley para la presentación de los datos sobre la caracterización de la curva de carga.

## ANEXO B-1 FORMULARIOS

### EMPRESA..... ( nombre de la Distribuidora) CARACTERIZACION DE CARGAS RESIDENCIALES FORMULARIO ENTREVISTA/AUTORIZACIÓN

# De Cuenta:..... # Aleatorio:.....  
Tarifa Tipo:.....  
Cliente: .....  
Dirección:.....  
Teléfono/Fax:.....

- |                               |        |                                       |
|-------------------------------|--------|---------------------------------------|
| 1. Tipo de residencia:        | código | 2. Tamaño de la residencia            |
| Casa: 1 piso.....             | .....  | Area aproximada.....m2                |
| 2 pisos.....                  | .....  |                                       |
| otro.....                     | .....  |                                       |
| Apartamento                   |        |                                       |
| simple.....                   | .....  |                                       |
| Condominio..                  | .....  |                                       |
| otro .....                    | .....  | 3. Tamaño de la familia               |
|                               |        | No. De personas en la residencia..... |
| 4. Carga eléctrica            |        |                                       |
| Electrodomésticos:            |        | Otras cargas:                         |
| Aire acondicionado..... BTU's |        | Bombillos incandescentes..... Watts   |
| Refrigerador..... Watts       |        | Lámparas fluorescentes.....Watts      |
| Lavadora .....                | Watts  | Duchas eléctricas..... Watts          |
| Secadora.....                 | Watts  | Bomba de agua.....Watts               |
| Lavadora de vajillas.....     | Watts  | Calentador de agua.....Watts          |
| Cocina eléctrica.....         | Watts  | Televisión.....Watts                  |
| Congelador.....               | Watts  | Plancha Eléctrica..... Watts          |
|                               |        | Otros                                 |



**COMISION NACIONAL DE ENERGIA ELECTRICA**  
 4 A. AVENIDA 15-70 ZONA 10, EDIFICIO PALADIUM NIVEL 12, GUATEMALA, C.A. 01010  
 TEL. PBX: (502) 366-4218 E-MAIL: [cnee@gold.guate.net](mailto:cnee@gold.guate.net) FAX: (502) 366-4202

5. Calefacción  
 Tipo.....  
 Otra:.....

6. Otras fuentes de energía:  
 Gas:..... Solar.... Carga.....

7. Elegible para tarifa mínima: .....

Observaciones : .....

**AUTORIZACION PARA INSTALAR MEDICION ADICIONAL:**

Firma del cliente..... fecha:.....  
 Entrevistador: nombre..... firma..... fecha.....

**EMPRESA.....**  
**CARACTERIZACION DE CARGAS COMERCIALES / INDUSTRIALES**  
**FORMULARIO DE ENTREVISTA / AUTORIZACION**

Cuenta #.....# Aleatorio.....Clase/Tarifa.....  
 Nombre:.....  
 Dirección:.....  
 Teléfono / Fax.....

1. Tipo de cliente:.....  
 2. Actividad más importante en el edificio:.....  
 3. Descripción física del edificio:  
 # de pisos:..... tipo de construcción:.....  
 tipo de cielo raso.....

4. Cargas eléctricas importantes:  
 Aire acondicionado: Iluminación:  
 Refrigeración:  
 central.....BTU's/Tons Interior conectada:.....kW. ....Tons  
 de ventana.....Watts Exterior.....kW  
 Equipo de cocina: Calentador de agua:  
 Conectada:.....kW Capacidad.....gal.....kW conectados

5. Sistemas de Calefacción: resistivos...../# / kW otros.....  
 6.- Sistemas alternos de energía: gas.....solar.....fotovoltaico.....otros.....  
 7. Motores: potencia.....año de puesta en servicio.....observaciones.....  
 8. Otras cargas: total .....kW  
 9. Horario de trabajo..... turnos de trabajo.....días por semana.....  
 10. Sistema de Medición actual: Tipo de servicio..... Medición:.....  
 11. Compensación de factor de potencia:.....tipo.....capacidad.....  
 Observaciones : .....

**AUTORIZACION PARA INSTALAR MEDICION ADICIONAL:**

Firma Del Usuario ..... Fecha:.....  
 Entrevistador: Nombre..... Firma.....Fecha.....

**EMPRESA.....**  
**CARACTERIZACION DE CARGA**  
**FORMULARIO PARA INSTALACION / RETIRO DE EQUIPOS**

# Aleatorio .....Cuenta #.....Clase/Tarifa.....  
 Nombre:.....  
 Dirección:.....  
 Teléfono / Fax.....  
 Contactar:.....Cargo:.....



## COMISION NACIONAL DE ENERGIA ELECTRICA

4 A. AVENIDA 15-70 ZONA 10, EDIFICIO PALADIUM NIVEL 12, GUATEMALA, C.A. 01010

TEL. PBX: (502) 366-4218 E-MAIL: [cnee@gold.guate.net](mailto:cnee@gold.guate.net) FAX: (502) 366-4202

### 1. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE MEDICION ACTUAL

Tipo:.....Montaje.....  
TC:.....TT.....Constante:.....

### 2. DESCRIPCION DEL NUEVO SISTEMA DE MEDICION

Tipo:.....Montaje.....  
TC:.....TT.....Constante:.....

### 3. CARACTERISTICAS DE LOS MEDIDORES

	Actual	De registro
# DE MEDIDOR.....		
Serie.....		
Marca.....		
Tipo.....		
Fases.....		
Amperaje.....		
Clase.....		
Conexión.....		
Reg Demanda.....		

### 4. INSTALACION/RETIRO

Lec. Inicial ..... Comentarios:

Fecha .....

Hora .....

Lec. Final ..... Comentarios:

Fecha .....

Hora .....

### 5. MANTENIMIENTO DEL MEDIDOR

Registro de problemas del medidor:.....

notas:.....

#### REALIZACION DEL TRABAJO:

Nombre del instalador..... fecha:.....

Control de entrada de datos:

Nombre.....fecha.....

## IV. FASE "C". MEDICION Y ANALISIS DE DATOS

### 4.1 ALCANCE

Luego de haber seleccionado la muestra, en esta tercera fase de la metodología se presentan los pasos a seguir para: el proceso de instalación de medidores/registradores en los puntos de medición seleccionados en la primera fase y validados en la segunda; la recolección y procesamiento de los datos de los consumidores que forman parte de la muestra; la extrapolación hacia el total de la población; y la obtención de la información requerida para el cumplimiento de los objetivos del estudio.

Esta información deberá permitir el establecer las características del consumo de energía eléctrica y los índices a ser utilizados en la elaboración de los pliegos tarifarios según lo dispuesto en los Artículos 89 y 97 del reglamento de la Ley General de Electricidad.

### 4.2 DETERMINACION DE LOS PARÁMETROS A MEDIRSE

Los parámetros que se investigarán son: kW y kWh, y estarán determinados por las necesidades de la metodología para el estudio de tarifas y para el cual el estudio de caracterización de la carga proveerá la información que se detalla más adelante.

Para el presente caso la información básica deberá contener: los datos de potencia de punta del consumidor y/o categoría, la contribución del consumidor y/o categoría a la potencia de punta del sistema y los factores de carga, coincidencia, de



## COMISION NACIONAL DE ENERGIA ELECTRICA

4 A. AVENIDA 15-70 ZONA 10, EDIFICIO PALADIUM NIVEL 12, GUATEMALA, C.A. 01010

TEL. PBX: (502) 366-4218 E-MAIL: [cnee@gold.guate.net](mailto:cnee@gold.guate.net) FAX: (502) 366-4202

diversidad así como valores de potencia horaria y otros datos especificados en las fórmulas para los cálculos de los Cargos Fijos y Variables que constan en la Metodología para el Cálculo de Precios de distribución en Media y Baja tensión.

Para el presente estudio se designará sector de consumo a la división de los usuarios de acuerdo a su anterior clasificación tarifaria: Residencial, Comercial, Industrial, etc.

Los parámetros, registrados en intervalos de 15 minutos podrán ser investigados sobre un período de 24 horas o por un período específico. Por ejemplo al momento de la potencia de punta del sistema, clase o consumidor, dependiendo del objetivo para el que se utilicen los datos.

### 4.3 INSTALACION DEL EQUIPO

Una vez culminada la etapa de adquisición de los equipos se debe proceder a seleccionar al personal que deberá recibir el entrenamiento adecuado por parte de la firma proveedora de los equipos. Para el efecto en el proceso de licitación se tiene que incluir una cláusula que se refiera al entrenamiento y asistencia técnica posterior a la entrega de los equipos.

El equipo a ser utilizado debe tener características similares a las especificadas en la fase primera de este estudio o equipos similares de tal forma que permitan la obtención de los parámetros y coeficientes indicados en las próximas secciones.

El equipo deberá ser instalado por personal con amplia experiencia en equipos de medición o mediante contratación con firmas especializadas. En donde sea posible se deberá mantener el medidor original a fin de utilizarlo como verificador de consumos.

Al hacer la programación original del medidor, previa a su instalación, se deberá sincronizar la hora con aquella del Sistema Nacional Interconectado (SNI). Adicionalmente, se deberá mantener un registro de instalación de los equipos para lo cual se utilizará un formato diseñado y aprobado por el grupo de trabajo del presente estudio, como el anteriormente presentado en la Fase B.

### 4.4 LECTURA DE MEDICIONES Y REGISTROS

Esta actividad está directamente relacionada con el tipo de equipo especificado en la fase de Equipamiento, ( Secciones 2.8 y 3.6), y con la actividad del numeral anterior. Se podría eventualmente designar al mismo personal que instaló originalmente el equipo, o en su defecto a otro personal convenientemente entrenado, para que en lo sucesivo se encargue de la recopilación de los datos de registro en el campo, y su posterior alimentación a los programas de traducción y/o validación.

El periodo de medición es de un año. Casos especiales, deben someterse a aprobación de la CNEE.

### 4.5 TRADUCCION Y VALIDACION DE REGISTROS

Las lecturas de los medidores/registradores deben ser recuperadas, mediante el equipo y sistema de recuperación y traducción que las distribuidoras determinen, y convertidas en datos fácilmente procesables por los programas computacionales y equipo disponible para el proceso de análisis de datos.

Se deben validar las lecturas mediante un proceso realizado normalmente en forma automática por programas computacionales auxiliares suministrados con los equipos de medición y registro. Caso de no disponerse de los mismos, se debe realizar una comprobación de los registros, por ejemplo, graficando el perfil de carga durante el período, a fin de comprobar los puntos faltantes o aquellos que representen situaciones anómalas.

Conviene también realizar una comprobación de las lecturas de energía comparando las registradas en el medidor existente, con las del nuevo equipo. Caso de existir discrepancias marcadas ( superiores al 5%), se debe proceder a confrontar los datos con datos históricos del consumidor a fin de determinar si éstos se encuentran dentro del límite de tolerancia. Cuando sean mayores que estos límites, se procederá a cambiar el equipo y repetir el proceso de registro.

De singular importancia es el mantenimiento de un registro de todo tipo de suspensiones del suministro ocurridos durante el período, a fin de diferenciar los intervalos sin registro ocasionados por esta circunstancia, de aquellos que se puedan presentar por otras razones, como falla de los equipos, etc.

Cuando la falta de datos en el período de registro sea de tal magnitud que no se pueda recurrir a por ejemplo, datos históricos de demanda y/o consumos del usuario, para completar los datos faltantes, se procederá a rechazar tales períodos de registro y se compensará con un período similar. Se procederá en igual forma cuando en el período de registro se tenga un exceso de puntos con respecto de los esperados para una operación normal de los equipos (ocasionados por fallas en los equipos de medición y registro).

#### 4.6 INTERVALOS DE REGISTRO

La demanda debe ser registrada en intervalos de 15 minutos. Los datos, sin embargo podrán ser guardados en intervalos diferentes, dependiendo de su uso posterior, pero únicamente en múltiplos del intervalo de registro.

#### 4.7 PROGRAMAS COMPUTACIONALES PARA ANÁLISIS

Además del requerido en algunos casos para la programación de los equipos de medición y registro (normalmente incluidos con el suministro de los mismos), se podría necesitar un programa adicional para el procesamiento y análisis de la información recuperada desde los medidores/registradores.

Si se utilizan distintos proveedores tanto para los medidores/registradores, como para el software de análisis, se debe también consultar sobre la conveniencia de utilizar un software adicional para la traducción de los datos. Es preferible especificar un software de análisis compatible con protocolos de proveedores múltiples (Multi-vendor).

#### 4.8 DATOS BÁSICOS

La programación del software para el análisis de datos debe ser realizada en forma tal que permita el procesamiento de la información que se detalla a continuación. Esta constituye la base para el suministro de los datos requeridos en secciones posteriores y otros datos que luego del análisis particular de las necesidades de cada distribuidora, se determinen como necesarios.

##### Datos individuales por consumidor:

- Datos de identificación del consumidor, según especificados en la sección de la base de datos.
- Consumo total en kWh durante el período de registro. Obtenido del contador/registrador.
- Potencia máxima, en kW cada 15 minutos durante el período de registro (potencia horaria), obtenida del contador/registrador.
- Potencia de Punta, en kW durante el período de registro con la fecha y hora de ocurrencia, obtenida del contador/registrador.
- Factor de Carga para el período de registro. Calculado a partir de la información anterior.
- Potencia del consumidor en kW simultánea a la potencia de punta de la categoría a la que pertenece. Información obtenida del contador/registrador.
- Curva de carga para cada consumidor para el período representativo especificado a priori (día laborable, día de demanda de punta, etc). Preferentemente calculada en valores por unidad.

##### Datos por Estrato

Cuando se utilicen muestras estratificadas, como es el presente caso, se puede obtener datos de un estrato mediante la combinación de los datos individuales de los consumidores.

Para la formación del total del estrato los datos son *totalizados*, intervalo por intervalo, en un proceso que agrega los datos de cada consumidor y los promedia entre el número de consumidores presentes en ese intervalo (Promedio por Unidad). El Promedio por Unidad del estrato es luego convertido en un Promedio por Unidad Ponderado, a nivel de clase, mediante la utilización del factor de ponderación del estrato.

En el Anexo C-1 se presentan los conceptos más pertinentes y una secuencia de pasos que permitiría la obtención de estos datos.

##### Curvas de Carga Representativas

Las curvas de carga predominantes dentro de cada estrato son identificadas mediante la aplicación del Análisis de Conglomerados (Cluster Analysis) al conjunto de curvas individuales que conforman los estratos. En el Anexo C-2 se incluye, a manera de ejemplo, un procedimiento para la obtención de curvas de carga predominantes mediante la aplicación de este método.

Por un sucesivo re-agrupamiento de las curvas de carga predominantes, se puede llegar a establecer dos o más tipos de formas de curvas de carga representativas de cada estrato (variará, dependiendo de las necesidades de información a ser suministradas por el estudio para el cual la Curva de Carga es realizada). Se podrá también, alternativamente, obtener una representativa del total de consumidores del estrato en estudio. Adicionalmente este análisis facilitará el identificar, entre los estratos, a aquellos que presenten curvas características similares, permitiendo la consolidación de algunos de ellos.

La curva representativa puede ser el resultado del agrupamiento de consumidores por rango de consumo, categoría (clase de servicio) y/o por nivel de tensión, para lo cual, previa a la totalización, se debe hacer el respectivo agrupamiento de consumidores afines.

Las curvas de carga representativas del estrato considerado pueden ser obtenidas directamente de los datos de potencia de los consumidores individuales que lo conforman, registrada en el intervalo establecido ( cada 15 minutos ), y para un período de tiempo especificado: semana y/o día representativo ( día laborable, de fin de semana); semana y/o día de la potencia de punta, etc. Una vez determinada la curva representativa de la muestra se debe proceder a la extrapolación a fin de obtener la curva representativa de la clase y luego de la población ( Distribuidora).

Cuando se requiera únicamente de las curvas representativas de la muestra y para el caso en que se disponga de datos de consumidores en diferentes períodos (fechas) de tiempo, las curvas representativas pueden ser calculadas, como la sumatoria de las potencias de cada consumidor correspondientes al mismo intervalo (totalización sin promedio), expresadas en por unidad. Debe enfatizarse que la curva representativa debe corresponder a un pre-determinado período de medición, día laboral, día de fin de semana, etc. Ver Anexo C-3.

#### 4.9 EXTRAPOLACION DE ESTIMADOS

Para obtener los perfiles de carga de una Clase de consumidor, en base a los datos de los estratos, existen dos métodos: Promedio por Unidad y la Relación de Estimados. Para el primero, se utiliza la potencia de punta por unidad ponderada, (a nivel de clase), y se multiplica por el número de consumidores de la clase.

Para el segundo, que utiliza la Relación de Estimados, el cálculo de la carga de la clase para cada intervalo es el resultado de usar la Energía Total de la Clase multiplicada por el Factor de Relación de Estimados. Este factor se deriva de la Potencia Promedio Ponderada por intervalo y del Consumo Promedio Ponderado en el mismo período de tiempo.

Tanto la energía como la demanda promedio ponderado son las correspondientes a las de la muestra. La energía de la muestra y de la población total, en este caso de la clase, deben corresponder al mismo período de tiempo, o al período de tiempo durante el cual se realiza el registro.

La precisión de los estimados del estrato se debe medir de acuerdo al error estándar dado por la siguiente relación:

$$S_y = \sqrt{\sum \frac{W_e^2 S_{ye}^2}{n_e} \left(1 - \frac{n_e}{N_e}\right)} \quad \text{Ec. 4.1}$$

en donde:  $S_{ye}^2$  = Varianza de la variable "y"  
 $W_e$  = Factor de ponderación del estrato "e"  
 $n_e$  = Tamaño de la muestra en estrato "e"  
 $N_e$  = Tamaño de la población en estrato "e"

En general, se deberá disponer de los siguientes datos básicos a nivel de clase, o, al menos, se deberá programar el software capaz de tenerlos listos si el caso amerita su utilización:

- Potencia horaria de cada estrato dentro de cada clase
- Potencia horaria representativa de la clase
- Potencia de cada clase coincidente con la Potencia de Punta del Sistema Nacional Interconectado (SNI)
- Porcentaje de la energía en la curva de carga representativa de la clase en el horario de Banda de Punta, Intermedia y Valle .

Se deberán calcular además:

- Factores de coincidencia de las clases con el Sistema Nacional Interconectado- Factores de carga de las categorías (la potencia horaria corresponde a aquella definida en la sección anterior).

#### 4.10 OBTENCION DE PARÁMETROS

Los siguientes son algunos de los parámetros que se requieren para el presente estudio en concordancia con lo estipulado para el Cálculo y Aplicación de las Tarifas Base. Se debe enfatizar que los mismos deberán ser suministrados ( y/o ser fácilmente recuperables) para cada nivel de tensión, estrato y clase de consumidor y para un período representativo: día de potencia de punta; día típico de la semana laboral y día típico de fin de semana, según fuese requerido para el diseño de las tarifas.

Para la obtención de los datos por niveles de tensión los clientes han sido agrupados en aquellos con Instalaciones en Alta Tensión (IAT); Instalaciones en Media Tensión (IMT), e Instalaciones en Baja Tensión (IBT). Los consumidores, además, estarán agrupados en sus respectivas Categorías: residencial, comercial, industrial, etc., y dentro de éstas de acuerdo a su nivel de consumo: ( BTS, BTdp, BTDfp, BTH, MTDp, MTDfp, MTH), identificados como tarifas en la sección 3.5

Los nombres entre paréntesis rectangulares corresponden a una denominación referencial para efectos demostrativos.

Potencia horaria se refiere a la potencia máxima registrada en cada intervalo de 15 minutos y en una hora. (En un día habrán 96 registros). El Gráfico 1 ilustra los parámetros a obtenerse.

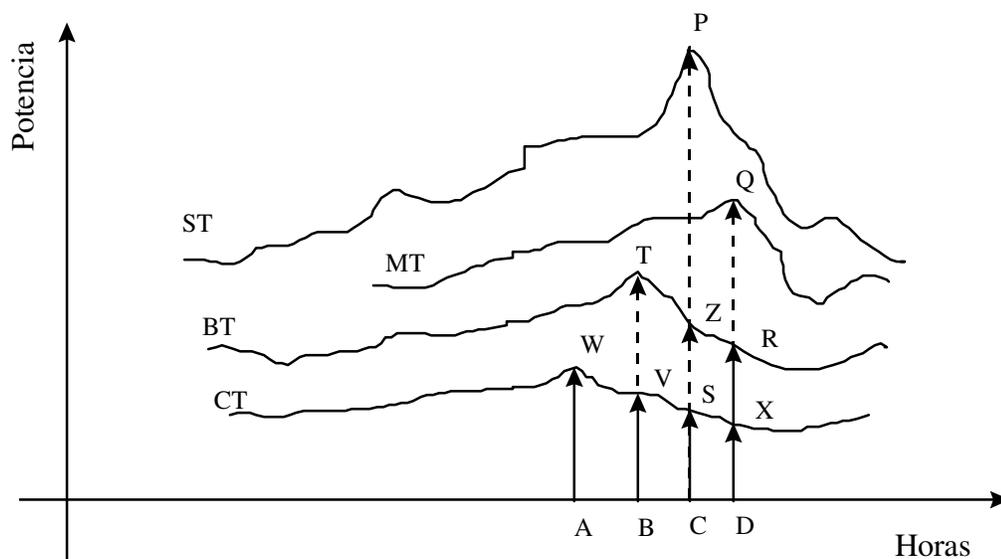


GRAFICO 1

### Instalaciones en Baja Tensión (IBT)

- Potencia horaria de cada consumidor, en forma tabular y/o como curva de carga.
- Potencia horaria representativa de todas las IBT, curva BT, y por categorías de consumidores, similares a la curva CT, dentro de ese tipo de instalación.
- Potencia de punta de la categoría, [PmaxCat]. Segmento AW en el gráfico.
- Potencia de la categoría coincidente con la potencia de punta del SNI, [PcatCoin]. Segmento CS
- Potencia de las IBT coincidente con la potencia de punta de las IMT. [PBTcoinMT]. Segmento DR
- Potencia de cada categoría de consumidor coincidente con la potencia de punta de las IBT [Pcateg]. Segmento BV
- Porcentaje de la energía en la curva de carga representativa de las IBT, en el horario de consumo de punta [Kep]; intermedio [KM]; y valle [Kev].
- De acuerdo a la metodología para el cálculo de precios de distribución se deberán calcular, además:
  - Factores de coincidencia de las IBT ( con las IMT y con el SNI)
  - Factores de carga para las IBT y para las diferentes categorías de consumidores.

### Instalaciones en Media Tensión (IMT)

- Potencia horaria de cada consumidor, en forma tabular y/o como curva de carga.
- Potencia horaria representativa de todas las IMT, curva MT, y por categorías de consumidores, similares a la curva CT, dentro de ese tipo de instalación.
- Potencia de punta de la categoría, [PmaxCat]. Similar al segmento AW
- Potencia de la categoría coincidente con la potencia de punta del SNI. [PcatCoin]. Similar al segmento CS
- Potencia de cada categoría de consumidor coincidente con la potencia de punta de las IMT. [Pcateg]. Similar al segmento BV
- Porcentaje de la energía en la curva de carga representativa de las IBT en el horario de consumo de punta [Kep]; intermedio [Ker]; y valle [Kev].
- De acuerdo a la metodología para el cálculo de precios de distribución se deberán calcular, además:
  - Factores de coincidencia de las IMT (con el SNI)

- Factores de carga para las IMT y para las diferentes categorías de consumidores.

#### 4.11 ORGANIZACION Y CONTROL

Dentro de cada Distribuidora debe formarse un grupo de trabajo para el presente estudio, a fin de que viabilicen requerimientos futuros de otros departamentos, como son: planificación del sistema; mercadeo, control de la demanda (DSM), perfiles de carga a ser utilizados posteriormente en la negociación y finiquito de contratos de potencia y energía.

#### ANEXO C-1

##### DATOS POR ESTRATO TOTALIZACION

Para un intervalo "j":

- e = estrato bajo estudio; e = 1...k
- k = número de estratos
- n<sub>e</sub> = consumidores en la muestra del estrato "e"
- i = elemento en el estrato "e"
- D = potencia de punta

##### POTENCIA DE PUNTA

Potencia de Punta para el estrato "e" en el intervalo "j"

$$D_j^e = \sum_{i=1}^n D_{j,i}^e \quad \text{Ec.C-1-1}$$

##### POTENCIA DE PUNTA POR UNIDAD

$$\bar{D}_j^e = \frac{\sum_{i=1}^n D_{j,i}^e}{n_e} \quad \text{Ec. C-1-2}$$

##### POTENCIA DE PUNTA POR UNIDAD PONDERADA ( a nivel de Clase )

$$\tilde{D}_j^c = \bar{D}_j^e W_e \quad \text{Ec. C-1-3}$$

en donde: W<sub>e</sub> = Factor de ponderación del estrato "e"

W<sub>e</sub> = (Tamaño de la población del estrato) / (Tamaño de la población total de la clase), datos tomados al tiempo del diseño de la muestra.

#### ANEXO C-2

##### CURVAS DE CARGA PREDOMINANTES

##### ANALISIS DE CONGLOMERADOS.

###### – Objetivo

El análisis de conglomerados tiene como finalidad identificar grupos homogéneos. En el presente caso el análisis de conglomerados se usa para formar grupos de consumidores con curvas de carga relativamente homogéneas entre los valores de las observaciones recopiladas.

Para formar los grupos se compara, intervalo por intervalo, la distancia entre los valores de potencia de punta entre pares de casos. Los grupos se determinan en base a la mínima distancia entre ellas.

Este método se utiliza para determinar, entre la muestra, aquellos estratos que presentan similar forma de la curva de carga y tratar de reducir su número. También se utiliza dentro de cada estrato a fin de determinar comportamientos similares que pueden o no corresponder a distintos tipos de consumidores.

###### – Procedimiento General

- Determinar la variable que servirá para la formación del conglomerado (grupo)
- La muestra deberá ser agrupada por clases ( Residencial, Comercial, Industrial, etc.) y dentro de ellas por estratos. La otra posibilidad es la de agruparlos por el nivel de tensión y dentro de ellos de acuerdo a la clase y luego en base a los estratos. Esta distinción obedecerá a los requerimientos del proceso de fijación de tarifas.
- Determinar el criterio para la formación de los conglomerados. En este caso interesa únicamente la forma de la curva de carga.

- Determinar el método que se utilizará para decidir qué casos se deben combinar para formar los conglomerados. En casos como el presente se utilizará la Distancia Mínima Dentro del Grupo.
- Depurar los datos. ( De acuerdo a lo determinado en la sección 3.6, los datos a este punto estarán ya depurados.)
- Si las diferencias entre la magnitud de los datos de demanda fueran considerables, se deberán realizar transformaciones a fin de eliminar el efecto de la magnitud.
- Determinar el método para el cálculo de la distancia. En este caso el método es la Distancia Euclídea Cuadrada.
- Dependiendo del programa computacional que se utilice, se puede especificar también, el máximo y el mínimo número de conglomerados y la formación de los grupos.

**ANEXO C-3****CURVAS DE CARGA REPRESENTATIVAS**

Una vez determinados los grupos que tienen las curvas de carga predominantes, mediante el Análisis de Conglomerados, se deberá proceder a la elaboración de las curvas de carga representativas de cada grupo y luego para el estrato.

Para el efecto:

- Estas curvas deberán ser especificadas para un período pre-determinado: día de fin de semana; día laborable; día de la potencia de punta, etc.
- Se sumarán, intervalo por intervalo, las potencias de punta de todos los integrantes del grupo, y si es del caso, para todo el estrato.
- Los valores resultantes por intervalo serán reducidos a "por unidad" dividiéndolos para el valor máximo de la potencia de punta del grupo.
- Para el caso de tener mediciones tomadas en períodos de tiempo cortos y diferentes, la obtención de las curvas representativas deben ser el resultado de la totalización de los intervalos exactamente correspondientes.

**ANEXO C-4****EXTRAPOLACION DE ESTIMADOS**

A partir de los datos de potencia de punta de cada consumidor se pueden determinar, intervalo por intervalo, archivos que contengan el total de kW del estrato (totalizados), así como el número de consumidores correspondientes.

Para obtener estimados a nivel de clase existen dos métodos: Promedio por Unidad y Relación de Estimados. **PROMEDIO POR UNIDAD:**

Estimado de la Potencia de Punta Total de la Clase = (Potencia de Punta, por Unidad Ponderada, de la Clase) x ( Tamaño de la Población de la Clase)

$$D_j^c = \tilde{D}_j^c N_c \quad \text{Ec. C-4-1}$$

**RELACION DE ESTIMADOS:**

Estimado de la Potencia de Punta Total de la Clase = [(Potencia de Punta por Unidad Ponderada) / (Energía por unidad ponderada)] x (Energía Facturada de la Población).

De los dos métodos el más utilizado es el Promedio por Unidad, ya que para el segundo se requiere tener la energía mensual facturada para cada consumidor de la muestra, así como la energía total -mensual-facturada de la clase.

- B. Que Empresa Eléctrica de Guatemala Sociedad Anónima (EEGSA), Distribuidora de Electricidad de Oriente Sociedad Anónima (DEORSA) y Distribuidora de Electricidad de Occidente Sociedad Anónima (DEOCSA), en sus respectivos Estudios de Caracterización de la Carga, deben de atender lo resuelto en el punto A de esta Resolución.

Notifíquese

---

Ing. Sergio Velásquez  
Secretario