

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**DOCTORADO EN ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA**



**TESIS**

**CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS AL CONSUMO MENSUAL  
DOMÉSTICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CIUDAD DE PUNO, 2018**

**PRESENTADA POR:**

**SANTOS OCTAVIO MORILLOS VALDERRAMA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**DOCTOR EN ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA**

**PUNO, PERÚ**

**2019**

## DEDICATORIA

Por tanto, al Rey de los siglos, inmortal, invisible, al único y sabio Dios, sea honor y gloria por los siglos de los siglos. Amén.

1 Ti. 1. 17

A la memoria de mi padre Víctor Fernando Morillos Obando, gracias Señor Jesús por darme la oportunidad de honrar mediante esta investigación a mi padre.

A mi querida madre Luz Angélica Valderrama Limo, que, a pesar de todo, siempre me alienta con solamente escuchar su voz a la distancia.

A mis amigos, colegas y profesores con quienes compartí gratos momentos inolvidables.

## AGRADECIMIENTOS

- **AL REY DE GLORIA**, por haberme soportado tanto y haber puesto en mí, el querer y el hacer, para la culminación de esta investigación a pesar de los difíciles momentos que estoy pasando. Gracias Señor por darme la sabiduría, la paciencia y la fortaleza. En Ti hay propósito y Tú das significado a nuestras vidas.
- A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, a su Escuela de Posgrado y en especial al Doctorado en Estadística e Informática.
- A los Catedráticos del Doctorado en Estadística e Informática por sus conocimientos brindados durante mi formación en el programa doctoral.
- A mis jurados de tesis, Dr. Ivan Delgado Huayta, Dr. Alejandro Apaza Tarqui, Dr. Norman Jesús Beltrán Castañón y Dr. Marco Antonio Quispe Barra
- Mi gratitud y estima personal al Dr. Samuel Pérez Quispe, Dr. Edgar Eloy Carpio Vargas, Dr. Rudy Alvaro Arpasi Pancca, Dr. Carlos Risco Dávila, M.C. Confesor Vargas Valverde, M.C. César Lluén Vallejos y demás colegas por su amistad y apoyo.

**ÍNDICE GENERAL**

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1

**CAPÍTULO I****REVISIÓN DE LITERATURA**

1.1 Marco Teórico	3
1.1.1 Muestreo	3
1.1.2 Objetivo del muestreo	3
1.1.3 Métodos muestrales	4
1.1.4 Muestreo probabilístico	5
1.1.5 Tipos de muestreo probabilístico	5
1.1.6 Parámetro	7
1.1.7 Estimador	7
1.1.8 Muestreo aleatorio estratificado	8
1.1.9 Razones para estratificar	10

1.1.10 Afijación de la muestra	10
1.1.11 Tamaño de muestra	11
1.1.12 Modelo de regresión múltiple	12
1.1.13 Estimación de los parámetros del modelo	12
1.1.14 Estimación de $\sigma^2$	14
1.1.15 Prueba de hipótesis en la regresión lineal múltiple	15
1.1.16 Prueba de la significancia de la regresión	15
1.1.17 Prueba sobre los coeficientes individuales de regresión	17
1.1.18 $R^2$ y $R^2$ ajustada	18
1.1.19 Método de eliminación hacia atrás	18
1.1.20 Datos atípicos e influyentes	19
1.1.21 Importancia de detectar observaciones influyentes	20
1.1.22 Balanceo	21
1.1.23 Medidas de influencia: DFFITS	22
1.1.24 Verificación de supuestos del modelo	23
1.1.25 Electro Puno S.A.A.	28
1.1.26 Tarifas eléctricas	28
1.1.27 Conceptos generales	29
1.1.28 Buen uso de energía	37
1.1.29 El Consumo de energía y su relación con las características de tu vivienda	39
1.1.30 Características de la electricidad	40
1.2 Antecedentes	42

**CAPÍTULO II****PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

2.1. Identificación del problema	54
2.2. Enunciado del problema	56
2.2.1. Interrogante del problema	56
2.3. Justificación	57
2.4. Objetivos	57
2.4.1. Objetivo general	57
2.4.2. Objetivos específicos	58
2.5. Hipótesis	58
2.5.1. Hipótesis general	58
2.5.2. Hipótesis específicas	58

**CAPÍTULO III****MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1 Lugar de estudio	59
3.2 Población	59
3.3 Muestra	63
3.3.1 Unidad de muestreo	63
3.3.2 Unidad de análisis	63
3.3.3 Marco muestral	63
3.3.4 Tamaño de muestra de la investigación	63
3.3.5 Fuentes de información	64
3.3.6 Variables en estudio	64

3.4	Método de investigación	64
3.4.1	Determinación del tamaño de la muestra	64
3.5	Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	66
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		
4.1	Comportamiento de las variables en estudio	68
4.2	Selección del mejor conjunto de variables independientes	76
4.3	Modelo de regresión	78
4.4	Validación del modelo	79
	CONCLUSIONES	90
	RECOMENDACIONES	92
	BIBLIOGRAFÍA	93
	ANEXOS	98

Puno, 22 de noviembre de 2019.

**ÁREA** : Estadística e Informática.

**TEMA** : Consumo Mensual Doméstico de Energía Eléctrica en la ciudad de Puno.

**LÍNEA** : Producción, modelado y generación de metodologías.

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Análisis de varianza para determinar el significado en la regresión múltiple	17
2. Tabla <b>d</b> de Durbin – Watson: Regla de decisión	28
3. Muestra preliminar para el consumo doméstico de energía eléctrica	65
4. Tamaño de muestra para cada estrato utilizando la afijación de Neyman	66
5. Promedios y desviaciones estándar en variables cuantitativas para el consumo doméstico mensual de energía eléctrica en la ciudad de Puno.	68
6. Distribución de frecuencias de las variables dicotomizadas	69
7. Prueba para la significancia de la regresión	77
8. Coeficientes de regresión para el consumo doméstico de energía eléctrica	77
9. Estadísticas para detectar casos influyentes para el consumo mensual doméstico de energía eléctrica en la ciudad de Puno	80
10. Prueba RESET de Ramsey	84
11. Prueba de Kolmogorov-Smirnov	85
12. Factores de inflación de la varianza (VIF)	86
13. Prueba de Durbin Watson	87
14. Matriz de correlaciones	107



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Razones para estratificar	9
2. Ejemplo de un punto de balanceo	20
3. Ejemplo de una observación influyente	21
4. Recibo de energía eléctrica	35
5. Demanda de energía eléctrica residencial	42
6. Focos prendidos cuando no está en casa	70
7. Frecuencia del planchado	71
8. Frecuencia del lavado en la lavadora	71
9. Funcionamiento del medidor	71
10. Lugar de procedencia de la familia	72
11. Posee olla arrocera eléctrica	72
12. Hogares en la vivienda	72
13. La vivienda es independiente	73
14. La tenencia de la vivienda es	73
15. Posee su vivienda bomba eléctrica de agua	73
16. La iluminación de la vivienda es	74
17. Posee refrigeradora	74
18. Posee artefactos de calefacción en la vivienda	74
19. Posee terma eléctrica	75
20. Grado de instrucción del jefe de familia	75
21. En el centro de trabajo el jefe de familia es	75

22. Análisis de los residuos en relación a los valores estimados	80
23. Gráfico de regresión entre consumo de energía eléctrica y número de aparatos electrodomésticos en la vivienda	81
24. Gráfico de regresión entre consumo de energía eléctrica y vivienda con un solo hogar	81
25. Gráfico de regresión entre consumo de energía eléctrica y vivienda con dos hogares	82
26. Gráfico de regresión entre consumo de energía eléctrica y vivienda propia	82
27. Análisis de residuos en función al número de aparatos electrodomésticos en la vivienda	83
28. Análisis de residuos en relación a la existencia de un hogar en la vivienda	83
29. Análisis de residuos en relación a la existencia de dos hogares en la vivienda	84
30. Análisis de residuos en función a la vivienda propia	84
31. Gráfico de probabilidad normal	85

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
1. Modelo de encuesta	99
2. Codificación de las variables de estudio	103
3. Matriz de correlaciones	107

## RESUMEN

Determinar el efecto que tienen las características socioeconómicas y de vivienda de los usuarios en la ciudad de Puno durante el año 2018, sobre el consumo mensual doméstico de energía eléctrica, fue la razón que motivó a realizar la investigación. Se revisaron los antecedentes que permitieron tener un panorama más amplio con respecto al problema en estudio. La población muestral estuvo constituida por 19,209 familias usuarias durante el año 2015 y se tomó como referencia debido a la heterogeneidad del consumo, a la sectorización realizada por EMSA PUNO; dichos sectores fueron considerados como estratos. El tamaño de muestra obtenido fue de 218 usando el muestreo aleatorio estratificado con afijación de Neyman, luego se repartió la muestra en cada uno de los sectores. En el modelo lineal se consideraron 34 variables, algunas de ellas se dicotomizaron y se sometió a un proceso de selección usando el método hacia atrás, resultando elegidas 4 variables independientes, el modelo estimado fue  $\hat{Y} = 97.987 + 2.981 * APELVIV - 25.338 * HOVIV1 - 19.068 * HOVIV2 + 12.763 * VIVES1$ . Las variables número de aparatos electrodomésticos en la vivienda (APELVIV), un hogar en la vivienda (HOVIV1), dos hogares en la vivienda (HOVIV2) y vivienda propia (VIVES1) influyeron significativamente en el consumo mensual doméstico de energía eléctrica en la ciudad de Puno en el año 2018. El modelo estimado se sometió a un proceso de validación con el fin de verificar el cumplimiento de los supuestos correspondientes al mismo, no hubo evidencia para afirmar que el modelo no estuvo bien especificado, no se violó los supuestos de linealidad, normalidad, multicolinealidad, homocedasticidad y autocorrelación.

**Palabras clave:** Características, consumo, energía eléctrica, modelo, población, socioeconomía, validación.

## ABSTRACT

Determine the effect that the socioeconomic and housing characteristics of the users in the city of Puno have during the year 2018, on the monthly domestic consumption of electric energy, it was the reason that motivated the investigation. The background that allowed a broader picture regarding the problem under study was reviewed. The sample population consisted of 19,209 user families during 2015 and was taken as a reference due to the heterogeneity of consumption, to the sectorization carried out by EMSA PUNO; these sectors were considered as strata. The sample size obtained was 218 using stratified random sampling with Neyman affixation, then the sample was distributed in each of the sectors. In the linear model 34 variables were considered, some of them were dichotomized and underwent a selection process using the backward method, with 4 independent variables being chosen, the estimated model was:  $\hat{Y} = 97.987 + 2.981 * APELVIV - 25.338 * HOVIV1 - 19.068 * HOVIV2 + 12.763 * VIVES1$ . The variables number of household appliances in the home (APELVIV), one home in the home (HOVIV1), two homes in the home (HOVIV2) and own home (VIVES1) significantly influenced the monthly domestic consumption of electricity in the city of Puno in the year 2018. The estimated model was subjected to a validation process in order to verify compliance with the corresponding assumptions, there was no evidence to state that the model was not well specified, the assumptions of linearity, normality, multicollinearity, homoscedasticity were not violated and autocorrelation.

**Keywords:** Characteristics, consumption, electrical energy, model, population, socioeconomics, validation.

## INTRODUCCIÓN

Según Osinergmin (2016) en los últimos 25 años el Perú ha sido testigo de importantes transformaciones en la industria eléctrica. Estas transformaciones se dieron en el contexto del cambio del paradigma referido al funcionamiento del sector, el cual se caracterizó por un enfoque hacia políticas de liberalización y de inserción en la economía internacional que experimentó el Perú en la década de los años noventa, donde el sector eléctrico tuvo una serie de reformas enfocadas en lograr la suficiencia energética mediante mercados de energía competitivos y la regulación de las infraestructuras eléctricas sujetas a condiciones de monopolio natural. Esto permitió el incremento de la inversión privada, así como el mayor crecimiento y eficiencia en los distintos segmentos de la industria.

El proceso de reforma estuvo acompañado, entre otras cosas, de la regulación de los precios, la supervisión de la calidad. La industria eléctrica es una pieza clave para el desarrollo económico y social de un país, debido a que la electricidad es un insumo esencial para la producción de la mayor parte de los bienes y servicios de una economía, constituyendo un componente básico en la creación de bienestar y calidad de vida de los ciudadanos de un país.

La presente investigación presenta los siguientes capítulos:

**Capítulo I:** este capítulo trata sobre la revisión de la literatura, para lo cual se consideró el marco teórico, el cual fue escrito en forma simple, a fin de facilitar la construcción de párrafos cortos referidos a la investigación. Se consideraron estudios relacionados con el problema objeto de investigación. Del mismo modo se obtuvieron los antecedentes, que dan cuenta de los principales hallazgos que contribuyeron a la investigación. A partir de esta revisión de la literatura existente sobre el tema, se planteó el correspondiente problema de investigación.

**Capítulo II:** este capítulo trata sobre el planteamiento del problema. Contiene la definición del problema, la justificación, los objetivos y las hipótesis correspondientes al problema de investigación.

En esta parte, se debe de considerar el contexto epistemológico, el cual debe ser claro, confiable y concordante con la investigación, mostrando necesariamente la relación entre el problema en estudio, la pregunta de investigación y la intención para investigar.

La justificación se realizó con el propósito de contribuir al conocimiento correspondiente al consumo de energía eléctrica en la ciudad de Puno. Los objetivos de esta investigación fueron enunciados con la finalidad de alcanzar las metas propuestas en la investigación. Las hipótesis se enunciaron como una producción teórica planteada como un supuesto aún no demostrado, que implica una respuesta o explicación lógica al problema objeto de investigación.

**Capítulo III:** este capítulo trata sobre los materiales y métodos. En esta parte se mencionó todas las características de la investigación que fueron necesarias para contrastar la hipótesis planteada, describiéndose el ámbito de estudio, la fuente de datos para el problema de investigación, las técnicas de recogida de datos. En este capítulo, también se explica la metodología usada en la investigación en función del problema y la hipótesis según los objetivos.

**Capítulo IV :** este capítulo contiene los resultados y discusión. Los resultados se presentaron de acuerdo a los objetivos específicos, con una adecuada interpretación de la información contenida en tablas y/o figuras, contrastando las hipótesis usando la prueba estadística requerida, según sea el caso.

**Conclusiones.** Se elaboraron de acuerdo a los objetivos específicos planteados en la investigación.

**Recomendaciones.** Se tuvo cuidado de que éstas guarden relación con los objetivos específicos, redactándose en forma clara, veraz a fin de orientar las acciones a realizarse.

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1.1 Marco Teórico

##### 1.1.1 Muestreo

Muestreo es el proceso por el cual se realizan inferencias a la población examinando sólo una parte de ella. Este proceso se aplica en nuestra vida personal y pública. Así, una pareja contrae matrimonio en base a un corto enamoramiento ; con un simple grano de arroz el ama de casa prueba si todo el arroz contenido en la olla está cocido ; paladeando el café contenido en una cucharita se determina la calidad de la marca del café ; los dosajes o análisis médicos (de sangre, de orina, etc. ) se realizan en base a muestras y finalmente una muestra de roca lunar proporciona información científica sobre el origen de la luna y así, diferentes aspectos de la vida, cultura y ciencia son investigados en base a muestras.

El propósito del muestreo es proporcionar diferentes tipos de información estadística de la naturaleza cuantitativa y cualitativa del todo mediante el examen o análisis de un poco de unidades seleccionadas.

También podemos decir que muestreo es la técnica empleada para seleccionar elementos de una muestra de una población a fin de deducir consecuencias de una o varias características lo más aproximado posible a la realidad y con un cierto grado de confianza.

##### 1.1.2 Objetivo del muestreo

Buscamos realizar estimaciones al más bajo costo y con la mayor precisión posible, para esto se utilizan planes de muestreo.



### 1.1.3 Métodos muestrales

a) **Muestreo probabilístico.** - Es un proceso muestral donde cada elemento de la población tiene una probabilidad perfectamente conocida de ser incluida en la muestra, solo una muestra probabilística proporciona estimaciones con medida de su precisión.

b) **Muestreo no probabilístico.** - Es un proceso por el cual no se puede asignar objetivamente probabilidades a los elementos seleccionados y por consiguiente no se puede determinar la precisión de los resultados muestrales en términos de probabilidad.

Como ejemplo de muestreo no probabilístico tenemos: muestreo a criterio, cuota muestral y el cuestionario por correo.

c) **Muestreo a criterio.** - Es un proceso por el cual la selección depende del juicio humano, y no de la rigurosa aplicación de la teoría de las probabilidades. La representatividad de una muestra obtenida por este método queda abierta a la duda; no es probable que los expertos se pongan de acuerdo acerca de lo que debe incluir una muestra representativa. No puede afirmarse que el juicio subjetivo, aunque sea sincero, tenga criterios objetivos.

Hay ocasiones, sin embargo, en que las muestras de criterio o juicio son útiles. Por ejemplo, un experto puede coger una muestra de arroz de la parte superior de un montón, para examinar su calidad. Puede ser físicamente imposible seleccionar una muestra al azar o probabilística tomándola dentro del montón. Sin embargo, por experiencia el experto puede conocer ciertos hechos relacionados con el arroz; quizá, que éste generalmente es uniforme en calidad. En este caso, una muestra pequeña que a juicio del experto se toma de la parte superior del montón, puede ser suficiente para obtener la información necesaria acerca del arroz.

d) **Muestreo por cuotas.** - Es una forma de muestreo a juicio en que los sesgos que surgen del método no probabilístico de selección se controlan hasta cierto punto por la estratificación y establecimiento de cuotas a cada estrato. Se divide la población en grupos o estratos, según las exigencias del estudio, generalmente edad, sexo y clase social, aunque pueden utilizarse otras clasificaciones. Demasiados estratos hacen el estudio difícil y costoso. Los

que tienen a cargo el estudio determinan las cuotas y a los entrevistadores se les señalan los sitios específicos para buscar a sus informantes. La selección de éstos, corre por cuenta de los entrevistadores y esto puede causar sesgos cuyas consecuencias no pueden medirse objetivamente. Al establecer una muestra por cuotas debe procurarse la distribución de los diversos grupos según la proporción de su importancia en el conjunto de la población. Esto significa que debe estudiarse la población y analizarla teniendo en cuenta que las clasificaciones abarquen las características básicas, útiles para los propósitos del estudio. Para esto los encargados del estudio, deben valerse de datos publicados como censos oficiales de población y producción.

La rapidez, la economía y simplicidad administrativa son las ventajas de este tipo de muestreo.

e) **Cuestionario por correo.** - Se emplea por ser de bajo costo y fácil administración. La principal objeción a este muestreo es el sesgo causado por el no retorno de cuestionarios; para superarlo se propone:

- Combinar el cuestionario por correo con la entrevista personal.
- Exceder el número esperado de cuestionarios que retornan.

#### 1.1.4 Muestreo probabilístico

Se debe conocer la probabilidad de que cada elemento de la población esté en la muestra. Del mismo modo se debe tener un procedimiento aleatorio de la formación de las muestras (obtención de las muestras) y debe determinarse como se debe obtener las estimaciones.

La ventaja de este tipo de muestreo es que se puede precisar el grado de estimación.

#### 1.1.5 Tipos de muestreo probabilístico

a) **Muestreo aleatorio simple.** Es un procedimiento de selección de una muestra por el cual todos y cada uno de los elementos de la población tienen una oportunidad igual e independiente de ser incluidos en la muestra. Además, si se toma la muestra de tamaño  $n$ , cualquier muestra posible de  $n$  elementos tiene la misma probabilidad de ser extraída que

cualquier otra combinación de  $n$  elementos, ya sea que la muestra se seleccione con o sin reposición. Una muestra aleatoria simple se extrae por selección aleatoria empleando los números aleatorios o colocando los elementos de la población numerados del 1 a  $N$  en una urna y mezclándolos perfectamente. Si se usa la urna y se sacan  $n$  números en sucesión, las unidades que llevan estos números constituyen la muestra. En cualquier etapa del proceso de obtención de la muestra, este proceso ofrece la oportunidad de que todos los elementos que no han sido sacados previamente tengan igual probabilidad de selección.

Los procedimientos aleatorios evitan la preferencia o inclinación a incluir en la muestra, determinadas observaciones que son de conveniencia. Este tipo de muestreo es eficiente si la población no es grande y heterogénea, así es relativamente fácil y barato seleccionar las unidades muestrales. El inconveniente en poblaciones grandes es la enumeración de todos sus elementos.

b) **Muestreo aleatorio estratificado.** Es un método que trata de diseñar una muestra más eficiente que la que se obtiene por un procedimiento aleatorio simple. El proceso de estratificación requiere que la población este dividida en grupos homogéneos (subpoblaciones) o clases llamados estratos. Se toma luego una muestra de cada estrato por el método aleatorio simple; la muestra que resulta se denomina muestra estratificada.

Una muestra estratificada puede ser proporcional al tamaño de los estratos u óptima, donde en la representación de la muestra se considera la variación y tamaño de cada estrato y/o costo en cada uno de ellos.

c) **Muestreo sistemático.** Es el procedimiento de selección del  $k$ -ésimo elemento de la población con un comienzo aleatorio. Si se desea extraer una muestra del  $5\% = 5/100 = 1/20$  de la población, seleccionamos aleatoriamente un número entre 1 y 20, supongamos que el número seleccionado es 12, entonces, la 12 ava, 32 ava, 52 ava, etc., unidades de la población constituirían la muestra sistemática. Este método es muy usual por su simplicidad y se prefiere frente al muestreo estratificado si la población puede ponerse fácilmente en una disposición ordenada. Con el

muestreo sistemático se logra mayor eficiencia si las unidades que se hallan próximas tienen mayor uniformidad que las unidades que se encuentran alejadas entre sí.

- d) Muestreo agrupado o de conglomerados.** Se refiere al procedimiento de dividir a la población en grupos o conglomerados de unidades y se extrae una muestra de conglomerados que representan a la población. Cuando se observan todas las unidades elementales en las agrupaciones muestrales, tenemos lo que se conoce como muestreo monoetápico.

Cuando se extrae una muestra de las unidades elementales de las agrupaciones, tenemos el llamado muestreo bietápico. En ambos procedimientos se selecciona una muestra aleatoria. Por ejemplo: Podemos seleccionar facultades como unidades primarias en la 1ra etapa, luego extraer secciones como 2da etapa y elegir a los estudiantes como tercera y última etapa.

### 1.1.6 Parámetro

Es una característica de la población, es una constante que se trata de estimar. De igual manera podemos decir que parámetro es una función de los valores de todas las  $N$  unidades de la población. Este valor es único, constante y por lo general desconocido

### 1.1.7 Estimador

Según Abad y Servín (1987) es una función de los valores muestrales, es una variable aleatoria, su valor depende de la muestra elegida, entonces tendrá una distribución de probabilidad. El valor particular producido por un estimador para una muestra dada se denomina estimación o estimador muestral (o simplemente estimador).

Note que puede existir más de un estimador muestral para un mismo parámetro; claramente debemos utilizar el mejor estimador, el cual debe cumplir ciertas propiedades deseables. Un acento circunflejo (^, que se lee sombrero) sobre  $\theta$  significa que se trata de un estimador; así  $\hat{\theta}$  se lee “el estimador de  $\theta$ ”.

### **1.1.8 Muestreo aleatorio estratificado.**

#### **Muestreo estratificado.**

Es un procedimiento de selección de una muestra aleatoria que consiste en subdividir una población heterogénea en subpoblaciones, cada una de las cuales es internamente homogénea. Cada subpoblación recibe el nombre de estrato. Una vez determinados los estratos se selecciona una muestra en cada uno de ellos, la selección se realiza independientemente en los diferentes estratos. Si la muestra es seleccionada en cada estrato aplicando las técnicas del muestreo aleatorio simple, el muestreo recibe el nombre de muestreo aleatorio estratificado. De igual manera al muestreo aleatorio estratificado, se le denomina también muestreo aleatorio restringido, es un método que permite una selección más eficiente que el obtenido mediante el muestreo aleatorio simple, en especial cuando la característica que se investiga es de gran variabilidad, lo cual, implica un tamaño muestral relativamente grande en comparación al obtenido mediante el muestreo aleatorio estratificado. En el estrato, la unidad o elemento investigado presenta una característica tal, que sólo le permite pertenecer a un estrato.

Según Kish (1982) es importante destacar que dentro de los estratos las unidades de muestreo deben ser homogéneas con respecto a las variables de la encuesta, Así, la varianza se verá reducida siempre y cuando la variación entre las unidades de muestreo sea menor que su variación en la población total.

Al conformar los estratos, lo primero que se debe seleccionar, siempre que sea posible, es la característica de interés principal, que guarde relación con los objetivos de la investigación, para lo cual debe elaborarse una distribución de frecuencias, la que a su vez se corta en un número adecuado de intervalos, de tal forma que el estrato genere la mayor homogeneidad posible. Las investigaciones de sondeo o las encuestas preliminares ayudan no sólo a identificar las características de la población, sino que permiten una buena estratificación.

El plan de estratificación es óptimo cuando se minimiza la desviación estándar del estrato. Mientras más estratos se establezcan, tanto más homogéneos serán.

Sin embargo, para algunos autores, hay un incremento en los costos en consideración al número de elementos que conlleva la muestra en cada estrato. Por otra parte, la estratificación será efectiva, dependiendo de la estrecha relación que guarden los factores de estratificación con las características que se investigan.

Según Martínez (2012) las estimaciones podrán ser más precisas en la medida del tamaño de la muestra por estrato y, en especial, por la forma en que se realiza la selección de las unidades de la muestra en cada uno de ellos. Para su cálculo, en el muestreo aleatorio estratificado se utilizan varios métodos:

- a.- **Muestras de igual tamaño**, denominada también afijación igual y consiste en establecer el mismo número de unidades para cada estrato muestral.
- b.- **Muestras de asignación o afijación proporcional**, donde los tamaños muestrales de cada estrato tendrán un número de unidades en forma proporcional a las de los estratos poblacionales.
- c.- **Muestras de asignación o afijación óptima**, cuyo tamaño estará determinado por los costos y el grado de variabilidad, en tal forma que el error de estimación sea mínimo para un costo total dado. Cuando la población es heterogénea no se puede aplicar el muestreo aleatorio simple, entonces se subdivide en subpoblaciones homogéneas y de cada una de ellas se selecciona una muestra representativa y adecuada de cada subpoblación.

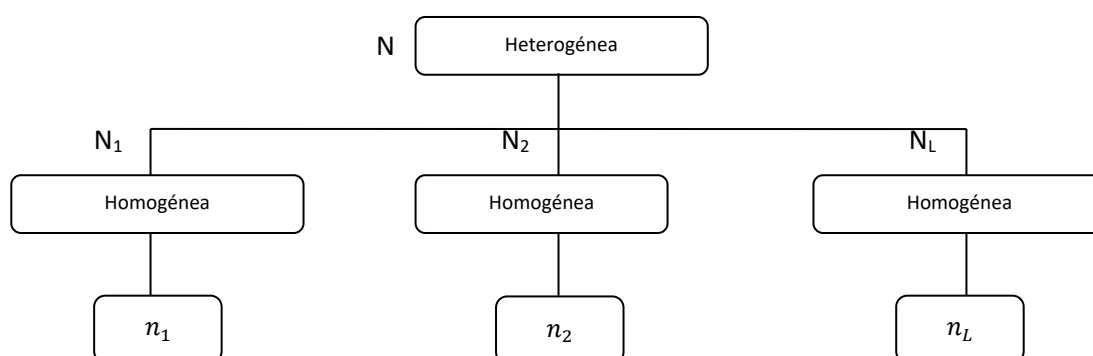


Figura 1. Razones para estratificar

Una población de tamaño  $N$  se divide en partes de tamaños  $N_1 + N_2 + \dots + N_L$  de manera que  $N = N_1 + N_2 + \dots + N_L$ . Estas partes se llaman estratos.

### 1.1.9 Razones para estratificar

La estratificación es una técnica muy usada, para esto hay muchas razones, Cochran (1981), menciona las siguientes:

1. Se puede usar cuando la población es heterogénea. Se busca que dentro de cada estrato se produzca homogeneidad, es decir, los elementos dentro de los estratos deben ser parecidos y los elementos de estratos diferentes deben tener marcada diferencia.
2. Cuando se desea estimaciones por separado para subdivisiones de la población, tales como cuando en una investigación sobre viviendas se requiere información para diferentes grupos sociales o económicos.
3. Por conveniencias de tipo administrativo. Así por ejemplo para una investigación gubernamental, el país puede estratificarse por regiones geográficas o de planeamiento para los cuales el gobierno tiene una determinada infraestructura administrativa.
4. Para cuando cada tipo de subpoblación hay problemas muestrales específicos. Así, por ejemplo, si se desea estimar las ventas de los establecimientos comerciales de la ciudad se puede estratificar de acuerdo al volumen de ventas, a la extensión o área de su local o al número de empleados.
5. Para lograr ganancia en precisión en los estimadores de las características de toda la población. Una población heterogénea se subdivide en subpoblaciones homogéneas, en donde las unidades varían muy poco de unidad a otra, logrando precisión con una muestra muy pequeña en cada estrato.

Se toman muestras aleatorias de cada estrato, luego se combinan estas muestras para sumar una muestra global  $n = n_1 + n_2 + \dots + n_L$

### 1.1.10 Afijación de la muestra

La afijación de la muestra consiste en determinar el tamaño de la muestra en el muestreo estratificado, es decir es encontrar un “n” y un “n<sub>h</sub>”, podemos considerar una buena afijación cuando la precisión es máxima con un costo mínimo.

Si se usa la estratificación de manera inteligente, casi siempre da como resultado una varianza más pequeña para la media estimada o para el total, que la dada por un muestreo aleatorio simple comparable. Sin embargo, no es verdad que cualquier muestreo aleatorio estratificado dé una varianza menor que un muestreo aleatorio simple. Si los valores de los  $n_h$  están lejos del óptimo, el muestreo estratificado puede tener una varianza más alta.

De hecho, aun la estratificación con afijación óptima para un tamaño de muestra total fijo puede dar una varianza más alta, aunque esto es más bien que una curiosidad académica y no algo que sucede en la práctica.

Una regla general es que si los  $\frac{n_h}{N_h}$  son despreciables, entonces cuando se estima la media  $V_{\hat{\theta}} \leq V_{prop} \leq V_{al}$ , donde  $V_{\hat{\theta}}$  se obtiene para un tamaño de muestra dado ( $n$ ).

### 1.1.11 Tamaño de muestra

#### Para la estimación de la media poblacional $\bar{Y}$

Si  $\hat{\theta}$  es el estimador de  $\theta \Rightarrow d = Z\sigma_{\hat{\theta}}$  ecuación fundamental del muestreo

$$\sigma_{\hat{\theta}} = \frac{d}{Z}$$

$$V = \left(\frac{d}{Z}\right)^2$$

Cuando la varianza  $V$  es especificada, es decir si se especifica la precisión:

$$V(\bar{y}_{st}) = \sum_{h=1}^L W_h^2 \frac{S_h^2}{n_h} \left(1 - \frac{n_h}{N_h}\right) = \sum_{h=1}^L W_h^2 \frac{S_h^2}{n_h} - \frac{1}{N} \sum_{h=1}^L W_h S_h^2$$

$$V(\bar{y}_{st}) = V \quad y \quad n_h = \frac{W_h S_h}{\sum W_h S_h} n \quad , \quad S_h^2 = s_h^2$$



$$V = \frac{\sum W_h^2 s_h^2}{\sum W_h s_h} - \frac{1}{N} \sum W_h s_h^2 = \frac{(\sum W_h s_h)^2}{n} - \frac{1}{N} \sum W_h s_h^2$$

$$V + \frac{1}{N} \sum W_h s_h^2 = \frac{(\sum W_h s_h)^2}{n}$$

$$(V + \frac{1}{N} \sum W_h s_h^2) n = (\sum W_h s_h)^2$$

$$n = \frac{(\sum W_h s_h)^2}{V + \frac{1}{N} \sum W_h s_h^2}$$

si se desprecia el factor de corrección:

$$n_0 = \frac{(\sum W_h s_h)^2}{V} \quad \text{caso contrario} \quad n = \frac{n_0}{1 + \frac{1}{NV} \sum W_h s_h^2}$$

### 1.1.12 Modelo de regresión múltiple

Un modelo de regresión múltiple es formulado:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (1)$$

donde  $y$  es la respuesta y  $x_1, \dots, x_k$  son los regresores. Se usa el término lineal porque la ecuación es una función lineal de los parámetros desconocidos  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ . Los parámetros  $\beta_j, j=0,1,\dots,k$  se llaman coeficientes de regresión. El parámetro  $\beta_j$  representa el cambio esperado en la respuesta  $y$  por cambio unitario en  $x_j$  cuando todas las demás variables regresoras  $x_i (i \neq j)$  se mantienen constantes.

### 1.1.13 Estimación de los parámetros del modelo

Searle (1971) indica que se puede aplicar el método de los mínimos cuadrados para estimar los coeficientes de regresión de la ecuación (1). Supongamos que se dispone de  $n > k$  observaciones, y sea  $y_i$  la  $i$ -ésima respuesta observada, y  $x_{ij}$  la  $i$ -ésima observación o nivel del regresor  $x_j$ . Se supone que el término

de error  $\varepsilon$  del modelo tiene  $E(\varepsilon) = 0$ ,  $Var(\varepsilon) = \sigma^2$  y que los errores no están correlacionados.

El modelo (1) se puede escribir:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, n$$

matricialmente:

$$y = X\beta + \varepsilon$$

donde  $y$  es un vector de  $n \times 1$  de las observaciones,  $X$  es una matriz de  $n \times p$  de los niveles de las variables regresoras,  $\beta$  es un vector de  $p \times 1$  correspondientes a los coeficientes de regresión y  $\varepsilon$  es un vector de  $n \times 1$  correspondientes a los errores aleatorios.

Se desea determinar el vector  $\hat{\beta}$  de estimadores de mínimos cuadrados que minimice:

$$S(\beta) = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \varepsilon' \varepsilon = (y - X\beta)'(y - X\beta)$$

Derivando parcialmente esta función se obtiene:

$$X'X\hat{\beta} = X'y$$

Las cuales son llamadas ecuaciones normales de mínimos cuadrados. Así el estimador de  $\beta$  por mínimos cuadrados es:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1} X'y$$

El vector de valores ajustados  $\hat{y}_i$  que corresponden a los valores observados

$y_i$  es:

$$\hat{y} = X\hat{\beta} = X(X'X)^{-1} X'y$$

La diferencia entre el valor observado  $y_i$  y el valor ajustado  $\hat{y}_i$  correspondiente es el residual  $e_i = y_i - \hat{y}_i$ . Los  $n$  residuales se pueden escribir matricialmente:

$$e = y - \hat{y}$$

#### 1.1.14 Estimación de $\sigma^2$

Se puede desarrollar un estimador de  $\sigma^2$  a partir de la suma de cuadrados de residuales:

$$\begin{aligned} SS_{Res} &= \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \\ &= \sum_{i=1}^n e_i^2 \\ &= e'e \end{aligned}$$

Como  $e = y - X\hat{\beta}$  se obtiene

$$\begin{aligned} SS_{Res} &= (y - X\hat{\beta})'(y - X\hat{\beta}) \\ &= y'y - \hat{\beta}'X'y - y'X\hat{\beta} + \hat{\beta}'X'X\hat{\beta} \\ &= y'y - 2\hat{\beta}'X'y + \hat{\beta}'X'X\hat{\beta} \end{aligned}$$

Como  $X'X\hat{\beta} = X'y$ , la última ecuación se transforma en:

$$SS_{Res} = y'y - \hat{\beta}'X'y$$

La suma de cuadrados de residuales tiene  $n - p$  grados de libertad asociados con ella, porque se estiman  $p$  parámetros en el modelo de regresión. El cuadrado medio de residuales es:

$$MS_{Res} = \frac{SS_{Res}}{n - p}$$

Según Searle y Gruber (2017) se demuestra que el valor esperado de  $MS_{Res}$  es  $\sigma^2$ , por lo que un estimador insesgado de  $\sigma^2$  es:  $\hat{\sigma}^2 = MS_{Res}$

### 1.1.15 Prueba de hipótesis en la regresión lineal múltiple

Una vez estimados los parámetros del modelo, surgen de inmediato dos preguntas:

1. ¿Cuál es la adecuación general del modelo?
2. ¿Cuáles regresores específicos parecen importantes?

Hay varios procedimientos de prueba de hipótesis que demuestran su utilidad para contestar estas preguntas. Las pruebas formales requieren que los errores aleatorios sean independientes y tengan una distribución normal con promedio  $E(\varepsilon_i) = 0$  y una varianza  $Var(\varepsilon_i) = \sigma^2$ .

### 1.1.16 Prueba de la significancia de la regresión

Según Anderson *et al.* (2012) la prueba de la significancia de la regresión es usada para determinar si hay una relación lineal entre la respuesta  $y$  y cualquiera de las variables regresoras  $x_1, x_2, \dots, x_k$ .

Este procedimiento suele considerarse como una prueba general o global de la adecuación del modelo. Las hipótesis son:

$$H_0 : \beta_0 = \beta_1 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0 \quad \text{al menos para una } j$$

El rechazo de la hipótesis nula implica que al menos uno de los regresores  $x_1, x_2, \dots, x_k$  contribuye al modelo en forma significativa. El procedimiento de prueba se realiza mediante el análisis de varianza, donde la suma total de cuadrados  $SS_T$  se divide en una suma de cuadrados debido a la regresión,  $SS_R$  y una suma de cuadrados de residuales  $SS_{Res}$ . Así:

$$SS_T = SS_R + SS_{Res}$$

Se demuestra que si  $H_0$  es cierta, entonces  $SS_R/\sigma^2$  tiene una distribución  $\chi^2_k$  con la misma cantidad de grados de libertad que la cantidad de variables regresoras en el modelo. También se demuestra que  $SS_{Res}/\sigma^2$  tiene una distribución  $\chi^2_{n-k-1}$  y que  $SS_{Res}$  y  $SS_R$  son independientes.

El estadístico de prueba:

$$F_0 = \frac{SS_R/k}{SS_{Res}/(n-k-1)} = \frac{MS_R}{MS_{Res}}$$

tiene la distribución  $F_{k,n-k-1}$

Una fórmula de cálculo para  $SS_R$  se deduce partiendo de:

$$SS_{Res} = y'y - \hat{\beta}'X'y$$

ya que:

$$SS_T = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}{n} = y'y - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}{n}$$

se puede escribir la ecuación anterior en la forma

$$SS_{Res} = y'y - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}{n} - \left[ \hat{\beta}'X'y - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}{n} \right]$$

O bien

$$SS_{Res} = SS_T - SS_R$$

Por consiguiente, la suma de cuadrados de la regresión es:

$$SS_R = \hat{\beta}'X'y - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}{n}$$

La suma de cuadrados de residuales es

$$SS_{Res} = y'y - \hat{\beta}'X'y$$

y la suma total de cuadrados es

$$SS_T = y'y - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}{n}$$

El procedimiento de prueba se resume normalmente en una tabla de análisis de varianza

Tabla 1

*Análisis de varianza para determinar el significado en la regresión múltiple*

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	$F_0$
Regresión	k	$SS_R$	$MS_R$	$MS_R / M_{Res}$
Residuales	n-k-1	$SS_{Res}$	$MS_{Res}$	
Total	n-1	$SS_T$		

Fuente: Montgomery *et al.* (2005)

### 1.1.17 Prueba sobre los coeficientes individuales de regresión

Una vez determinado que al menos uno de los regresores es importante, la pregunta lógica es ¿cuál(es) sirve(n) de ellos? Si se agrega una variable a un modelo de regresión, la suma de cuadrados de la regresión aumenta, y la suma de cuadrados residuales disminuye.

Se debe decidir si el aumento de la suma de cuadrados de la regresión es suficiente para garantizar el uso del regresor adicional en el modelo. La adición de un regresor también aumenta la varianza del valor ajustado  $\hat{y}$ , por lo que se debe tener cuidado de incluir sólo regresores que tengan valor para explicar la respuesta. Además, si se agrega un regresor no importante se puede aumentar el cuadrado medio de residuales, y con eso se disminuye la utilidad del modelo.

La hipótesis para probar la significancia de cualquier coeficiente individual de regresión, como por ejemplo  $\beta_j$ , son:

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0$$

Si no se rechaza  $H_0 : \beta_j = 0$ , quiere decir que se puede eliminar el regresor  $x_j$  del modelo. El estadístico de prueba para esta hipótesis es:

$$t_0 = \frac{\hat{\beta}_j}{\sqrt{\sigma^2 c_{jj}}} = \frac{\hat{\beta}_j}{se(\hat{\beta}_j)}$$

donde  $c_{jj}$  es el elemento diagonal de  $(X'X)^{-1}$  que corresponde a  $\hat{\beta}_j$ . Se rechaza la hipótesis nula  $H_0 : \beta_j = 0$  si  $|t_0| > t_{\alpha/2, n-k-1}$ .

### 1.1.18 $R^2$ y $R^2$ ajustada

Otras dos maneras de evaluar la adecuación general del modelo son los estadísticos  $R^2$  y  $R^2$  ajustada; esta última se representa por  $R_{Adj}^2$ .

Según Gujarati y Porter (2009) en general,  $R^2$  aumenta siempre, cuando se agrega un regresor al modelo, independientemente del valor de la contribución de esa variable. En consecuencia, es difícil juzgar si un aumento de  $R^2$  dice en realidad algo importante. Algunas personas que trabajan con modelos de regresión prefieren usar el estadístico  $R^2$  ajustada, que se define:

$$R_{Adj}^2 = 1 - \frac{SS_{Res}/(n-p)}{SS_T/(n-1)}$$

### 1.1.19 Método de eliminación hacia atrás

Neter *et al.* (1990) afirman que este procedimiento de búsqueda es lo opuesto a la selección directa. Comienza con el modelo que contiene todas las variables  $X$  potenciales e identifica la que tiene el valor  $F^*$  más pequeño. Por ejemplo, el valor  $F^*$  para  $X_i$  es:

$$F_1^* = \frac{MSR(X_1/X_2, \dots, X_{P-1})}{MSE(X_1, \dots, X_P)}$$

Si el valor mínimo de  $F_k^*$  es menor que un límite predeterminado, esa variable independiente se descarta. Luego el modelo con las variables predictoras P-2 restantes se ajusta, y se identifica el próximo candidato para descartar. Este proceso continúa hasta que no se puedan ingresar más variables independientes.

También se puede adaptar una modificación gradual que permite agregar variables que se eliminaron antes, esta modificación se denomina procedimiento de regresión gradual hacia atrás

### 1.1.20 Datos atípicos e influyentes

Prado y San Martín (2012) manifiestan que los casos atípicos son casos anómalos en cierto sentido; son casos que no se parecen al resto, por consiguiente, se hace necesario revisarlos ya que pueden alterar los resultados del análisis.

Los casos atípicos pueden ser resultados de errores de registro o codificación y el problema se resuelve sencillamente corrigiendo el código o eliminando el caso del análisis si no se puede corregir. Como regla general, un caso atípico no puede ser excluido del análisis simplemente porque no gusta. Antes de eliminarlo es necesario valorar como afecta a los resultados del análisis, es decir si los altera o no, como por ejemplo si no incluye a alguna variable importante, si no pronostica bien, etc.

No existe un acuerdo generalizado sobre la conveniencia o no de eliminar los casos atípicos. No existe, por tanto, una única regla en sustentar esta decisión, pero si se elimina un caso del análisis, hay que informar de las razones que nos llevó a hacerlo. Los casos atípicos podrían ser eliminados del análisis con la excusa de que están entorpeciendo o inflando el ajuste. También podrían eliminarse los casos muy atípicos con el argumento de que el objetivo del análisis es construir una ecuación para entender lo que ocurre con los casos típicos. Sin embargo, si existe un conjunto de casos atípicos que parecen formar



un subgrupo separado del resto, lo razonable es incorporarlos a la ecuación de regresión creando una variable dicotómica.

Cualquiera que sea la decisión que se tome con un caso atípico o influyente, no debe olvidarse que el hecho de que un caso sea considerado atípico o influyente siempre se hace tomando como referencia una ecuación de regresión. Si la ecuación cambia porque se incorporan nuevas variables o porque se elimina alguna de las incluidas, los casos atípicos o influyentes pueden dejar de serlo y otros que antes que no lo eran pueden pasar a serlo.

### 1.1.21 Importancia de detectar observaciones influyentes

Según Montgomery *et al.* (2005) un punto identificado en un diagrama de dispersión A, que se muestra en la figura 2 que está alejado, en el espacio de  $x$ , del resto de la muestra, pero está casi en la recta de regresión que pasa por el resto de puntos de la muestra, se le llama punto de balanceo, el cual puede controlar ciertas propiedades del modelo, este punto no afecta las estimaciones de los coeficientes de regresión, pero tiene un efecto marcado sobre las estadísticas de resumen del modelo, como  $R^2$  y sobre los errores estándar de los coeficientes de regresión.

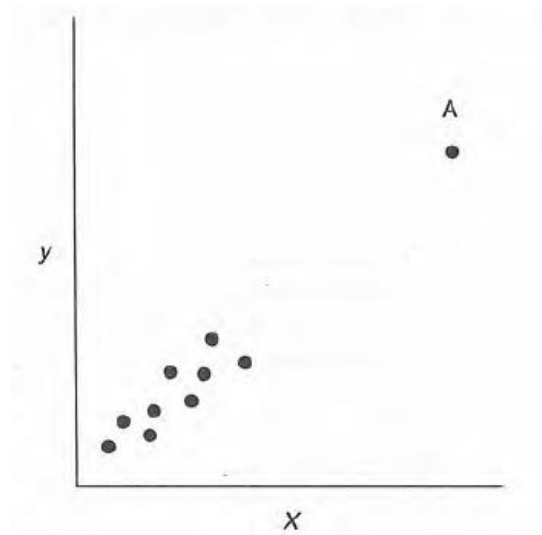


Figura 2. Ejemplo de un punto de balanceo

Fuente: Montgomery *et al.* (2005)

Ahora supongamos que este punto A está separado del resto de la muestra cómo se observa en la figura 3 pero que no está en la recta de regresión si no a un

lado del resto de puntos, este punto tiene una abscisa  $x$  moderadamente inusual, y el valor de  $y$  también es inusual.



Figura 3. Ejemplo de una observación influyente

Fuente: Montgomery *et al.* (2005)

Este punto se llama punto de influencia, o valor influyente, el cual tiene un impacto notable sobre los coeficientes del modelo, porque jala al modelo de regresión en su dirección.

En consecuencia, se desea localizar esos puntos influyentes y evaluar su impacto sobre el modelo. Si esos puntos son en realidad valores “malos”, se deberían eliminar de la muestra. Por otro lado, puede que no haya nada de malo en ellos, pero si controlan las propiedades claves del modelo, sería bueno conocerlo, porque podrían afectar el uso final del modelo de regresión.

### 1.1.22 Balanceo

Como se mencionó anteriormente, el lugar de los puntos en el espacio de  $x$  tiene importancia potencial en la determinación de las propiedades del modelo de regresión. En particular, los puntos alejados o remotos tienen un impacto desproporcionado sobre los coeficientes de los parámetros, los errores estándar, valores predichos y estadísticas de resumen del modelo.

La matriz de sombrero

$$H = X(X'X)^{-1}X'$$

desempeña un papel muy importante en la identificación de observaciones influyentes.  $H$  determina las varianzas y covarianzas de  $\hat{y}$  y de  $e$ , porque como  $\text{Var}(\hat{y}) = \sigma^2 H$  y  $\text{Var}(e) = \sigma^2(I - H)$ . Los elementos  $h_{ij}$  de la matriz  $H$  pueden ser vistos como la cantidad de balanceo o palanqueo o de influencia ejercido por la  $i$ -ésima observación  $y_i$  sobre el  $i$ -ésimo valor ajustado  $\hat{y}_i$ .

Con frecuencia, la atención se dirige hacia los elementos diagonales  $h_{ii}$  de la matriz  $H$  sombrero, que se puede expresar como:

$$h_{ii} = x_i'(X'X)^{-1}x_i$$

Siendo  $x_i'$  el  $i$ -ésimo renglón de la matriz  $X$ . La diagonal de la matriz de sombrero es una medida estandarizada de la distancia de la  $i$ -ésima observación al centro (o al centroide) del espacio de  $x$ . Así los elementos grandes en la diagonal indican observaciones que son potencialmente influyentes, por estar lejos, del resto de la muestra de  $x$ . Rencher y Schaalje (2008) indican que el tamaño promedio de los elementos de la diagonal es  $\bar{h} = p/n$  [ porque  $\sum h_{ii} = \text{rango}(H) = \text{rango}(X) = p$  ] y por tradición se supone que toda observación para la cual la diagonal del sombrero es más del doble del promedio  $2p/n$  está suficientemente alejada del resto de los datos como para considerarse un punto de balanceo. Así los puntos de balanceo serán influyentes en los coeficientes de regresión.

### 1.1.23 Medidas de influencia: DFFITS

Se puede investigar la influencia de la eliminación de la  $i$ -ésima observación sobre el valor predicho o ajustado. Esto nos lleva a examinar:

$$DFFITS_i = \frac{\hat{y}_i - \hat{y}_{(i)}}{\sqrt{s_{(i)}^2 h_{ii}}}, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

en la que  $\hat{y}_i$  es el valor ajustado de  $y_i$ , obtenido sin usar la  $i$ -ésima observación. El denominador es una estandarización, porque  $\text{Var}(\hat{y}_i) = \sigma^2 h_{ii}$ . Así  $DFFITS_i$ , es la cantidad de desviaciones estándar que cambia el valor ajustado  $\hat{y}_i$  si se elimina la observación  $i$ .

$$\begin{aligned}
 DFFITS_i &= \left( \frac{h_{ii}}{1 - h_{ii}} \right)^{1/2} \frac{e_i}{S_{(i)}(1 - h_{ii})^{1/2}} \\
 &= \left( \frac{h_{ii}}{1 - h_{ii}} \right)^{1/2} t_i
 \end{aligned}$$

donde  $t_i$  es el actual R de Student. Así,  $DFFITS_i$  es el valor del R de Student multiplicado por el balanceo de la  $i$ -ésima observación  $[h_{ii}/(1 - h_{ii})]^{1/2}$ . Si el dato es atípico, el residual R de Student tendrá magnitud grande, mientras que, si el dato tiene gran balanceo,  $h_{ii}$  se aproximará a la unidad. En cualquiera de esos casos,  $DFFITS_i$  puede ser grande. Sin embargo, si  $h_{ii} \approx 0$ , el efecto del R de Student será moderado. En forma parecida, un residual R de Student cercano a cero, combinado con un punto de gran balanceo podría producir un valor pequeño de  $DFFITS_i$ . Así se ve que  $DFFITS_i$  se puede afectar ya sea por el balanceo como por el error de predicción.

Algunos autores sugieren que deben investigarse toda observación para  $|DFFITS_i| > 2\sqrt{p/n}$ .

#### 1.1.24 Verificación de supuestos del modelo

Gran parte de los procesos estadísticos para su buena aplicación, hacen uso de algunas suposiciones estadísticas, estas suposiciones son de mucha importancia porque determinará el éxito o el fracaso del procedimiento estadístico aplicado, para la validez en la aplicación y elaboración de pronósticos con la ecuación de regresión lineal múltiple.

- **Especificación del modelo**

De todos los supuestos, este es el más riguroso y quizás el menos atractivo. Una investigación econométrica parte de la especificación del modelo econométrico en el que se basa el fenómeno que se está analizando. Algunas preguntas importantes que surgen al especificar un modelo son: ¿Cuál es la forma funcional del mismo, lineal en las variables o en los parámetros, o en ambos?, ¿Cuáles son los supuestos probabilísticos que se hacen sobre las respuestas, los regresores y los errores que se incluyen en el modelo?

Al omitir del modelo variables importantes, al escoger la forma funcional incorrecta o al planear supuestos estocásticos equivocados sobre las variables del modelo, será muy cuestionable la validez de la interpretación que se dé a la regresión estimada.

- **Multicolinealidad.**

Según Alvarez (1995) se sospecha que la colinealidad está presente en situaciones en que  $R^2$  es alto (por ejemplo 0.7 y 1.0) y cuando las correlaciones de orden cero son altas y a la vez ninguno o pocos de los coeficientes de regresión parcial son individualmente significativos, con base en la prueba “t” convencional. Si el  $R^2$  es alto, quiere decir que la prueba F del ANVA, en la mayoría de los casos rechazará la hipótesis nula de que el valor verdadero de todos los coeficientes parciales de la pendiente sea simultáneamente cero, independientemente de la prueba t.

Hay cuatro fuentes de multicolinealidad principales:

- 1. El método de obtención de datos**, puede originar problemas de multicolinealidad cuando el analista sólo muestrea un subespacio de la región de los regresores. Por ejemplo, si tenemos dos variables regresoras las cuales se grafican en un diagrama de dispersión, si los pares de muestra caen en forma aproximada a lo largo de una recta; y si hay más de dos regresores, los datos estarán, en forma aproximada, a lo largo de un hiperespacio. En esta situación, las observaciones con una cantidad pequeña en una variable frecuentemente tienen una cantidad pequeña en la otra variable, mientras que las observaciones con una cantidad grande en una variable, por lo general, tendrán una cantidad grande en la otra variable. Así las dos variables tienen una correlación positiva, y si esa correlación es suficientemente grande habrá problemas de multicolinealidad.

- 2. Las restricciones en el modelo o en la población** que se muestrea también pueden causar multicolinealidad, una restricción física en la población objeto de estudio puede causar este problema, por ejemplo, las familias que tienen ingresos mayores en general tienen casas grandes que las familias de menores

ingresos, y restricciones físicas como ésta, producirán multicolinealidad independientemente del método de muestreo que se emplee.

**3. Especificación del modelo**, también puede inducir a la multicolinealidad, por ejemplo, si agregamos términos polinomiales al modelo de regresión.

**4. Un modelo sobredefinido** tiene más variables regresoras que observaciones.

### **Factores de inflación de varianza**

El factor de inflación de varianza está definido por:

$$VIF_j = (1 - R_j^2)^{-1}$$

donde  $R_j^2$  es el coeficiente de determinación múltiple obtenido haciendo la regresión de  $x_j$  sobre las demás variables regresoras. Es claro que si  $x_j$  depende casi linealmente de alguno de los demás regresores, entonces  $R_j^2$  será casi la unidad y que  $VIF_j$  será grande. El factor  $VIF$  para cada término del modelo mide el efecto combinado que tienen las dependencias entre los regresores sobre la varianza de ese término. Si hay uno o más  $VIF$  grandes, hay multicolinealidad. Kutner *et al.* (2004) indican que si cualquiera de los  $VIF$  es mayor que 5 o 10, es indicio de que los coeficientes asociados de regresión están mal estimados debido a la multicolinealidad.

#### • **Normalidad**

Montanero (2008) indica que la regresión lineal múltiple supone que cada  $\varepsilon_i$  está distribuido normalmente con media cero y varianza constante  $\sigma^2$  y con una correlación de los errores igual a cero y con covarianza igual a cero.

### **Contrastes de normalidad**

Un caso específico de ajuste a una distribución teórica es la correspondiente a la distribución normal. Este contraste se realiza para comprobar si se verifica la hipótesis de normalidad necesaria para que el resultado de algunos análisis sea fiable, como por ejemplo para el ANOVA.

Para comprobar la hipótesis nula de que la muestra ha sido extraída de una población con distribución de probabilidad normal Fahrmeir *et al.* (2013) indican que se puede realizar un estudio gráfico y/o analítico.

### **Prueba de Kolmogorov-Smirnov**

De acuerdo a la Universitat de Barcelona (2019) la prueba Kolmogorov-Smirnov se aplica para contrastar la hipótesis de normalidad de la población, el estadístico de prueba es la máxima diferencia:

$$D = \text{máx}|F_n(x) - F_0(x)|$$

siendo  $F_n(x)$  la función de distribución muestral y  $F_0(x)$  la función teórica o correspondiente a la población normal especificada en la hipótesis nula.

La distribución del estadístico de Kolmogorov-Smirnov es independiente de la distribución poblacional especificada en la hipótesis nula y los valores críticos de este estadístico están tabulados.

- **Homocedasticidad**

Un supuesto importante del modelo de regresión lineal clásico consiste en que las perturbaciones o errores de la función de regresión poblacional son homocedásticas, esto es, que todas tienen la misma varianza. Cuando existe heterocedasticidad los estimadores mínimos cuadrados son insesgados y consistentes, mas no eficientes; es decir las varianzas de las estimaciones de los parámetros no son las varianzas mínimas. Pérez (2014) afirma que para poder analizar la heterocedasticidad de un modelo suele comenzarse por el análisis gráfico de los residuos, siendo esenciales las gráficas de los residuos (a poder ser estudentizados) respecto de la variable endógena y respecto de las exógenas que deben presentar una estructura aleatoria libre de tendencia. El gráfico de los residuos contra cada variable exógena permite detectar como variable más culpable de heterocedasticidad aquella cuyo gráfico se separa más de la aleatoriedad. También es un instrumento gráfico útil la gráfica de valores observados contra valores predichos, cuyos puntos han de ser lo más ajustados posible a la diagonal del primer cuadrante.

- **Autocorrelación**

Un supuesto importante del modelo lineal clásico, es que no existe autocorrelación o relación serial entre los errores. Si se viola este supuesto tenemos el problema de correlación serial o autocorrelación. Según Novales (1993) la autocorrelación se presenta por diferentes razones, como, por ejemplo, la inercia de la mayoría de las series económicas de tiempo, el sesgo de especificación que resulta de excluir algunas variables relevantes del modelo o de la utilización de una forma funcional incorrecta, la exclusión de variables rezagadas y la manipulación de datos.

Aunque los estimadores mínimos cuadráticos, continúan siendo insesgados y consistentes en presencia de correlación, ellos dejan de ser eficientes. Como resultado, las pruebas de significancia usual t y F no pueden aplicarse legítimamente. Para determinar si los errores están correlacionados, se utilizó la prueba de Durbin-Watson, para lo cual se siguió el procedimiento siguiente:

$H_0$  : No hay correlación serial positiva

$H_1$  : Hay autocorrelación positiva.

Calculamos el estadístico Durbin-Watson “d”

$$d = \frac{\sum_{t=1}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \quad 0 \leq d \leq 4$$

Para un n dado y k (número de variables independientes) vamos a la tabla y elegimos un valor  $d_U$  (superior) y  $d_L$  (inferior).

Tomar la siguiente decisión:



Tabla 2

*Tabla d de Durbin – Watson: Regla de decisión*

Hipótesis nula	Decisión	Si
No existe autocorrelación positiva	Rechazar	$0 < d < d_L$
No existe autocorrelación positiva	No hay decisión	$d_L \leq d \leq d_U$
No existe autocorrelación negativa	Rechazar	$4 - d_L < d < 4$
No existe autocorrelación negativa	No hay decisión	$4 - d_U \leq d \leq 4 - d_L$
No existe autocorrelación positiva o Negativa	No rechazar	$d_U < d < 4 - d_U$

Fuente: Gujarati (1994)

### 1.1.25 Electro Puno S.A.A.

Electro Puno S.A.A., es una Empresa Concesionaria de Distribución de energía eléctrica en el Departamento de Puno, creada por escisión del bloque patrimonial de la Gerencia Sub Regional de Electro Sur Este S.A.A. aprobada mediante acuerdo adoptado en la Junta General de Accionistas de esta última Empresa de fecha 09 de julio de 1999, inscrita en la Oficina Registral Regional José Carlos Mariátegui - Oficina Puno, el día 28 de octubre de 1999 en el Tomo N° 74, Asiento N° 21742 y Ficha N° 1467, iniciando sus operaciones el 01 de noviembre de 1999.

La Empresa basa su funcionamiento en la Ley de Concesiones Eléctricas D.L. N° 25844 y su reglamento D.S. 009-93-EM, desarrollando sus actividades en el ámbito del Departamento de Puno, donde se ubican sus instalaciones electromecánicas de distribución, transmisión y generación; implementada con una estructura organizacional con personal capacitado con el objetivo de tener una gestión eficiente, ágil y moderna, para brindar a sus clientes un servicio de calidad.

### 1.1.26 Tarifas eléctricas

Las tarifas se establecen teniendo en cuenta el sistema de medición para cada alternativa y no el uso de la energía, por lo que no se diferencia explícitamente entre tarifas industriales, comerciales y de uso general, etc. Actualmente existen 8 opciones tarifarias, 3 en MT (Media Tensión) y 5 en BT (Baja

Tensión) las cuales son de libre elección del cliente con las limitaciones establecidas en cada caso.

### 1.1.27 Conceptos generales

Existen algunos conceptos que hay que tener en cuenta para observar cómo son las tarifas.

**Clientes en baja tensión.** Son aquellos que se hallan conectados a redes cuya tensión de suministro es igual o inferior a 1 Kv.

**Clientes de media tensión.** Son aquellos que están conectados a redes cuya tensión de suministro es superior a un Kv y menor a 30 Kv.

**Clientes en alta tensión.** Son aquellos que están conectados a redes cuya tensión de suministro es igual o superior a 30 Kv.

**Horas punta (HP).** Período comprendido entre las 18:00 y 23:00 horas, exceptuándose a solicitud del cliente los días domingos y feriados, siempre y cuando este asuma los costos de inversión para la instalación del sistema de medición adicional.

**Horas fuera de punta (HFP).** Período no comprendido en las horas punta.

**Potencia.** Es la capacidad que se requiere para cubrir la máxima demanda posible de energía en el sistema.

**Energía.** Es la cantidad de electricidad que efectivamente llega a consumir el cliente en un periodo de tiempo.

**Período de facturación.** El período de facturación es mensual y no podrá ser inferior a 28 días ni exceder los 33 días calendario.

**Facturación mínima.** Mensualmente se cobra un cargo fijo aún si el consumo fuese nulo, o si el suministro estuviese cortado. Dicho cargo cubre los costos unitarios de facturación asociados a la lectura, procesamiento y emisión de factura, su distribución y cobranza. La facturación también incluye el costo de alumbrado público, cargos por mantenimiento y reposición de la conexión, así como puede incluir el cargo por la potencia contratada o potencia variable.

**Facturación de energía activa.** Se obtendrá multiplicando el consumo de energía activa registrada expresada en kw.h, por el costo determinado por el pliego tarifario vigente.

**Facturación de la potencia activa.** Existen dos modalidades de facturación de la potencia, elegibles por el cliente:

**Potencia contratada.** La magnitud de potencia se factura en forma constante para todos los meses. La responsabilidad de Electro Puno S.A.A. se limita a cobrar el valor máximo contratado.

**Potencia variables.** La potencia por facturar se determina como el promedio de las dos mayores demandas registradas en los últimos 12 meses. Las potencias contratadas definidas por el cliente tendrán una vigencia de un año. Durante la vigencia de las potencias contratadas, los clientes podrán variar por una sola vez dicha potencia con el acuerdo previo de la empresa distribuidora comercializadora.

### **Opciones tarifarias**

Opciones en media tensión: MT2, MT3, MT4

Opciones en baja tensión: BT2, BT3, BT4, BT5, BT6

Las cuatro variables siguientes definen las opciones tarifarias:

- La potencia requerida por los usuarios en horas fuera de punta.
- La potencia requerida por los usuarios en horas punta.
- El consumo de energía en horas fuera de punta.
- El consumo de energía en horario de punta.

**Opciones tarifarias BT2 y MT2.** Permite diferenciar claramente la energía y la potencia en horas punta y fuera de punta, así como la diferencia en costos y tarifas que ambos horarios implican. Se miden 2 energías activas y 2 potencias activas (en horas punta y fuera de punta), además de la energía activa. Es necesario que el cliente cuente con el equipo de medición apropiado para optar por estas tarifas.

**Opciones tarifarias BT3 y MT3.** Permite diferenciar la energía en punta y fuera de punta y la potencia bajo calificación del cliente. Así el cliente es calificado como presente en punta cuando el cociente entre su demanda media en horas punta y su demanda máxima es mayor o igual a 0.5, dicha calificación se realiza mensualmente y se realiza automáticamente. Se miden 2 energías activas y una potencia activa, más la energía reactiva.

**Opciones tarifarias BT4 y MT4.** En este caso se factura la energía total del mes y se distingue la potencia en punta o fuera de punta bajo calificación cuyo periodo de vigencia fluctúa de 3 meses a un año según acuerdo. Se miden una energía activa y una potencia activa, más el cargo por energía reactiva.

**Opción tarifaria BT5.** Sólo para clientes alimentados en baja tensión con demanda máxima de hasta 20 kw o que instalen un limitador de potencia de hasta 20 kw nominal. Se efectúa una medición simple de energía.

**Opción tarifaria BT6.** Cargo simple por la potencia de la conexión. Sólo podrán optar por esta tarifa clientes con una alta participación en las horas punta, tales como los que cuentan con avisos luminosos, cabinas telefónicas y semáforos, no comprendiéndose el uso residencial.

#### **Acerca del medidor**

Una de las formas de mostrar la información acerca de su medidor o los problemas que este puede presentar, es absolviendo algunas interrogantes como las siguientes:

**¿Por qué me facturan tanto si mi vecino tiene los mismos artefactos y paga menos?**

La facturación no se efectúa por la cantidad de artefactos instalados, sino por el tiempo de uso (consumo).

Por ejemplo, si Ud. tiene una plancha de 1 kw de potencia y la utiliza 4 horas al día, originará un consumo de 120 kw/h en 30 días, mientras que, si su vecino sólo la utiliza 2 horas diarias, consumirá 60 kw/h al mes.

Otras razones válidas son:

Fugas a tierra originadas por instalaciones internas defectuosas o artefactos en mal estado, mal utilizados.

Falla del medidor

### **¿Por qué el disco de mi medidor gira más que el de mi vecino?**

El giro del disco del medidor depende principalmente del consumo de energía en un momento dado. Además, no todos los medidores tienen la misma velocidad de giro, el cual está determinado por una constante según el modelo del medidor (rev / kw.h). La constante del medidor determina cuántas revoluciones dará el disco para registrar 1 kw.h.

### **¿Por qué el disco del medidor sigue girando si bajé la llave general?**

Las causas pueden ser:

Fuga de energía entre el medidor y su llave general.

Medidor defectuoso, que registra consumos no existentes.

### **¿Qué diferencia hay entre fuga a tierra y bajo aislamiento?**

La fuga a tierra es un defecto que genera pérdidas de energía por medio de un cable que hace contacto con algún material conductor de la energía (tierra, pared, tuberías, etc.), pudiendo ocasionar un corto circuito o electrización en las instalaciones. El bajo aislamiento es la disminución de la resistencia en un cable conductor que puede ocasionar fugas a tierra.

### **¿Qué es un pozo de tierra?**

Un pozo de tierra es una obra que se hace en la instalación interna del cliente con el fin de dirigir la energía perdida a la tierra, eliminando el riesgo de electrizamientos y descargas, en caso de fallas. Para profundizar en la definición, podemos decir que es un pozo que contiene tierra tratada y aditivos químicos que aseguran una baja resistencia del terreno al paso de la corriente eléctrica, hasta donde se conecta el circuito de tierra de las instalaciones internas (en caso lo tuviera), con la finalidad de proteger a las personas e instalaciones de posibles electrizamientos.

### **¿Puedo colocarle rejas a mi medidor?**

Sí, siempre que la reja no esté en contacto con la caja del medidor y que no dificulte cualquier intervención al suministro (lectura, corte, reconexión y mantenimiento).

Se recomienda que la distancia mínima de la reja a la caja del medidor sea de 5 cm. y que el candado de la misma sea colocado en la parte superior para facilitar al personal de Electro Puno S.A.A. la intervención al equipo.

De ser necesario, la empresa está facultada a retirar la protección.

### **¿Cuáles son las funciones del interruptor termo magnético?**

Es un limitador de corriente (dispositivo electromecánico) que impide sobrepasar la carga contratada. Cuando se origina un exceso de carga, el calor generado abre el dispositivo dejando el suministro de energía suspendido. Protege además las instalaciones del cliente de sobrecargas o cortocircuitos.

### **¿Qué es una pinza amperimétrica?**

Es un instrumento que mide la intensidad de corriente en amperios, determinando la carga utilizada en un momento dado.

### **¿Qué es un reductor de corriente?**

Es un implemento utilizado para reducir la corriente de la red de alimentación, con la finalidad de efectuar la medición sin dañar el equipo de medida.

### **Lectura de recibo**

**Datos de la empresa distribuidora.** Electro Puno S.A.A. es la empresa regional de servicio público de electricidad encargada de la distribución y comercialización de la energía eléctrica dentro del Departamento de Puno.

La oficina principal se encuentra ubicada en el Jr. Mariano H. Cornejo 160 en la ciudad de Puno con R.U.C. 20405479592.

### **Datos del cliente**

**Número de cliente:** Es el número asignado a cada cliente con la finalidad de brindarle un servicio personalizado. Además, se tiene el nombre del cliente o razón social, la dirección, la provincia, departamento, etc.

### **Datos técnicos del suministro**

**Tarifa:** Es la tarifa elegida por el cliente, en la baja tensión tipo BT5 residencial o no residencial.

**Potencia contratada:** Es la cantidad de kilo watt (kw) que el cliente contrata de acuerdo a sus necesidades al interior de su domicilio, pudiendo contratar para la tarifa BT5 hasta 20 (kw).

**Tipo de acometida:** De acuerdo a la distribución de nuestras redes esta puede ser aérea o subterránea.

**Medidor N°:** Es el número de serie de cada medidor.

**Factor:** Es el factor multiplicativo de la lectura del medidor. En el caso de medidores de conexión directa el factor es 1.

**Lectura actual:** Es la lectura registrada en el mes anterior.

**Consumo del mes:** Se obtiene restando la lectura actual menos la lectura anterior.

**Fecha de inicio de contrato:** Es la fecha en la cual se suscribió el contrato y fue registrado como cliente.

RECIBO N° 021 - 00526731



**Electro Puno S.A.A.**  
Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad  
www.electropuno.com.pe

J.R. MARIANO H. CORNEJO N° 160 - PUNO  
R.U.C. 26406479892

Para consultas su número de cliente es  
**002-0078599**

**MES FACTURADO**                      **NOVIEMBRE - 2011**

**DATOS DEL CLIENTE**

NOMBRE      SUCASACA MENDOZA, VILMA ADANSEL  
R.U.C.  
DIRECCIÓN    URB. SANTA ADRIANA G2-9 AV. AVIACION  
ENTREGA      URB. SANTA ADRIANA G2-9 AV. AVIACION  
DPTO/PROV    PUNO - SAN ROMAN  
ZONA          Juliaca - 002 - JULIACA ZONA2  
RUTA          301-53-01-001784                      RESIDENCIAL

**DATOS TECNICOS**

TARIFA      BT5BR POTENCIA 2.80      CONEXION C11  
ACOMETIDA    Aerea                      SISTEMA    Monofasico  
MEDIDOR      1637827                      Electronico    220 V

**DETALLE DEL CONSUMO**

LECTURA ACTUAL :      OK\_ 188 27 nov 2011  
LECTURA ANTERIOR :    OK\_ 150 26 oct 2011  
FACTOR      1.0000                      CUENTES    1  
CONSUMO FACTURADO    38.00                      kW.h  
EL COSTO DE kW.h ES: S/.    0.4330  
Afecto a Descuento Ley 27510 FOSE, Monto S/. -3.25

CONCEPTO	IMPORTE S/.
ALUMBRADO PUBLICO	3.01
CARGO FIJO	2.36
ENERGIA	13.21
INTERESES COMPENSATORIOS	0.13
MANTENIMIENTO Y REPOSICION DE LA CONEXION	0.60

<b>SUBTOTAL</b>	19.31
IGV 18%	3.48

**OTROS PAGOS**

INTERES MORATORIO	0.01
LEY 28749 ELECTRIFICACION RURAL	0.27
REDONDEO DEL MES	-0.03
REDONDEO MES ANTERIOR	0.01

**DUPLICADO DESDE INTERNET**

FECHA EMISION	FECHA VENCIMIENTO	TOTAL A PAGAR S/.
<b>30 nov 2011</b>	<b>16 dic 2011</b>	<b>****23.05</b>

**SON: VEINTITRES CON 05/100 NUEVOS SOLES**

MENSAJES

**ELECTRO PUNO S.A.A. LE RECUERDA.**

"SEÑOR CLIENTE: Cuide su economía, evitando cortes del servicio de energía eléctrica que generan costo por reconexión. Cancele oportunamente su recibo en centros autorizados y en nuestras oficinas."

PAGUE SOLO EN CENTROS AUTORIZADOS NO AL MENSAJERO

MES FACTURADO	NOVIEMBRE - 2011	<b>002-0078599</b> <b>DUPLICADO</b>
VENCIMIENTO	16 dic 2011	SUCASACA MENDOZA, VILMA ADANSEL
TOTAL S/.	****23.05	PUNO - SAN ROMAN

021 - 00526731



301-53-01-001784

Figura 4. Recibo de energía eléctrica

Fuente: Electro Puno S.A.A (2019)

**Fecha fin de contrato:** La vigencia del contrato es anual, de no existir alguna modificación, este será renovado automáticamente por un plazo similar.



### **Detalle del consumo**

Histograma o representación gráfica de su consumo de los 12 últimos meses para que el cliente lleve un control de su consumo.

### **Datos del cliente y mes facturado**

**Número del cliente:** Es el número asignado a cada cliente dentro de nuestro sistema comercial.

**Mes facturado:** Indica el mes que se está facturando.

### **Detalles de facturación**

**Cargo fijo:** Es independiente del consumo y se efectuará incluso si este es nulo.

**Energía:** El consumo de energía eléctrica del cliente en un mes es el resultado de la diferencia de lecturas del medidor tomadas en dos fechas (lectura actual - lectura anterior), su facturación se obtendrá multiplicando el consumo de energía activa, expresado en kilovatios-hora (kw.h), por el respectivo cargo unitario.

**Alumbrado público:** Es el monto correspondiente a la prestación del servicio de alumbrado público general en avenidas, calles y plazas, el mismo que se factura de acuerdo al consumo de energía de cada cliente.

**Mantenimiento y reposición:** Es el pago mensual que el cliente efectúa para cubrir el mantenimiento de las conexiones y la reposición del equipo de medición en caso de daño no originado por el cliente.

**Interés moratorio:** Representa el 115% del interés compensatorio aplicable después del noveno (09) día posterior al vencimiento hasta la cancelación del pago.

**Corte - reconexión:** Es el cobro por el corte de energía eléctrica debido a deuda o a solicitud del cliente. Los cortes se realizan luego del vencimiento de la segunda deuda impaga (en casos de clientes sin deuda previa) o al primer mes impago (si el cliente presenta un convenio de facilidades de pago).

**Sub total:** Es la suma de los conceptos anteriores.

**IGV:** Es la aplicación del 18% a los importes correspondientes a la base imponible.

**Otros conceptos:** Importes correspondientes a facilidades de pago otorgadas por la empresa.

**Redondeo:** Es el importe correspondiente a facturar las centésimas del importe total a la unidad monetaria de cinco céntimos de nuevo sol, o a los diez céntimos de nuevo sol inferiores o superiores respectivamente.

**Total:** Es el importe a pagar por consumo de energía eléctrica.

**Talón desglosable:** Para el control de la cobranza y es de uso interno.

**Mes facturado:** Indica el mes que se está facturando.

**Total a pagar:** Es el importe a cancelar por el consumo de energía eléctrica utilizada en el mes anterior.

**Fecha de vencimiento:** Es la fecha límite para cancelar el recibo sin ningún recargo.

**Fecha de emisión:** Es la fecha en la cual se realiza el proceso de impresión del recibo.

**Recibo N°:** Es el número correlativo que se le asigna a cada recibo en el proceso de emisión.

### 1.1.28 Buen uso de energía

#### Características de la electricidad

- No es visible.
- Su presencia es real.
- Podemos medir sus efectos.
- Cuando agarramos un conductor electrizado recibimos una descarga mortal.

**Unidad de medida para la venta de energía.** La unidad de consumo de energía eléctrica es el kilovatio hora, que es el equivalente al consumo de energía eléctrica efectuado por 10 focos de 100 vatios durante una hora.

**Precio de la energía.** El precio por un kilovatio hora es de 0.39 céntimos. Si encendemos un foco de 100 vatios y lo tenemos prendido tres horas al día durante un mes consumiremos 9 kw.h y pagaremos tres soles con 50 céntimos por energía. Debemos controlar nuestro consumo con el medidor para saber cuánto podemos gastar en energía y cuanto podemos pagar.

**Iluminación.** Debemos procurar una buena iluminación para evitar dañar nuestra vista.

**Nivel de iluminación.** El nivel recomendable de iluminación corresponde a una lámpara incandescente de 100 vatios para un ambiente de 4 x 4 mts a 2.50 mts de altura.

#### **Deficiente iluminación: Manifestaciones**

- Falta de concentración, fatiga
- Afecciones oculares:
- Enrojecimiento de los ojos
- Disminución de la visión (daño irreparable)

#### **Recomendaciones**

- Aprovechar la luz natural.
- Pintar la casa con colores claros.
- Apagar los focos innecesariamente prendidos.
- Limpiar los focos, porque se ennegrecen y el polvo les quita luminosidad.

### 1.1.29 El Consumo de energía y su relación con las características de tu vivienda.

De acuerdo a Vida Sostenible (2016) el consumo de energía está relacionado de acuerdo a lo siguiente:

#### Factores

- **El tamaño de la vivienda:** una casa grande es mucho más costosa de climatizar que una pequeña.
- **El tipo de edificio, y la localización de la vivienda:** un chalet tiene muchas más pérdidas de calor que un piso embutido en un bloque de viviendas, y un ático más que un bajo interior. Por el contrario, todos sus requerimientos de iluminación artificial pueden ser menores.
- **La edad y características de la construcción.** Muchas casas antiguas, anteriores a 1900, tienen muros gruesos y por lo tanto buen aislamiento. Los edificios construidos posteriormente a la norma que obliga a respetar ciertas condiciones de aislamiento también pueden tener buenas características térmicas. Pero quedan muchos edificios con “paredes de papel”, difíciles de calentar en invierno y de refrigerar en verano.

Los estudios disponibles muestran que los hogares, en conjunto, consumen mucha energía inútilmente, por sistemas de calefacción antiguos, escasez de aislamiento, ausencia de lámparas de bajo consumo, electrodomésticos ineficientes, etc. Quiere decirse que las posibilidades de reducir el consumo son muy grandes: probablemente se podría reducir a la mitad del consumo actual con medidas sistemáticas y rigurosas. No obstante, hay que tener en cuenta que las medidas de ahorro de energía pueden ser caras, y que todavía hay déficit de equipamiento en calefacción en muchas viviendas.

#### ¿Cómo se reparte el consumo de energía de los hogares?

Aproximadamente la mitad de la energía consumida en el sector doméstico lo es en forma de gasolinas y gasóleos para el vehículo privado. Pero aquí vamos a hablar del consumo de energía dentro de las viviendas, lo cual se distribuye aproximadamente así:

**En el cuarto de baño**

- 11% en agua caliente para la ducha y el lavado

**En la cocina**

- 11% en agua caliente para el fregadero
- 8% en la cocina
- 2% en la lavadora
- 6% en el frigorífico

**Por toda la casa:**

- 46% en climatización (depende en buena parte del aislamiento de que disponga nuestra casa)
- 8% en iluminación
- 8% en otros electrodomésticos.

**1.1.30 Características de la electricidad**

De acuerdo a Osinergmin (2017) la energía eléctrica está definida como el movimiento de electrones que se trasladan por un conductor eléctrico durante un determinado periodo. La fuerza física o presión que induce este movimiento se denomina voltaje y su unidad de medida es el voltio (V), mientras que la tasa a la cual fluyen los electrones se llama intensidad de corriente, cuya unidad de medida es el amperio (A). Con el objetivo de contextualizar estos conceptos, diversos autores han establecido una analogía entre el flujo de electrones en un circuito eléctrico y el flujo de agua en una tubería. El conductor eléctrico sería análogo a la tubería por la que fluye el agua; el voltaje puede interpretarse como la presión que empuja el agua vía la tubería; y la corriente eléctrica equivaldría a la tasa a la cual fluye el agua (expresada en litros por segundo).

La potencia eléctrica, cuya unidad de medida es el watt (W), cuantifica la cantidad de energía que se consume, produce o traslada en cada unidad de tiempo; mientras que la energía eléctrica representa la cantidad total de energía

que se consumió, produjo o trasladó durante un determinado periodo, por lo que su unidad de medida suele ser el watt-hora (wh). Por ejemplo, si la potencia de una lámpara eléctrica es 100 w y esta permanece encendida por dos horas, entonces, la energía eléctrica consumida sería 200 wh.

Una de las particularidades de la energía eléctrica está vinculada a la imposibilidad de almacenarla en gran escala a costos viables. Esto genera que su consumo deba ser producido de forma simultánea, con lo cual se requerirá de una capacidad instalada en reserva que actúe como salvaguarda ante contingencias derivadas por incrementos en la demanda eléctrica o fallas en el suministro eléctrico.

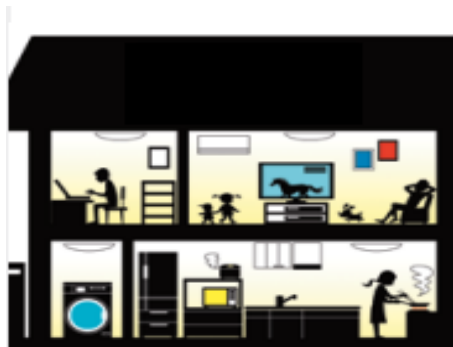
Otra característica de la electricidad es que su utilidad no se deriva de su consumo directo, sino que proporciona una fuente de energía que permite la funcionalidad de equipos eléctricos, convirtiéndose en una demanda derivada de otras necesidades provenientes de los agentes económicos (industrias, hogares y gobierno). Asimismo, es considerada una fuente de energía secundaria, pues se genera a partir del consumo de fuentes de energía primaria como carbón, petróleo, energía nuclear o energía cinética y potencial gravitatorio del agua, vinculando su desarrollo al resto de industrias conexas.

Desde el enfoque del derecho administrativo, el servicio eléctrico es considerado un servicio público pues los beneficios derivados de su consumo (calefacción, iluminación, refrigeración, entre otros) garantizan un estándar de vida que permite el desarrollo de capacidades mínimas.

Se debe, entonces, garantizar que sea provisto de forma eficiente, sostenible y a una tarifa asequible

Para el sector residencial, la demanda eléctrica deriva de los requerimientos de los artefactos eléctricos, los cuales proporcionan al hogar iluminación, refrigeración, ventilación y calefacción, convirtiéndola en un servicio vital para el desarrollo normal de sus actividades en la vida moderna (ver figura 5), en tal sentido, la decisión de consumir electricidad estará interrelacionada a la adquisición de ciertos bienes durables, los cuales suelen modelarse como portafolios de artefactos eléctricos. Es por eso que el consumo de energía

eléctrica variará en función del uso del stock y nivel de eficiencia de los equipos electrónicos existentes



*Figura 5.* Demanda de energía eléctrica residencial

Fuente: Osinergmin (2018)

## 1.2 Antecedentes

- Medina y Vicéns (2011) en su investigación afirmaron que en general se comete el error de considerar a la electricidad como un bien directamente consumido por las familias cuando no es así. La electricidad se consume como consecuencia de la demanda de una serie de servicios que proporciona el equipamiento del hogar, calefacción, iluminación, limpieza, etc., lo cual se traduce en que la demanda se hace sobre los servicios y no sobre la electricidad de forma directa. La consecuencia es inmediata ya que cualquier modificación en las características económicas, renta o precio, tendrá dos efectos, uno a corto plazo sobre el nivel de uso del equipamiento, y otro más a largo plazo sobre el stock de equipamiento ya que en general llevará un proceso de compra más largo. La literatura se ha centrado con mayor profundidad en los estudios referidos a la influencia de características socioeconómicas y de vivienda en el consumo doméstico de energía eléctrica.
- Campero y Romero (1997) en su artículo presentaron el resultado de la correlación del consumo mensual de energía eléctrica y las capacidades en watts de los electrodomésticos e iluminación realizado a una muestra de usuarios de tarifa residencial. Para este trabajo se utilizó la información obtenida en las respuestas de una encuesta aplicada en un conjunto habitacional. Las variables de la correlación se obtuvieron a partir de las

especificaciones de capacidades o a través de mediciones en electrodomésticos similares a los encontrados en los hogares. Al final se presenta el resultado de la aplicación de la técnica de formación de agrupamientos “Clúster Analysis” para obtener grupos homogéneos de usuarios, de forma que se pueda estimar el perfil de demanda eléctrica mediante el registro de la demanda (watts) de una pequeña muestra de usuarios.

- Campero *et al.* (1997) reportan los resultados de una encuesta aplicada a una muestra de hogares en un conjunto habitacional. El objetivo de la encuesta es conocer el número de habitantes, el equipamiento en electrodomésticos y la iluminación artificial que caracteriza a un departamento de tres recámaras de aproximadamente 65 m<sup>2</sup>. En la introducción se suministra la información de la distribución del consumo mensual promedio de toda la unidad habitacional para dos períodos separados por más de seis años, lo que permite determinar las tasas promedio anuales de crecimiento. La información recopilada en la encuesta se presenta a manera de gráficas de frecuencias de los electrodomésticos, de las capacidades de los focos o de las características más importantes de los aparatos eléctricos. Los resultados corresponden a las respuestas de 188 encuestas declaradas confiables (se entregaron cuestionarios a 230 hogares). El análisis de la información permite conocer la capacidad de consumo de energía eléctrica que tienen las viviendas de la muestra y a hacer inferencias de la capacidad de consumo de la unidad habitacional.
- García y Montero (2013) sometieron a prueba empírica un modelo correlacional de consumo sobre energía eléctrica en viviendas de la ciudad de México. Se seleccionaron 224 amas de casa mediante un muestreo polietápico por estratos, medio y bajo, utilizando como referencia de análisis el listado de unidades habitacionales (Procuraduría Social del Gobierno del Distrito Federal, 2006). Se planteó que el consumo de energía eléctrica en viviendas dependía de la toma de decisiones del ama de casa, factores contextuales, valores y estaría asociado a variables demográficas. Los resultados sugieren que el consumo de energía eléctrica depende, en parte,



del ingreso familiar mensual, el número de habitantes en la vivienda y de que las personas tomen decisiones razonadas al consumir dicha energía.

- Romero (2011) tuvo como objetivo principal caracterizar el consumo de energía en el sector residencial de Chile y, a partir de ello, identificar donde enfocar las medidas que deben implementarse para generar un mayor ahorro de energía. En este estudio se utilizaron los datos de la encuesta “Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile” (Ministerio de Energía, 2010). Se seleccionó una muestra de 113 encuestas de un total de 3,220, correspondientes a viviendas ubicadas en las ciudades de Valparaíso, Santiago y Concepción. Se compararon los consumos de energía de acuerdo a: ciudad (zona térmica), tipo de agrupación (casa aislada 1 piso, pareada de 1 y 2 pisos y departamento) y nivel socioeconómico. Resultó que en las zonas con más grados-día el consumo de energía es mayor, influenciado por las necesidades de calefacción. Destaca en Concepción el alto consumo en calefacción. Las casas aisladas son las que más consumen y los departamentos los que menos, cuya ubicación crítica en el edificio, es en una esquina del último piso y la mejor es en el centro de un piso intermedio. El nivel socio-económico que más consume energía es el ABC1 y el que menos el nivel C2. Considerando sólo el consumo en electricidad, el refrigerador es el electrodoméstico que más consume (31%), seguido bastante de lejos por la iluminación (15%). Destaca el alto consumo en stand – by (13%). Respecto al consumo total en electricidad y combustibles, predomina el consumo en calefacción (29%) y en agua caliente (30%), sin embargo, la calefacción es más crítica cuando se analiza el consumo estacional de invierno. Al llevar una vivienda antigua a cumplir la reglamentación térmica, se ahorra cerca de un 6% del consumo total anual de energía. La inversión requerida para ello es alrededor de 25 [UF] que debe ser financiada total o parcialmente por el Gobierno, para que las familias perciban el ahorro a corto plazo. Las medidas aplicadas sobre lo exigido en la reglamentación térmica actual, que generan mayor ahorro en calefacción son: aislar los muros con 4 [cm] más y mejorar las ventanas con un vidrio de menor transmitancia térmica. No se recomienda aislar el piso y

ni el techo más allá de la reglamentación, ya que el ahorro es pequeño. En condiciones normales de temperatura y cumpliendo las exigencias de aislación térmica de muros, no se produce condensación superficial en ellos.

- Medina y Vicéns (2011) concluyeron que, al identificar los determinantes del consumo eléctrico de los hogares, el tamaño del hogar (número de miembros) y de la vivienda ( $m^2$ ) son las variables que más influyen en la factura eléctrica de un hogar. Así un nuevo miembro del hogar supone un incremento de la factura eléctrica del 13%, algo más de 6 euros al mes, mientras que 10 metros adicionales de vivienda aumentan el gasto eléctrico en un 4%, equivalente a 2 euros mensuales. Estas relaciones varían según el tipo de consumo que realiza el hogar, disminuyendo la relación entre el consumo eléctrico y el número de miembros en el segmento de hogares con consumo alto, y aumentando, en este mismo segmento, para el caso del tamaño de la vivienda.

Se destaca el bajo protagonismo que desempeña la renta, lo que permite definir a la electricidad como un bien de primera necesidad, donde cambios en la renta no producen modificaciones significativas en los hábitos de consumo eléctrico en el hogar.

- Escalante *et al.* (1999) afirmaron que cuando se implementa un programa de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica debe ser negocio para tres: usuario, sociedad y empresa eléctrica. En lo que respecta al usuario, su toma de decisión es muy simple: me resulta más barato o más caro. Desafortunadamente, en muchos de los casos se quiere un tiempo de retorno muy corto o no se cuenta con el dinero necesario para la inversión inicial. Por ejemplo, una lámpara incandescente cuesta varias veces menos que una lámpara fluorescente compacta, pero si se hace el cálculo en el tiempo de vida y la reducción en consumo de la lámpara fluorescente compacta, podemos concluir que ésta es más rentable. El beneficio para la sociedad puede verse desde muy diversos aspectos, siendo el más importante la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente. Desde el punto de vista de la empresa, los posibles factores de más peso son el diferimiento de inversiones y la confiabilidad del sistema. Sin embargo, cuando las empresas eléctricas apoyan o promueven programas de administración del

lado de la demanda (ALD, DSM por sus siglas en inglés, Demand Side Management) algunas veces los proyectos no son rentables financieramente, pero ganan impactando en el usuario al crear una conciencia de ahorro y uso eficiente de la energía: se invierte en el corto plazo y se gana en el largo plazo. La información presentada muestra cómo impacta el clima en el consumo de energía eléctrica en los usuarios. Mientras que en el invierno la curva de carga es de la misma forma y casi de la misma magnitud en todos los usuarios sin importar la localización geográfica, en la época del verano, sus consumos dependen, además del clima, del nivel de ingresos, de los hábitos y de otros muchos factores. También, en las ciudades con equipamiento para el verano el consumo depende del tipo de equipamiento: mientras que en unos casos es constante, independientemente de la temperatura horaria, en otros sí existe correlación. Esta pequeña muestra deja muy claro que debido a un número importante de variables que influyen en el consumo es necesario desarrollar una campaña de monitoreo que permita conocer con bastante exactitud los factores que influyen en el consumo. Dicha información permitirá apoyar los programas de ALD que se deseen implementar, con objeto de seleccionar los adecuados tanto para los diferentes grupos de usuarios como para las ciudades. En el futuro, esta información podría también servir para la planeación del crecimiento del sistema eléctrico regional y nacional, y para el despacho económico, tal y como se hace en otros países.

- Morales y Luyando (2014) con el fin de cuantificar los determinantes del consumo de energía eléctrica residencial en el Área Metropolitana de Monterrey, en el estado de Nuevo León, México, concluyeron que el estado es uno de los que más consumo de energía eléctrica presenta a nivel nacional. Para hacerlo se utiliza una función de demanda tipo Cobb-Douglas para un periodo que va de 1993 al año 2010. El modelo se estima empleando series de tiempo y de los resultados se puede destacar en orden de prelación que el ingreso, el número de usuarios y la temperatura fueron las variables más importantes para explicar el consumo de energía eléctrica domiciliaria en esta región

- Morales y Alvarado (2014) en su trabajo referido a la demanda de energía eléctrica en el municipio de Tampico, Tamaulipas, México, concluyeron que la demanda se ha incrementado de manera importante en las últimas décadas, principalmente por el crecimiento económico, demográfico y los hábitos de consumo. El presente trabajo estimó el efecto del crecimiento en el número de usuarios de la red eléctrica, el precio del servicio, el nivel de ingresos promedio de los habitantes del municipio y los efectos estacionales, sobre el consumo de energía eléctrica domiciliaria. El análisis se llevó a cabo mediante un modelo econométrico con series de tiempo durante el período de 1998 a 2005, en frecuencia mensual. Los resultados obtenidos mostraron que, si se incrementa en 1 % el número de usuarios en la red, el consumo de energía eléctrica del municipio se incrementa en 1.35 %. En tanto que, incrementos del 1 % en las tarifas domésticas reducen el consumo en 0.25 %. Los valores encontrados indican que las familias de Tampico no reducen sensiblemente su consumo de electricidad ante incrementos en las tarifas. Por tal motivo, si se quiere estimular el cuidado del energético y por consecuencia el del medio ambiente, además de una política de precios, se debe fomentar la elaboración de enseres eléctricos más eficientes y, sobre todo, crear programas que estimulen la conciencia o cultura de ahorro de la energía eléctrica en los hogares de la región.
- Ulloa (2015) analizó la eficiencia del consumo de la energía eléctrica en el cantón Cuenca. De allí que el objetivo de esta tesis consiste en examinar la puesta en práctica de estrategias para reducir el consumo de energía eléctrica de los clientes urbano residenciales de la CENTROSUR, aplicando conceptos de eficiencia y recomendaciones para el ahorro de energía. Para ello fue necesario revisar la situación energética actual del Ecuador y los programas de eficiencia energética aplicados al sector residencial como: la sustitución de focos incandescentes por focos ahorradores, la sustitución de refrigeradoras ineficientes y el programa nacional de cocción eficiente. De la misma forma se realizó un análisis de los nuevos proyectos de generación eléctrica en construcción, su aporte al cambio de la matriz energética para el 2017. Luego se realizó un análisis técnico de los usos finales de la energía eléctrica en el cantón Cuenca. Obtenido estos datos se determinó el área de estudio de los clientes residenciales de la CENTROSUR, para lo cual fue

necesario ubicar el lugar con mayor concentración poblacional, centrando el área de estudio en las parroquias urbanas del cantón Cuenca. Por último, se realizaron aproximaciones para estimar el consumo de energía eléctrica por familia, siendo 317 kwh mensual la demanda promedio de energía por clientes sin utilizar ningún tipo de eficiencia energética, frente a 224 kwh mensuales de energía aplicando conceptos de eficiencia energética y ahorro de energía. Con estos resultados se determinó que, si es posible conseguir la reducción de la planilla eléctrica, así como la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente.

- Laureiro (2018) buscó profundizar en los determinantes de la demanda de energía eléctrica residencial en Uruguay. Utilizando modelos de demanda ampliados, analiza el efecto sobre el consumo de energía eléctrica de los hogares uruguayos del ingreso per cápita, la composición del hogar, las características de la vivienda, el equipamiento y la participación relativa de seis usos energéticos. Con este fin, se emplean los micro datos de la Encuesta de Demanda y uso de la Energía Eléctrica del Sector Residencial Urbano realizada para Uruguay en el año 2015. El efecto de los determinantes se estima por MCO para la media de consumo y se comparan estos resultados con los que surgen de la estimación para tres niveles socioeconómicos -bajo, medio y alto. Asimismo, se estudia su efecto a lo largo de la distribución del consumo a partir del método de regresiones cuantílicas. Los resultados indican el impacto significativo del ingreso per cápita, la composición del hogar, las características de la vivienda y la tenencia de aire acondicionado y calefón como determinantes del consumo de energía eléctrica residencial. En lo que refiere a la participación relativa de los usos energéticos, se observa que los asociados al confort térmico, en particular calefacción, junto con cocción de alimentos, son los que muestran mayor impacto. El efecto de los determinantes evaluados varía dependiendo del nivel socioeconómico del hogar y de su ubicación en la distribución del consumo de energía eléctrica. En particular, en los hogares de menor consumo de energía eléctrica tienen mayor impacto las variables relativas a la composición del hogar, en tanto, las variables asociadas a la vivienda y al uso energético calefacción muestran un mayor efecto sobre los hogares de

alto consumo. Este es el primer trabajo en Uruguay que evalúa la demanda de energía eléctrica a lo largo de toda la distribución del consumo a partir del método de regresiones cuantílicas. La existencia de diferencias entre los cuantiles de consumo señala las oportunidades que genera el uso de este método en el análisis de la demanda de energía eléctrica residencial.

- Ortiz *et al.* (2017) realizaron un análisis de la demanda residencial de energía eléctrica en el Estado de México. Se utilizaron los métodos de cointegración de Johansen y de vector de corrección de errores. Se concluyó que los beneficios que pretende obtener la reforma energética mediante una disminución en el precio del servicio eléctrico serán mayores en la medida que los precios del servicio del agua y de los bienes durables disminuyan, o se mantengan constantes. En el largo plazo, aumentos en el ingreso de la población y del número de usuarios incrementarán la demanda por electricidad.
- Picción *et al.* (2014) concluyeron que la cantidad de energía consumida en un edificio para los servicios o funciones que en él se desarrollan depende de los siguientes componentes y sus interrelaciones : clima - que es definido por las variables climáticas del lugar de emplazamiento, edificio- definido por su diseño y construcción, instalaciones- definido por las características de los equipos consumidores de energía, controles relacionados a usos y gestión energética, usuario- determinado por prácticas de uso y expectativas de confort térmico, entre otros. La investigación aporta en la identificación de las características de esos componentes a nivel residencial para Montevideo, la edificación, los hogares, el tipo de equipamiento, los patrones de consumo de energía en los diferentes servicios energéticos y los comportamientos de los usuarios, asociados. Se observa que el consumo de energía en viviendas es diferente para distintas categorías y tipos de vivienda, lo que incluye la calidad del edificio y el equipamiento que dispone. Y también las características del hogar (tamaño, composición y otros), el estilo de vida y las expectativas y preferencias térmicas de los usuarios influyen en las actitudes y comportamientos relacionados con la energía y finalmente sobre el consumo. Parte de esta información es recabada mediante encuesta, con

preguntas sobre el uso de equipamiento para calentamiento de agua, cocción y acondicionamiento térmico. En este último ítem se releva además la opinión de los usuarios sobre la sensación de confort respecto al ambiente térmico en ese momento. El análisis de estos datos da la base para la construcción de patrones de comportamiento en relación a los servicios energéticos.

- Escoto *et al.* (2016) mostraron que ha habido transformaciones en los hogares en las últimas dos décadas, las mismas que explican los niveles de consumo de bienes electrodomésticos, pero que, si controlamos estos cambios, hay un crecimiento del consumo de electrodomésticos a lo largo del tiempo, hasta el año 2008 y un mantenimiento hacia y a través de los hogares de distinto nivel de ingresos; tal como muestran las interacciones a distintos niveles. No obstante, a pesar que los electrodomésticos muestran un crecimiento en los estratos más bajos, las distancias de consumo se mantienen a lo largo del tiempo; lo que indica la estratificación del consumo puesto que aún se mantienen las distancias entre los estratos socioeconómicos. En este sentido, el presente trabajo abona insumos para el diseño de políticas sobre el equipamiento, su uso y mejoras en eficiencia energética de los aparatos. En primer lugar, las políticas deben considerar los cambios en el consumo, y además deben gestionarse para alcanzar a todos los estratos de consumo e ingreso, puesto que los sectores bajos están consumiendo más, en términos relativos, a lo largo del tiempo. El reto del trabajo señala que las políticas deberán considerar las tendencias de expansión del consumo entre grupos con distintos niveles socioeconómicos y buscar encontrar un balance entre objetivos de bienestar material y metas ambientales.
- Mejías *et al.* (2014) presentaron las condiciones de consumo de energía eléctrica en hogares de Mazatlán, Sinaloa, con el objetivo de determinar si existe un uso racional de la energía eléctrica en el sector residencial, debido a que este sector es el de mayor consumo de energía en México. Para ello, se tomó una muestra de doscientos hogares encuestados, arrojando que la mayoría hace uso de aires acondicionados en la mayor parte del año dadas las condiciones climáticas de la región, desconocen los límites de consumo

de la tarifa eléctrica de CFE a la que están ajustados y por tanto desconocen el precio de cada kwh/d consumido y creen que su consumo eléctrico se incrementará en dos o tres años. Sin embargo, toda la muestra analizada tiene la intención de invertir con apoyo del gobierno en un sistema autosustentable de energía que le permita un ahorro racional de energía en el hogar.

- Capuano y Ríos (2016) concluyeron que pocos temas científicos están recibiendo actualmente más atención popular que la excesiva demanda de energía (en particular eléctrica) y algunas de sus consecuencias: el calentamiento global y el cambio climático. A la excesiva demanda contribuye de manera importante la residencial y no se percibe en la misma, un uso racional de la energía. El trabajo muestra resultados de una investigación exploratoria, sobre el conocimiento del consumo energético de artefactos eléctricos domiciliarios, en estudiantes del nivel secundario. Se concluye en que, si bien el conocimiento asociado a la instrucción formal no les permite diferenciar el concepto de “potencia” del de “energía”, el conocimiento social, resuelve parcialmente esta situación. Sin embargo, aun cuando la sociedad y los jóvenes interpretan adecuadamente los consumos asociados a distintos artefactos eléctricos, no exhiben un comportamiento orientado hacia el uso racional de la energía. Se estima que otras variables, sociales, impiden trasladar el conocimiento al comportamiento.
- Shaar (2016) afirmó que con base en los datos de INEGI se puede concluir que las prácticas de ahorro habitualmente realizadas en nuestra cultura se limitan a cuidar el tiempo de encendido de los equipos; por lo que tenemos que hacer un esfuerzo grande para incluir de manera generalizada las que tienen que ver con el análisis de las variables eléctricas, la cultura de uso de los equipos y el mantenimiento de los mismos. Con base en las encuestas del segmento doméstico se puede concluir que las personas encuestadas: 1) Saben cuáles equipos demandan mayor cantidad de energía, pero desconocen sus niveles de consumo con base en los hábitos de uso de los equipos. 2) No conocen ni la tarifa, ni los conceptos de cobro de su contrato. Por lo anterior no se tiene la capacidad de elegir adecuadamente acciones o equipos para ahorrar y/o generar su propia energía.



Con lo encontrado no se puede definir o calificar un consumo de energía eléctrica como sustentable desde el punto de vista de la magnitud de dicho consumo. Sin embargo, si podemos decir que un consumo tiende a ser más sustentable si tiene las siguientes características: 1) Se conocen los elementos básicos de su consumo y las condiciones de pago del servicio eléctrico. 2) No se tienen excesos en el consumo. 3) Los equipos operan de manera eficiente con un mantenimiento adecuado y con un uso dentro de las especificaciones del fabricante. 4) Se usan equipos o tecnología ahorrar y/o generar energía eléctrica cuando son alcanzables económicamente, son rentables financieramente y se busca el objetivo específico de cuidar el medio ambiente.

- Contreras (2015) la investigación que se realizó es de tipo tecnológico y nivel experimental. Se encuentra dentro de la línea investigación de Eficiencia Energética y Domótica, El objetivo principal de este proyecto consistió en determinar la influencia de un programa controlador de iluminación para reducir el consumo de energía eléctrica. El método y diseño de la investigación fue el sistémico aplicativo respectivamente. Se empleó la Técnica empírica porque se hizo la observación en contacto directo con el objeto de estudio. La investigación se inició con la elaboración de algoritmos de programación para el encendido y apagado del Sistema de Iluminación, para lo cual se realizó un programa mediante Visual Basic 6.0, el cual permitió tomar medidas de variación de KW consumidos y de la reducción del consumo de Energía.
- Bustamante y Hernández (2013) el presente trabajo se encuentra enfocado al ahorro de energía y la adecuada iluminación de cada uno de los espacios. El estudio realizado plasma una propuesta de la aplicación de la Domótica en el edificio A de la UTS, en donde se realiza un análisis de carga eléctrica e iluminación para efectuar la simulación de una lámpara inteligente en el programa ISIS PROTEUS la cual buscará el ahorro de energía y confort para los usuarios de la institución con el objetivo de tener una buena eficiencia energética. El estudio de análisis de iluminación se guio bajo los requisitos que menciona la NOM-025-STPS-2008, la cual indica las condiciones de iluminación en los centros de trabajo, dando como resultado

que algunos de los espacios comunes no cumplen con dicho reglamento. De igual manera el análisis de carga muestra que el transformador está sobrado debido a que aún no se cuenta con el equipamiento de laboratorios para el que está planeado. En base al análisis realizado se obtiene que los parámetros a controlar son principalmente el nivel de iluminación en las áreas administrativas, pasillos y sanitarios, así como se proponen un módulo que permita encender las luces en caso de presencia de personas y en ausencia de la iluminación adecuada aumentar o disminuir los lúmenes necesarios.

- Durán y Quinto (2011) esta investigación está basado en el ahorro de energía en invernaderos mediante el uso de iluminación led. La luz LED por sus propiedades es una de las tecnologías a las cuales se la prestado mucha atención en las últimas décadas desde se invención se ha utilizado en tan diversas aplicaciones desde indicadores, sensores, entretenimiento, ornamento e iluminación; y en el caso de los vegetales se puede recrear un ambiente edénico para optimizar y acelerar dicho crecimiento hasta llegar a la etapa de maduración que sirva a el propósito del investigador. Demostrando que se puede aplicar este tipo de luz combinados con las técnicas de cultivo modernas se pueden cultivar una gran variedad de especies para el uso y apreciación del ser humano y así poder ahorrar energía en invernaderos.
- Poma (2017) en su tesis que tiene como objetivo el diseño de un sistema inteligente por medio de algoritmos de aprendizaje por redes neuronales que permita el uso racional y eficiente de la energía eléctrica en el sector doméstico. Y en cuanto al control inteligente el autor desarrollo algoritmos, de tal forma que sean capaces de aprender del horario de la rutina del usuario; donde se incluye el diseño de una interfaz adecuada con el usuario que permita el ingreso de datos para su procesamiento y visualización; además, su diseño de protocolo de comunicación es adecuada y orientada a la domótica. Finalmente, se desarrolló simulaciones y pruebas del funcionamiento del sistema inteligente, como los dispositivos desarrollados como el conjunto de sensores y el control inteligente.

## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1. Identificación del problema

El avance de la tecnología, la competitividad, han hecho que el consumo de energía eléctrica en la ciudad de Puno haya tenido un aumento paulatino en los últimos años, Puno es una ciudad dedicada a la actividad comercial y turística, por ende, se cuenta con empresas productoras de bienes y servicios, las mismas que son crecientes y altamente tecnificadas, la cual origina un crecimiento en la dependencia de la electricidad.

Los individuos necesitan para sobrevivir de alimento, aire, agua, vestido y albergue. Las personas, además, tienen una fuerte necesidad de educación y otros servicios, así como marcadas preferencias por versiones especiales de bienes y servicios básicos. En cualquier época del año, las personas necesitan satisfacer ciertas necesidades, en particular, el tener acceso a consumir energía eléctrica. Ese servicio va a generar una demanda, la cual tiene que ser satisfecha.

La ciudad de Puno cuenta con una superficie de 6,492.60 km<sup>2</sup> y con una densidad poblacional (habitantes por km<sup>2</sup>) de 31.6, de igual manera cabe mencionar que la población tiene un continuo crecimiento, la misma que está en búsqueda de la satisfacción de sus necesidades como la calidad, fiabilidad del servicio, el desarrollo y el crecimiento en todos los aspectos. Los estudios de perspectiva coinciden en que la electricidad es uno de los sectores que mantendrá en el futuro, una de las tasas de crecimientos más altas.

Paralelamente a la profundización del fenómeno socioeconómico de la migración de los habitantes del campo a la ciudad de Puno, se inició la creación de fuentes de trabajo en las distintas áreas (turística, textil, etc.), resultando con ello que la ciudad de Puno experimente un índice significativo de crecimiento poblacional, lo cual dio origen al nacimiento de las urbanizaciones y de asentamientos humanos.

Todo ello, aunado a las condiciones básicas y en general, al adecuado estándar de vida, conlleva a una relación directa con la disponibilidad de energía eléctrica. Sin embargo, en la medida que es requerida por el hombre, ésta se hace cada vez menos accesible, trayendo como consecuencia una preocupación constante en encontrar su solución.

Los servicios de energía eléctrica son administrados por Electro Puno S.A.A., empresa encargada de proveer las necesidades de energía eléctrica en los usuarios.

Contar con servicios básicos de buena calidad que atiendan a las necesidades de una población, es un factor determinante en el desarrollo de la misma. Y es principalmente que el acceso a los servicios básicos con los que antes no se contaba ha cobrado importancia, fundamentalmente el de la energía eléctrica, el cual se ha convertido en una necesidad latente que ya no es exclusiva de los hogares urbanos que eran los más favorecidos con el adecuado abastecimiento de energía eléctrica.

Un sistema de energía eléctrica debe de abastecer de energía a todos los usuarios con un servicio de calidad, por consiguiente, un sistema de energía eléctrica confiable debe de funcionar mediante una adecuada planeación, que permita conocer no sólo su estado actual, sino también las medidas que deben adoptarse para las necesidades futuras de los usuarios.

Asimismo, es necesario poner en marcha un programa de instalación de medidores a fin de ampliar la cobertura de los servicios medidos con el propósito de garantizar un mejor uso racional en el consumo de energía eléctrica, así como la captación de mayores ingresos que compensen los crecientes costos, mediante la facturación de los consumos reales.

Debe ser política de Electro Puno S.A.A., alcanzar el equilibrio entre producción y demanda del servicio actual, ampliar la cobertura de servicio racionalizando el consumo a través de medidores de energía eléctrica en las zonas urbanas de la ciudad de Puno. Con el avance de la tecnología, hay un interés en brindar el servicio a las zonas no urbanas con el que se pueda gozar de los beneficios que éstos conllevan, lo cual implica inversiones apreciables por parte del consumidor.

El diario los Andes (2015) sostiene que en los últimos años, el consumo de energía eléctrica de la ciudad de Puno pasó de 8 a 15 megavatios (MW), esto según las estimaciones de Electro Puno. La demanda en Puno aumentó significativamente por el

ingreso del Mercado Plaza Veá, que consume cerca de 3 (MW), así como por la apertura de varios hoteles, entre otros factores. Electro Puno manifiesta que el aumento de la energía eléctrica en la ciudad de Puno se estabilizará en el mediano plazo.

Los gastos de consumo en bienes y servicios de importancia como en particular el de la energía eléctrica, se han venido modificando con el tiempo. La alimentación, habitación, administraciones domésticas y el transporte, consumen la mayor parte del ingreso doméstico. Es notable el aumento en el número de esposas que trabajan, este factor demográfico ha tenido un agudo efecto en los niveles del ingreso familiar. Los ingresos dobles permiten generalmente a una familia contrarrestar los efectos de la inflación.

La vivienda en sí, es una necesidad primaria, más aún en el momento de crisis económica, social que sucede en el país y que tiene una influencia en el consumo de energía eléctrica. Frecuentemente se arguye, de que algunas características de la vivienda como por ejemplo el área, la tenencia, el número de personas que la habitan, etc. son factores importantes para consumir una significativa cantidad de energía eléctrica, lo que debe motivar a Electro Puno S.A.A., a poner en marcha un programa de actividades con el propósito de garantizar un mejor uso racional en el consumo de energía eléctrica .

De esta manera se ha venido evidenciando la necesidad de conocer que características económicas y de vivienda del usuario afectan al consumo doméstico de energía eléctrica en la ciudad de Puno.

De todo esto se desprende que las cantidades de energía eléctrica que emplean los usuarios, tiene amplias variaciones en el consumo, razón por la cual surge el interés por conocer si estas características influyen verdaderamente en el consumo y que nos lleva a formular la siguiente interrogante:

## **2.2. Enunciado del problema**

### **2.2.1. Interrogante del problema**

¿Las características socioeconómicas y de vivienda influyen en el consumo mensual doméstico de energía eléctrica en la ciudad de Puno,2018?

### **2.3. Justificación**

Siendo política de Electro Puno S.A.A., alcanzar el equilibrio entre producción y demanda del servicio actual, ampliar la cobertura de servicio racionalizando el consumo a través de medidores de energía eléctrica, la presente investigación se realizó por la creciente dependencia del servicio eléctrico de calidad en la ciudad de Puno, contando ésta con empresas productoras de bienes y servicios, las cuales cuentan con máquinas, equipos, tecnología avanzada que requieren de fluido eléctrico, por consiguiente, los resultados de esta investigación beneficiará a Electro Puno, distribuidora de energía eléctrica y al consumidor, brindándole información sobre aspectos de la demanda de la energía eléctrica en la ciudad de Puno.

El actual marco de liberalización de los mercados de energía eléctrica que presenta la ciudad de Puno, permitirá a la empresa, pueda suscribir contratos de compra de energía eléctrica, las empresas proveedoras de este servicio deben cumplir con criterios mínimos que la comisión reguladora de energía exige, en asociación con la Empresa de Generación Eléctrica San Gabán S.A., que proveen para que éstas empresas dentro de su estructura de operación, elaboren de manera óptima un servicio confiable de energía eléctrica a demandarse, porque de no hacerlo y fallar el sistema, deben asumir las multas correspondientes por incumplimiento, y sobre todo las consecuencias que traería para el funcionamiento en condiciones óptimas del sistema de distribución local.

Lo que nos motivó la realización de esta investigación es la búsqueda de un modelo que nos permita conocer cuáles son las características socioeconómicas y de vivienda más relevantes que influyen en el consumo doméstico mensual de energía eléctrica en la ciudad de Puno, del mismo modo, contando con tal información se puede tomar medidas referentes a la mejora del servicio a los usuarios.

### **2.4. Objetivos**

#### **2.4.1. Objetivo general**

Determinar las características socioeconómicas y de vivienda que influyen significativamente en el consumo mensual doméstico de energía eléctrica en la ciudad de Puno, 2018.

### 2.4.2. Objetivos específicos

- Identificar las características sociales que influyen en el consumo mensual doméstico de energía eléctrica en la ciudad de Puno, 2018.
- Identificar las características económicas que influyen en el consumo mensual doméstico de energía eléctrica en la ciudad de Puno, 2018.
- Identificar las características de vivienda que influyen en el consumo mensual doméstico de energía eléctrica en la ciudad de Puno, 2018.
- Construir un modelo econométrico uniecuacional para el consumo mensual doméstico de energía eléctrica en la ciudad de Puno, 2018.

## 2.5. Hipótesis

### 2.5.1. Hipótesis general

Las características socioeconómicas y de vivienda influyen significativamente en el consumo mensual doméstico de energía eléctrica en la ciudad de Puno, 2018.

### 2.5.2. Hipótesis específicas

- La existencia de un solo hogar en la vivienda influye significativamente en el consumo mensual doméstico de energía eléctrica en la ciudad de Puno, 2018.
- La existencia de dos hogares en la vivienda influye significativamente en el consumo mensual doméstico de energía eléctrica en la ciudad de Puno, 2018.
- El número de aparatos electrodomésticos en la vivienda influye significativamente en el consumo mensual doméstico de energía eléctrica en la ciudad de Puno, 2018.
- La vivienda propia influye significativamente en el consumo mensual doméstico de energía eléctrica en la ciudad de Puno, 2018.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de estudio

La presente investigación se realizó en la ciudad de Puno, la cual es una ciudad ubicada en el sur del país junto al lago Titicaca, considerada como un núcleo comercial regional y según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), cuenta con una población de 128,637 habitantes de acuerdo al censo realizado por el INEI el 22 de octubre del 2017.

#### 3.2. Población

La población estuvo constituida por todas las viviendas de la ciudad de Puno durante el año de 2015 constituido por 19209 viviendas. Dada que la población objeto de estudio es heterogénea y teniendo en cuenta la amplitud geográfica de la ciudad de Puno, se tomó como referencia la sectorización realizada por EMSA PUNO, empresa que divide a la zona de estudio en 20 sectores, los cuales se detallan a continuación:

**Sector 1**, comprendido por: Jr. Lima cuadra 01 al 10, Jr. José Manuel Moral cuadra 01 al 03, Jr. Telésforo Catacora cuadra 01, Jr. Pedro Miguel Urbina cuadra 02, Av. Circunvalación Sur cuadra 07 al 09, Jr. Ayacucho cuadra 07, Jr. Coronel Barriga cuadra 02 al 03, Jr. Ilave cuadra 01 al 07, Jr. Lambayeque cuadra 03, Jr. Loreto cuadra 01 y Jr. Deza cuadra 04 al 05. Que limitan con los sectores 02, 03, 04, 05.

**El sector 2**, comprendido por: Av. Simón Bolívar cuadra 02 al 09, Jr. Ricardo Palma cuadra 02 al 09, Jr. Federico More cuadra 01, Jr. Coronel Ponce cuadra 01, Jr. Lima cuadra 01 al 10, Jr. Independencia cuadra 01 al 03, Jr. Mariano H. Cornejo cuadra 01 y Jr. Lampa cuadra 01 al 04. Que limitan con los sectores 01, 03, 08 y 13.



**El sector 3**, comprendido por: Av. Simón Bolívar cuadra 10 al 16, Jr. 09 de Octubre cuadra 01, Jr. Fray Martín Porres cuadra 01 al 02, Av. Circunvalación Sur cuadra 10 al 14, Jr. Pedro Miguel Urbina cuadra 02, Jr. Manuel Moral cuadra 01 al 03, Jr. Telesforo Catacora cuadra 01, Jr. Ricardo Palma cuadra 01 al 02, Jr. Tacna, Jr. Federico More cuadra 01, Jr. Coronel Ponce cuadra 01. Que limitan con los Sectores 01, 02, 04, 13, 14 y 15.

**El sector 4**, comprendido por: Av. Circunvalación Sur cuadra 02 al 12, Jr. Benjamín Pacheco Vargas cuadra 02, Jr. Sicuani cuadra 01 al 03, Av. Acomayo cuadra 01, Jr. Mariscal Nieto cuadra 08, Jr. 05 de Abril cuadra 01 al 05, Av. Francisco Choquehuanca Ayulo cuadra 03 al 11 (paralela superior) y Jr. Francisco de Paulo Vigil cuadra 01 al 02. Que limita con los sectores 01, 03, 05, 06 y 15.

**El sector 5**, comprendido por: Independencia cuadra 01 al 03, Jr. Deza cuadra 04 al 05, Jr. Loreto cuadra 01 al 02, Jr. Lambayeque cuadra 03, Jr. Ilave cuadra 01 al 07, Jr. Coronel Barriga cuadra 02 al 03, Jr. Ayacucho cuadra 07, Av. Circunvalación Sur cuadra 01 al 05, Av. Circunvalación Norte cuadra 01 al 09 y Jr. Mariano H. Cornejo cuadra 02 al 03. Que limita con los sectores 01, 02, 04, 06, 07 y 08.

**El sector 6**, comprendido por: Jr. German Tapia Oblitas cuadra 01, Av. Circunvalación Norte cuadra 01 al 05, Av. Circunvalación Sur cuadra 01, Jr. Francisco de Paulo Vigil cuadra 01 al 02. Av. Francisco Choquehuanca Ayulo cuadra 01 al 02 (paralela superior), Jr. Francisco Bolognesi cuadra 08, Jr. Manuel Acosta cuadra 04 al 05, Psje. Bolognesi cuadra 01 (paralela superior), Psje. Villa Paxa cuadra 02 y (el área 42 correspondiente al Barrio Villa Paxa, Señor de la Caña y 02 de Mayo). Que limita con los sectores 04, 05 y 07.

**El sector 7**, comprendido por: Jr. Juliaca cuadra 01 al 06, Av. Circunvalación Norte cuadra 06 al 18, Jr. German Tapia Oblitas cuadra 01, y (Barrio las Cruces, Urb. Andrés Avelino Cáceres, Urb. Huáscar – Belén, Urb. Indoamérica I, II, III y IV Etapa, Urb. Virgen del Rosario, Barrio Señor de Huanca y Barrio Alto Huáscar). Que limita con los sectores 05, 06, 08 y 09.

**El sector 8**, comprendido por : (Av. La Torre cuadra 07 al 09 y Jr. José María Arguedas cuadra 01 al 04), Av. Alto Alianza cuadra 01, Jr. Huaraz cuadra 01 al 03, Jr. 28 de Julio cuadra 02 al 04, Jr. Julio C. Tello cuadra 01, Jr. Bellavista cuadra 03, Jr. Roma cuadra

01 , Jr. Huancayo cuadra 01, Av. Floral cuadra 04 al 06 , Av. Simón Bolívar cuadra 01, Jr. Lampa cuadra 01 al 04 , Jr. Mariano H. Cornejo cuadra 01 al 03, Av. Circunvalación Norte cuadra 10 al 17 y Jr. Rómulo Díaz Dianderas cuadra 01 al 05. Que limita con los sectores 02, 05, 06, 07, 09, 10, 11 y 13.

**El sector 9**, comprendido por: corresponde a toda la jurisdicción al centro poblado de Alto Puno, barrio San Pedro, mirador Yanamayo, barrio Panamericana Norte, Alto 4 de Noviembre, Urb. 27 de Junio, Nuestra Señora de Guadalupe, Urb. Las Palmeras, Urb. Santa Isabel, Urb. Ciudad Nueva, Aprovi, Alan García, Anexo Ciudad Nueva, Urb. San Santiago, Urb. Los Ángeles Yanamayo y proyectados (Urb. Mirador San Felipe I y II). Que limitan con los sectores 07,08, 10, 11 y 23.

**El sector 10** , comprendido por : Jr. Zafiro cuadra 01, Jr. Cancharani cuadra 10 al 12, Jr. los Ejercicios cuadra 01, Jr. Jorge Basadre cuadra 01 al 04 , Av. Floral cuadra 07 al 10 , Jr. Huancayo cuadra 01 , Jr. Roma cuadra 01, Jr. Bellavista cuadra 03, Jr. 28 de Julio cuadra 02 al 04, Jr. Huaraz cuadra 01 al 03 , Av. Alto Alianza cuadra 02, Jr. María Jiménez cuadra 01 al 02 , Jr. 16 de Diciembre cuadra 01 al 04 , Av. Alto Alianza cuadra 17 al 19 , Jr. Mirador cuadra 01 y, Jr. Venezuela cuadra 02 al 04. Que limita con los sectores 08, 09, 11 , 12 y 13.

**El sector 11**, comprendido por : Cerro Llallahuani, Ciudad Universitaria, Jr. las Magnolias cuadra 01, Jr. Prolongación Jorge Basadre cuadra 07, Jr. Jorge Basadre cuadra 05 al 06, Jr. los Ejercicios cuadra 01, Jr. Cancharani cuadra 10 al 12, Jr. Zafiro cuadra 01, Jr. Venezuela cuadra 02 al 04, Jr. Mirador cuadra 01, Av. Alto Alianza cuadra 17 al 21, Jr. las Retamas cuadra 01 al 03, Av. Universitaria cuadra 02, Jr. Emilio Valdizán cuadra 01, Jr. Copacabana cuadra 03, Jr. Pablo Cutipa cuadra 03, Jr. Sagrado Corazón de Jesús cuadra 01, Jr. Dos de Mayo cuadra 04 al 05, Av. Juliaca cuadra 10 al 20 y Urb. Llavini Huerta. Que limita con los sectores 09, 10 y 12.

**El sector 12**, comprendido por: la Circunlacustre de la Bahía de Puno, hacia el centro poblado de los Uros, barrio Villa Santa María, sector Orcomplaya, barrio Mirador Parque, Barrio Nueva Esperanza, Av. Chulluni, Urb. Residencial el Carmen de Huaje, Urb. Villa Copacabana, barrio San José, barrio Alto San José, Av. Ferrocarril y Ciudad Universitaria. Que limita con los sectores 10, 11 y 13.

**El sector 13**, comprendido por: la Circunlacustre de la Bahía de Puno, Jr. Costanera Norte, Jr. Costanera Centro, Jr. Costanera Sur cuadra 01 al 07, Jr. Dante Nava cuadra 04 al 06, Jr. los Cipreses cuadra 05 al 06, Jr. Belisario Suárez cuadra 02, Av. Simón Bolívar cuadra 01 al 19, y Av. Floral cuadra 05 al 10. Que limita con los sectores 02, 03, 08,10,12,14 y 16.

**El sector 14**, comprendido por: Av. Simón Bolívar cuadra 17 al 19, Jr. Belisario Suárez cuadra 01, Av. El Ejército cuadra 04 al 05, Jr. Ciudad de la Paz cuadra 01, Av. 4 de Noviembre cuadra 05 al 08, Jr. Arenales cuadra 01 al 02, Av. Leoncio Prado cuadra 04 al 08, Av. Circunvalación Sur cuadra 15 al 16, Jr. Fray Martin de Porres cuadra 01 al 02 y Jr. 9 de Octubre cuadra 01. Que limita con los sectores 03, 13, 15, 16, 17 y 18.

**El sector 15**, comprendido por: Av. Acomayo cuadra 01, Jr. Sicuani cuadra 01 al 03, Jr. Benjamín Pacheco Vargas cuadra 02, Av. Circunvalación Sur cuadra 13 al 16, Av. Leoncio Prado cuadra 04 al 07, Jr. Carlos Dreyer cuadra 03 al 04, Jr. Arenales cuadra 05 al 06, Jr. Industrial cuadra 05 al 06, Jr. Víctor Maldonado cuadra 01 al 03, Jr. Santuario de Cancharani cuadra 08 al 12, Zona baja de los cerros Negro Peque y Huayllane, R 03, R 205 y Jr. 5 de Abril cuadra 01 al 04. Que limita con los sectores 03, 04, 14 y 18.

**El sector 16**, comprendido por: la Cincunlacustre de la bahía de Puno, Laguna de Oxidación, Psje. 5 de Mayo cuadra 01, Av. El Ejército cuadra 11 al 12, perímetro del lado este del cuartel general, Jr. Guillermo Moore Ruiz cuadra 01, Juan Bustamante Dueñas cuadra 05 al 08, Jr. Beltrán Rivera cuadra 01 al 03, Av. El Ejército cuadra 04 al 07, Jr. Belisario Suárez cuadra 01 al 02, Jr. los Cipreses cuadra 05 al 06 y Jr. Dante Nava cuadra 04 al 06. Que limita con los sectores 13, 14, 17, y 19.

**El sector 17**, comprendido por: Av. El Ejército cuadra 06 al 07, Jr. Beltrán Rivera cuadra 01 al 03, Jr. Bustamante Dueñas cuadra 05 al 08, Jr. Guillermo (perímetro del cerro Huayna Pucara) Moore Ruiz cuadra 01 al 02, Av. Leoncio Prado cuadra 09 al 19, Jr. Arenales cuadra 01 al 02, Av. 4 de Noviembre cuadra 05 al 08 y Jr. Ciudad de la Paz cuadra 01. Que limita con los sectores 14,16, 18 y 19. 45

**El sector 18**, comprendido por: Av. Leoncio Prado cuadra 08 al 19, perímetro del cerro Cancharani y Negro Peque, Jr. Industrial cuadra 05 al 06, Jr. San Luis de Alba cuadra 03, Jr. Arenales cuadra 05 al 06 y Jr. Carlos Dreyer cuadra 03 al 04. Que limita con los sectores 14,15 y 17.

**El sector 19**, comprendido por: Av. El Ejército cuadra 11 al 12, la Circunlacustre de la Bahía de Puno Jr. Sideral cuadra 03 al 05, Urb. Prolongación Chejoña zona A y perímetro del centro Huayna Pucara. Que limita con los sectores 16,17 y 20

**El sector 20**, comprendido por: Aprovi, Virgen de las Mercedes, Aprovi de Transportes, Urb. Parque industrial, Urb. Cooperativas de vivienda el bosque I y II etapa, Asociación de técnicos industriales automotrices, Urb. Prolongación Chejoña Zona B y C, Aprovi. Los Andes Cancharani, Aprovi, Primero de mayo, Urb. Flor de Sankayo, Urb. Agricultura y Urb. Rinconada Salcedo Tepro I y II. Que limita con el sector 19.

### **3.3 Muestra**

#### **3.3.1 La unidad de muestreo**

Fue una vivienda que cuenta con aparato de medición domiciliaria de consumo mensual de energía eléctrica.

#### **3.3.2 Unidad de análisis**

La unidad de análisis fue la familia.

#### **3.3.3 Marco muestral**

El marco muestral estuvo constituido por todas las viviendas pertenecientes a la ciudad de Puno, consideradas durante el año 2015.

#### **3.3.4 Tamaño de Muestra de la investigación**

La muestra estuvo conformada por 218 viviendas procedentes de la población objeto de estudio, la cual fue extraída del marco muestral haciendo uso del muestreo aleatorio estratificado con afijación de Neyman. Los estratos estuvieron conformados por los sectores, el tamaño de la muestra fue determinado considerando como parámetro al consumo doméstico mensual de energía eléctrica. La precisión fue estimada con un error del 2.5% de la media piloto, resultando ser de 2.9117 kw.h y se trabajó con una confianza del 95%.

Cabe resaltar que, para obtener las varianzas en cada uno de los estratos, se tomó una muestra preliminar aleatoria en cada uno de ellos.

### 3.3.5 Fuentes de información

Las importantes fuentes de información utilizadas para la realización del presente trabajo fueron:

1. Boletines e informes emitidos por Osinergmin.
2. [www.electropuno.com.pe](http://www.electropuno.com.pe)
3. Encuesta socioeconómica y de vivienda aplicada a los usuarios, la cual es presentada en el Anexo 1.

### 3.3.6 Variables en estudio

La información captada por medio de la encuesta socioeconómica, incluyó un total de 28 variables originales. Sin embargo, durante el vaciado de la información, aquellas variables que resultaron ser cualitativas fueron dicotomizadas, en consecuencia, aquellas variables que tuvieron categorías permitieron obtener  $c-1$  variables dummy y por efectos de procesamiento, algunas de ellas fueron dejadas de lado. Estas variables se presentan en el Anexo 2.

## 3.4 Método de investigación

La investigación fue de carácter no experimental de tipo transversal correlacional.

### 3.4.1 Determinación del tamaño de la muestra

El tamaño muestral, fue determinado como se mencionó anteriormente usando el muestreo aleatorio estratificado con afijación óptima (Neyman), para ello se tomó como parámetro el consumo mensual doméstico de energía eléctrica, estableciendo una confianza del 95% en las estimaciones y una precisión del 2.5% de la media piloto, lo cual proporcionó una varianza óptima:

$$V(\bar{y}_{st})_{opt} = \left[ \frac{d}{z} \right]^2$$

donde

$$d = 2.5\% * \bar{y}_{st}$$

$$\bar{y}_{st} = \sum_{h=1}^{20} W_h \bar{y}_h = 116.4680384 \qquad W_h = \frac{N_h}{N}$$

$$d = (0.025) (116.4680384) = 2.91170096$$

$$\text{Así } V = \frac{(2.91170096)^2}{(1.96)^2} = 2.206893608$$

Las medias  $\bar{y}_h$  y las desviaciones estándar  $s_h$  fueron estimadas mediante una muestra piloto, cuyos resultados se muestran en la tabla 3.

Tabla 3

*Muestra preliminar para el consumo doméstico de energía eléctrica*

SECTOR	$N_h$	$W_h$	$\bar{y}_h$	$s_h$	$W_h s_h$	$W_h \bar{y}_h$
1	840	0.04372950	103.5	2.12132034	0.09276428	4.52600344
2	2387	0.12426467	108.4	23.6558661	2.93958834	13.47029000
3	2450	0.12754438	131.4	41.4704714	5.28932558	16.75933160
4	479	0.02493623	107.5	10.6066017	0.26448864	2.68064449
5	1785	0.09292519	130.25	34.9886345	3.25132556	12.10350620
6	287	0.01494091	107.00	9.89949494	0.14790749	1.59867770
7	165	0.00858972	148.5	44.5477272	0.38265266	1.275573950
8	1303	0.06783279	97.5	10.6066017	0.71947535	6.613696700
9	727	0.03784684	100	25.4558441	0.96342333	3.784684260
10	1146	0.05965953	152.5	31.3771826	1.87194811	9.098079030
11	398	0.02071945	116.5	33.2340187	0.68859074	2.413816440
12	328	0.01707533	144	19.7989899	0.33807427	2.458847420
13	2145	0.11166641	100	7.07106781	0.78960073	11.166640600
14	935	0.04867510	129	1.41421356	0.06883699	6.279087930
15	334	0.01738768	96	8.48528137	0.14753938	1.669217550
16	924	0.04810245	95.5	3.53553391	0.17006785	4.593784160
17	1995	0.10385757	117.5	24.7487373	2.57034364	12.20326410
18	121	0.00629913	112.5	24.7487373	0.15589553	0.70865219
19	149	0.00775678	107	31.1126984	0.24133438	0.829975530
20	311	0.01619033	138	52.3259018	0.84717348	2.234265190
Suma	19209	1	2342.55	441.2049247	21.9403563	116.468038

Reemplazamos los valores a la fórmula siguiente:

$$n_0 = \frac{[\sum W_h s_h]^2}{V} = \frac{(21.9403563)^2}{2.20689361} = 218.125257 \cong 218$$

No fue necesario realizar un reajuste debido a que la fracción de muestreo fue menor que el 5%.

La afijación del tamaño muestral a cada uno de los estratos se realizó mediante:

$$n_h = \frac{W_h s_h}{\sum W_h s_h} \times n$$

Los resultados de este reparto, se muestran a continuación en la tabla 4.

Tabla 4

*Tamaño de muestra para cada estrato utilizando la afijación de Neyman*

SECTOR	$N_h$	$W_h$	$n_h$
1	840	0.04372950	1
2	2387	0.12426467	29
3	2450	0.12754438	52
4	479	0.02493623	3
5	1785	0.09292519	32
6	287	0.01494091	1
7	165	0.00858972	4
8	1303	0.06783279	7
9	727	0.03784684	10
10	1146	0.05965953	19
11	398	0.02071945	7
12	328	0.01707533	3
13	2145	0.11166641	8
14	935	0.04867510	1
15	334	0.01738768	1
16	924	0.04810245	2
17	1995	0.10385757	26
18	121	0.00629913	2
19	149	0.00775678	2
20	311	0.01619033	8
<b>Suma</b>	<b>19209</b>	<b>1</b>	<b>218</b>

### 3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

Con el propósito de cumplir con el objetivo general y específicos, en primer lugar, se procedió a muestrear la ciudad de Puno, considerando como parámetro al consumo mensual doméstico de energía eléctrica considerando como unidad de muestreo a la vivienda, una vez obtenida la muestra se procedió con el análisis de la siguiente manera:

- a) Para determinar las características socioeconómicas y de vivienda que influyen en el consumo mensual doméstico de energía eléctrica, se utilizó la regresión lineal múltiple, utilizando el método de selección de variables hacia atrás, lo cual nos

permitió seleccionar las variables que influyeron significativamente en el consumo mensual doméstico de energía eléctrica.

- b)** Las características sociales identificados en la encuesta, fueron determinadas utilizando el método de selección propuesto en el paso anterior, previamente se hizo un análisis del comportamiento de los mismos y posteriormente se procedió con el análisis graficando los residuos frente a la característica seleccionada con el propósito de averiguar la existencia de patrones a fin de que nuestro modelo se encuentre correctamente especificado.
- c)** De la misma forma que en el paso anterior, se procedió a identificar los factores económicos, se hizo además un estudio completo a fin de verificar la no violación de los supuestos correspondientes al modelo obtenido.
- d)** Con respecto a las características de la vivienda, éstas fueron determinadas siguiendo la misma metodología mencionada en los pasos anteriores.
- e)** Se elaboró un modelo econométrico uniecuacional que incluyeron a las variables que afectaron significativamente al consumo mensual doméstico en la ciudad de Puno, posteriormente dicho modelo se sometió a un proceso de validación.



## CAPÍTULO IV

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.1 Comportamiento de las variables en estudio

Una descripción de las variables cuantitativas, se muestran en la tabla 5 en la cual se identifican al promedio, desviación estándar, del mismo modo el máximo y el mínimo.

Tabla 5

*Promedios y desviaciones estándar en variables cuantitativas para el consumo doméstico mensual de energía eléctrica en la ciudad de Puno*

VARIABLE	Media	Desv. Estand.	Min	Máx
CONSUMO	105.78	31.74	50	190
NUMFOC	11.38	5.83	1	50
APELVIV	6.25	3.43	0	20
TPROUDE	7.83	7.38	0	24
HODIETV	5.00	4.10	0	24
NUPERHAV	5.56	3.28	1	25
NUTVVIV	2.46	1.73	0	15
AREAVIV	138.49	80.97	10	206
NUPLAVIV	2.39	1.04	1	5
NUPIEVIV	6.90	3.50	1	19
NUCECOVIV	4.28	2.77	0	15
INGRESO	2240.25	1169.24	500	6800

En la tabla 5 se presentan las variables cuantitativas utilizadas en el estudio, podemos apreciar que el consumo mensual de energía eléctrica domiciliaria al mes de Junio.

Tabla 6

*Distribución de frecuencias de las variables dicotomizadas*

VARIABLE		n <sub>i</sub>	%
<b>FOPCNEC</b>	Si	54	24.77
	No	164	75.23
<b>FREPLAN</b>	1 vez por semana	149	68.35
	Más de 1 vez por semana	62	28.44
	Todos los días	7	3.21
<b>FRLALA</b>	1 vez por semana	141	64.68
	Más de una vez por semana	77	35.32
<b>FUNBIEN</b>	Si	195	89.45
	No	23	10.55
<b>LUGPROC</b>	Distrito de Puno	92	42.20
	Otro distrito de la ciudad de Puno	57	26.15
	Otra provincia del departamento de Puno	44	20.18
	Otro departamento	25	11.47
<b>POLLARR</b>	Si	60	27.52
	No	158	72.48
<b>HOVIV</b>	Un hogar	134	61.47
	Dos hogares	63	28.90
	Tres o más hogares	21	9.63
<b>VIVIND</b>	Si	180	82.57
	No	38	17.43
<b>VIVES</b>	Propia	175	80.28
	Alquilada	43	19.72
<b>BOMELEA</b>	Si	45	20.64
	No	173	79.36
<b>ILUVIV</b>	Tubos fluorescentes	84	38.53
	Focos corrientes	83	38.07
	Leds	51	23.39
<b>POSREF</b>	Si	113	51.83
	No	105	48.17
<b>ARCAVI</b>	Si	18	8.26
	No	200	91.74
<b>TERELE</b>	Si	36	16.51
	No	182	83.49
<b>GRAINS</b>	Primaria	6	2.75
	Secundaria	85	38.99
	Superior	127	58.26
<b>CENTRAES</b>	Empleador	13	5.96
	Empleado	136	62.39
	Independiente	69	31.65

2019 fue de 105.78 kw.h en viviendas que cuentan con un área de 138.49 m<sup>2</sup> y con 7 piezas aproximadamente en la vivienda como promedio.

Del mismo modo las viviendas cuentan con 11 focos, en la cual habitan 6 personas aproximadamente y ven televisión 5 horas al día como promedio.

El ingreso mensual del jefe de la familia en promedio en ese tiempo se estimó en S/.2240.25 nuevos soles. Se observa que el número promedio de celulares conectados a la vivienda es de 15 como máximo.

En la tabla 6 se presentan las variables cualitativas, cuya dicotomización se observa en el anexo 2, en la tabla se observan las frecuencias absolutas simples y el porcentaje

correspondiente a cada categoría. Del mismo modo se construyeron figuras que nos permitieron visualizar de una forma eficaz el comportamiento de las variables cualitativas que como se mencionó anteriormente fueron dicotomizadas.

Se nota que el 24.77% de los usuarios acostumbran dejar prendidos sus focos cuando no están en casa por las tardes, del mismo modo el 68.35% de las familias usuarias acostumbran planchar una vez por semana.

El 80.28% de los usuarios revelaron ser propietarios de las viviendas que ocupan, además el 42.2% de las familias proceden de Puno y el 11.47% de otro departamento. También el estudio revela que el 62.39% del jefe de la familia es empleada y el 31.65% es independiente.

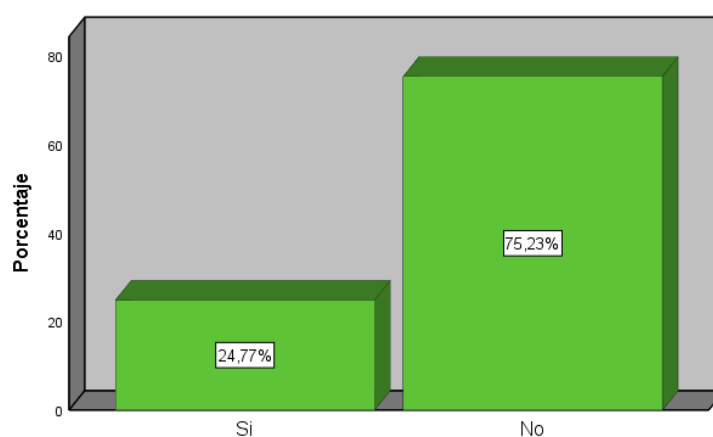


Figura 6. Focos prendidos cuando no está en casa

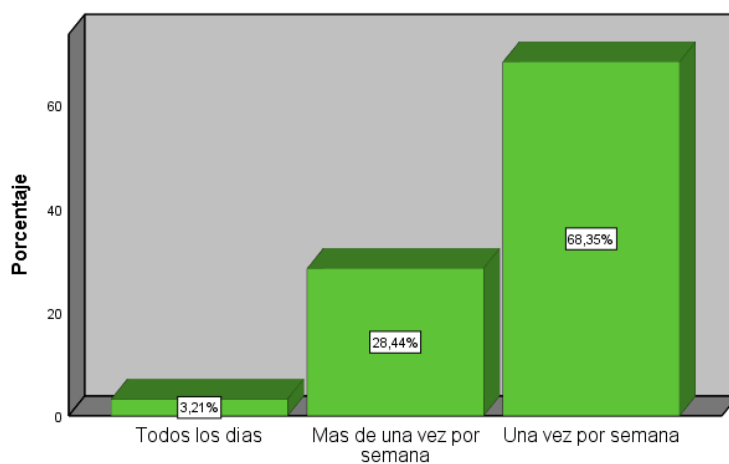


Figura 7. Frecuencia del planchado

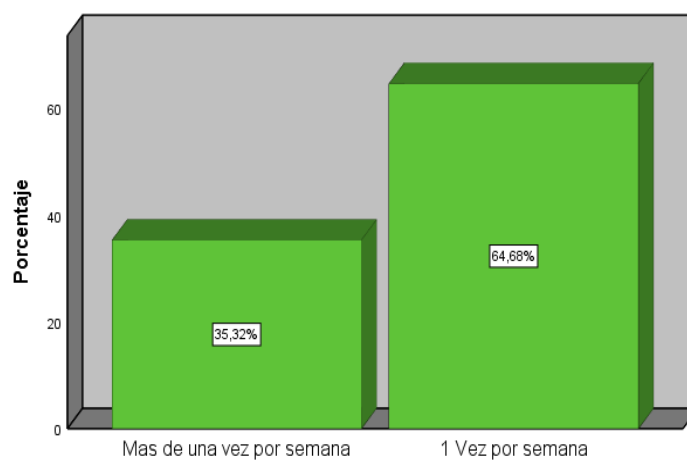


Figura 8. Frecuencia del lavado en la lavadora

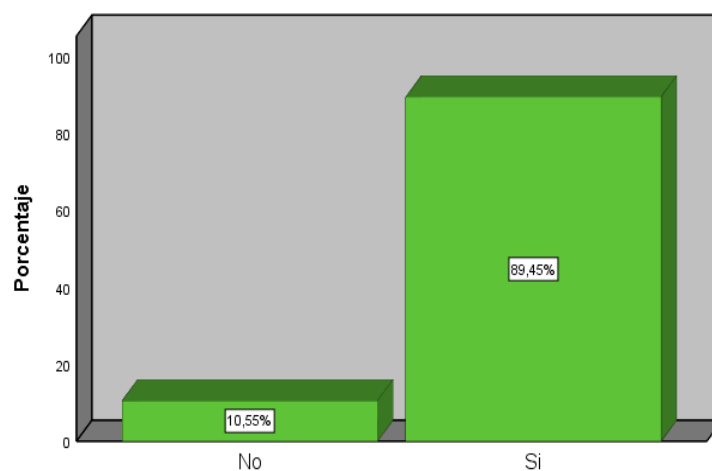


Figura 9. Funcionamiento del medidor

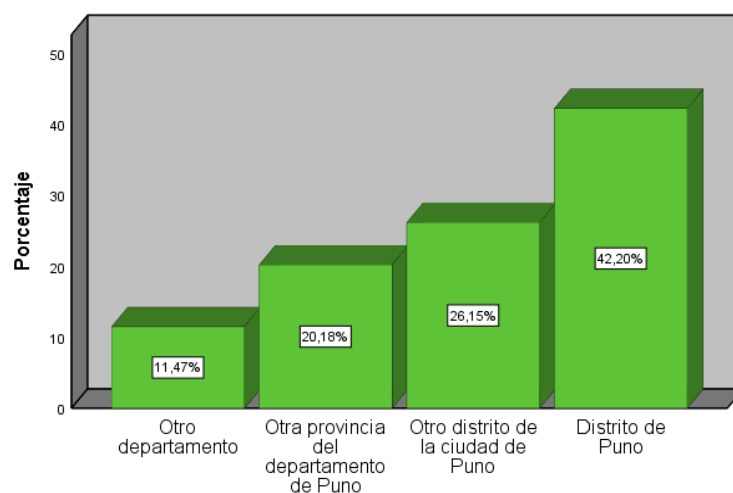


Figura 10. Lugar de procedencia de la familia

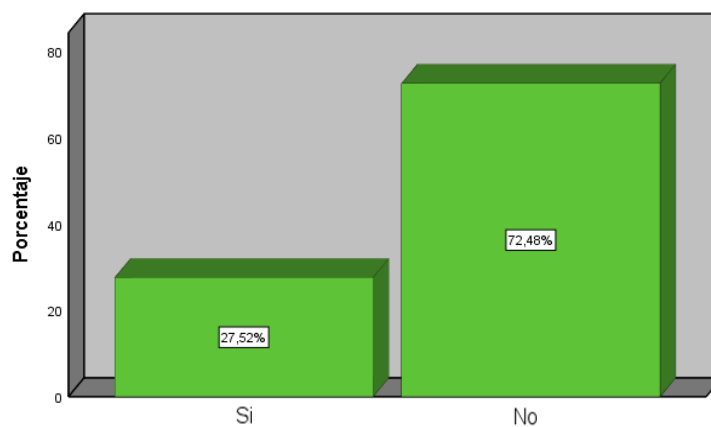


Figura 11. Posee olla arrocera eléctrica

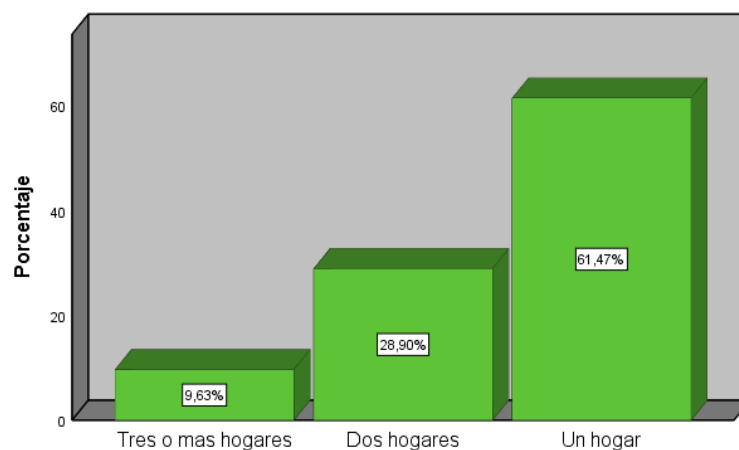


Figura 12. Hogares en la vivienda

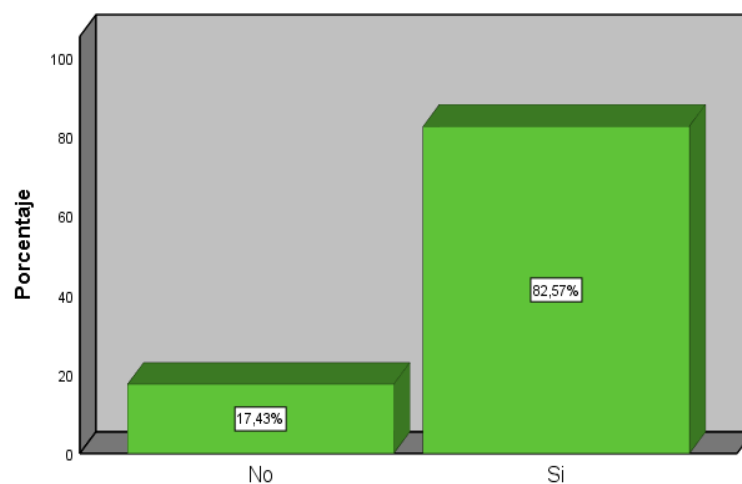


Figura 13. La vivienda es independiente

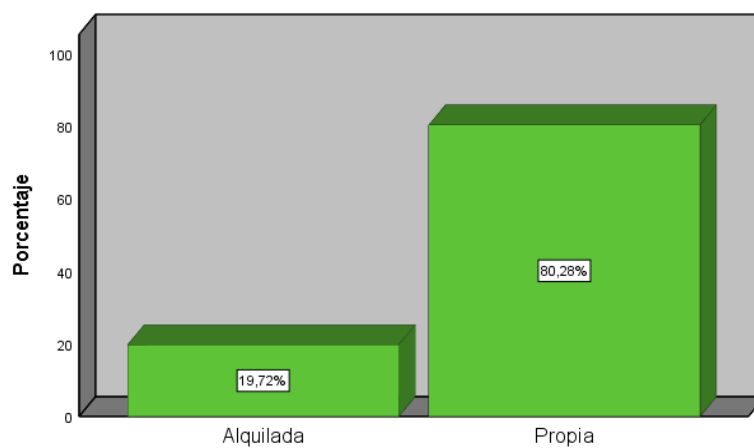


Figura 14. La tenencia de la vivienda es

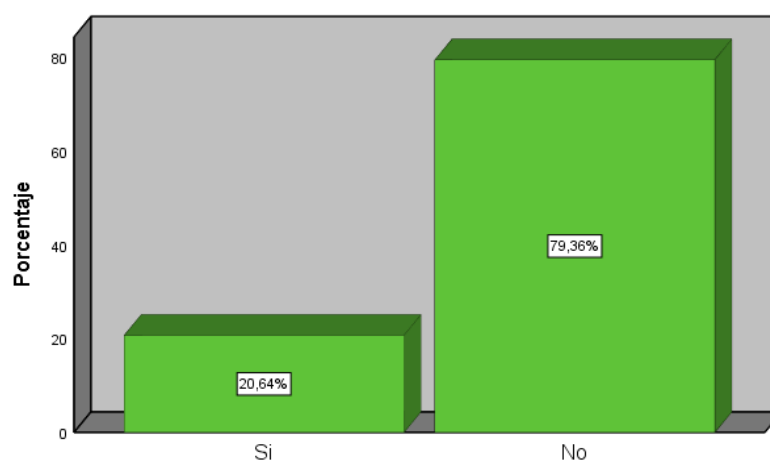


Figura 15. Posee su vivienda bomba eléctrica de agua

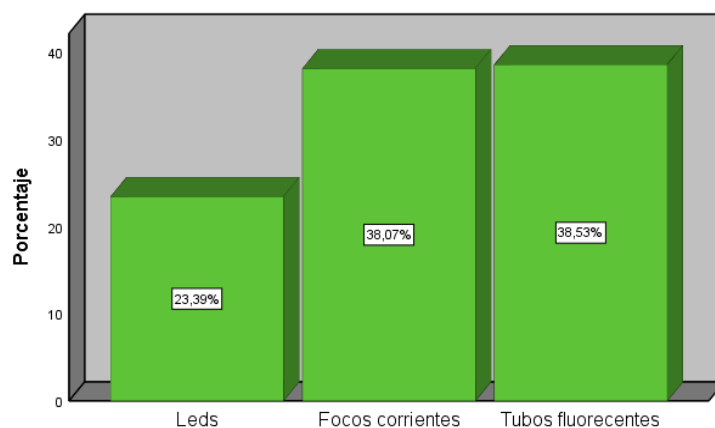


Figura 16. La iluminación de la vivienda es

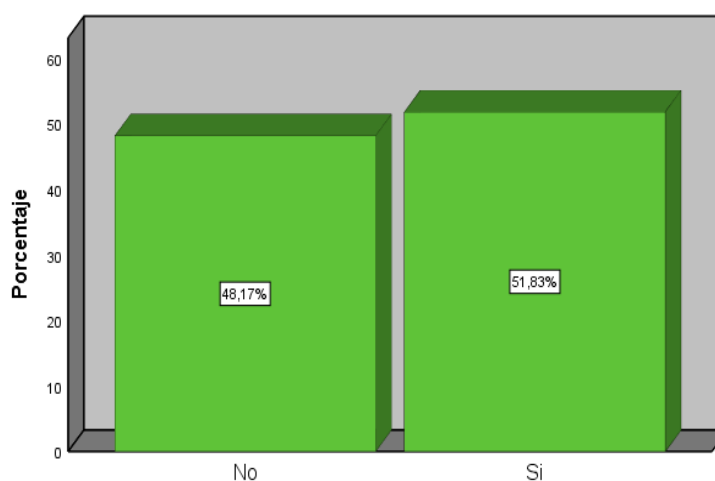


Figura 17. Posee refrigeradora

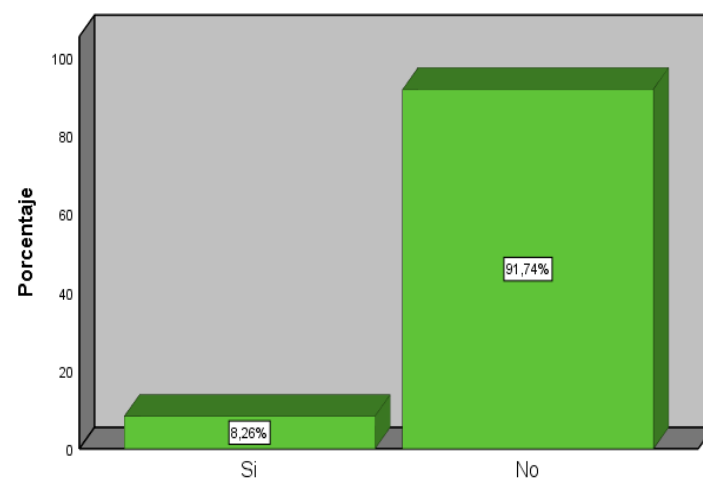


Figura 18. Posee artefactos de calefacción en la vivienda

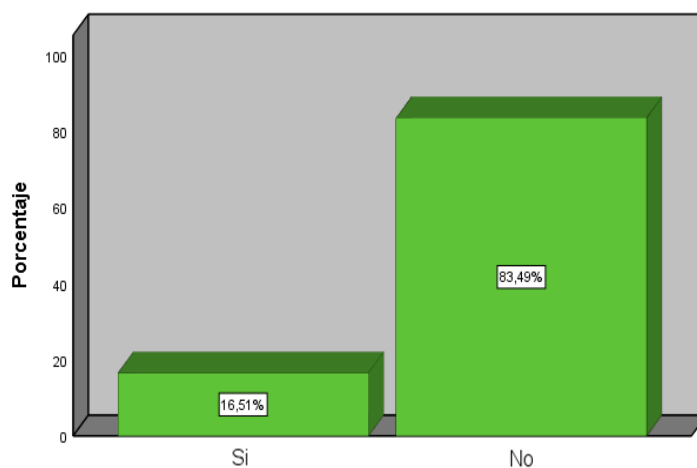


Figura 19. Posee termo eléctrica

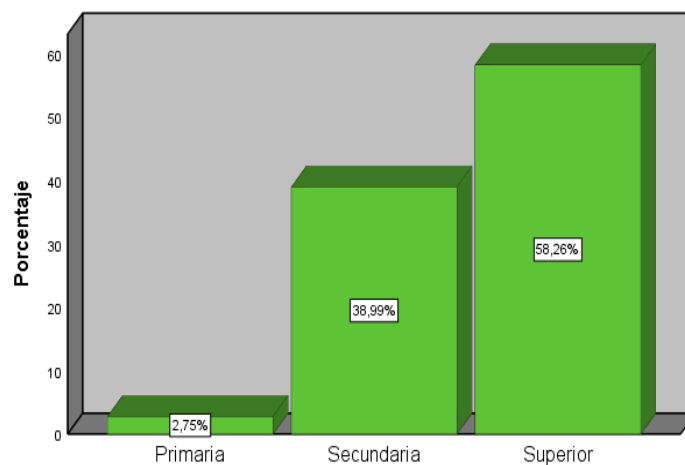


Figura 20. Grado de instrucción del jefe de familia

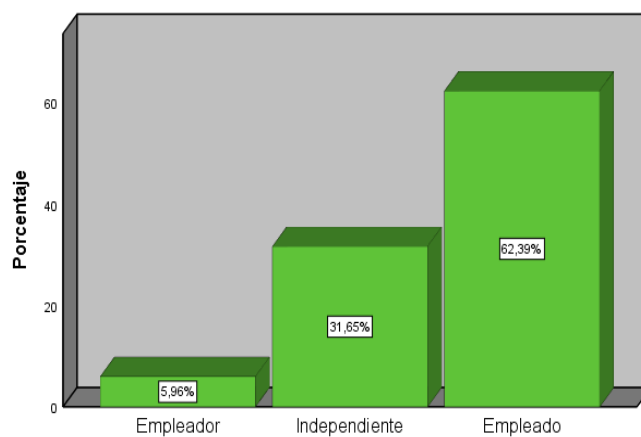


Figura 21. En el centro de trabajo el jefe de familia es



#### 4.2 Selección del mejor conjunto de variables independientes

En el modelo fueron consideradas 34 variables independientes, se hizo uso del método de selección hacia atrás a fin de encontrar el mejor conjunto de variables que afectan significativamente el consumo mensual doméstico de energía eléctrica. Se consideró como  $F$  de entrada igual a 4 y un valor  $F$  de salida igual a 3.9. En estos métodos de selección se requieren dos puntos de corte,  $F_{IN}$  y  $F_{OUT}$ , algunos analistas prefieren definir  $F_{IN} = F_{OUT}$ , aunque eso no es necesario, con frecuencia se opta por  $F_{IN} > F_{OUT}$  con lo que se hace algo más difícil agregar un regresor que eliminar uno. En algunos programas de cómputo se requiere seleccionar un valor numérico de  $F_{IN}$ , y los que más se acostumbran van de 2.0 a 4.0. Este procedimiento de selección referido seleccionó 4 de estas variables independientes, las cuales fueron:

Número de aparatos electrodomésticos en la vivienda	APELVIV
Un solo hogar en la vivienda	HOVIV1
Dos hogares en la vivienda	HOVIV2
Vivienda propia	VIVES1

La prueba correspondiente a la significancia de la regresión que se muestra en la tabla 7 nos proporcionó un valor  $F = 14.376$ , con un valor  $p = 0.000$ , concluyendo que el consumo doméstico mensual de energía eléctrica se relaciona significativamente con el número de aparatos electrodomésticos en la vivienda, viviendas con un solo hogar, viviendas con dos hogares y vivienda propia. Sin embargo, eso no implica necesariamente que la relación obtenida sea la adecuada. El modelo fue estimado con un coeficiente de determinación ajustado del 19.8%, valor supuestamente bajo para un modelo econométrico.

Teniendo en cuenta lo expresado anteriormente, se realizaron pruebas adicionales a fin de verificar la adecuación del modelo como se aprecia en la tabla 8.

Tabla 7

*Prueba para la significancia de la regresión*

Modelo		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	46472,812	4	11618,203	14,376	,000 <sup>b</sup>
	Residuo	172134,055	213	808,141		
	<b>Total</b>	<b>218606,867</b>	<b>217</b>			

a. Variable dependiente: CONSUMO

b. Predictores: (Constante), VIVES1, HOVIV1, APELVIV, HOVIV2

En la tabla 8 podemos observar a los coeficientes de regresión y las pruebas correspondientes a cada una de las variables consideradas en el modelo que justificaron su presencia mediante el nivel de significación. Observamos que todas las variables son significativas.

Tabla 8

*Coefficientes de regresión para el consumo doméstico de energía eléctrica*

		Coeficientes				
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
Modelo		B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	97,987	7,973		12,289	,000
	<b>APELVIV</b>	2,981	,579	,322	5,152	,000
	<b>HOVIV1</b>	-25,338	6,693	-,389	-3,786	,000
	<b>HOVIV2</b>	-19,068	7,180	-,273	-2,656	,009
	<b>VIVES1</b>	12,763	4,992	,160	2,557	,011

a. Variable dependiente: CONSUMO

**Efecto del número de aparatos electrodomésticos en la vivienda.** El coeficiente de regresión asociada a esta variable se estimó en 2.981, lo cual nos indica que por cada aparato electrodoméstico adicional que haya en la vivienda, el consumo de la energía eléctrica aumentará en 2.981 kw.h, permaneciendo las demás variables constantes.

El efecto para esta variable era lo que se esperaba, pues durante el procesamiento y el análisis de la información, se apreció que mientras más aparatos electrodomésticos tenía la vivienda el consumo en la energía aumentaba significativamente.

**Efecto de la existencia de un solo hogar en la vivienda.** El número de hogares que hay en la vivienda es un factor muy importante que determina el consumo de energía eléctrica.

De este modo se encontró que quienes tienen la vivienda constituida por un hogar registran 25.338 kw.h menos que en la vivienda constituida por tres o más hogares.

**Efecto de la existencia de dos hogares en la vivienda.** En forma similar, se registró que quienes poseen en la vivienda dos hogares, consumen 19.068 kw.h menos que aquellos hogares constituidos por tres o más hogares.

**Efecto en la vivienda propia.** Resulta lógico pensar que, si la vivienda es propia, el consumo mensual de energía eléctrica tenderá a aumentar. De modo que se encontró que el coeficiente de regresión asociada a esta variable se estimó en 12.763, lo cual nos indicó que el consumo mensual de energía eléctrica en la vivienda se incrementará en 12.763 kw.h cuando la vivienda es propia.

### 4.3 Modelo de regresión

El modelo de regresión encontrado, fue seleccionado de entre varios modelos, siendo la función de regresión estimada:

$$\hat{Y} = 97.987 + 2.981 * APELVIV - 25.338 * HOVIV1 - 19.068 * HOVIV2 + 12.763 * VIVES1$$

$$R_{aj}^2 = 19.8\%$$

Un diagnóstico adicional se realizó a fin de identificar la presencia de outliers y de casos influyentes. La tabla 9 presenta los valores de influencia y la estadística de influencia DFFITS para el consumo doméstico de energía eléctrica. Los puntos notables del diagnóstico fueron:

- i) Usando  $2p/n = 2(5) / 218 = 0.045$  como una guía para identificar outliers en las observaciones correspondientes a las variables independientes consideradas en el modelo, se encontró que los casos 12, 43, 49, 50, 54, 63, 69, 92, 99, 125, 126, 142, 155, 166, 169, 173, 175, 176, 177, 211, 214, y 216 son outliers de acuerdo a los valores de influencia.
- ii) A fin de encontrar los valores de influencia de los casos encontrados en el punto anterior se consideraron sus DFFITS. De acuerdo a estos valores vemos que los casos 49, 50, 54, 69, 92, 142, 155, 166 y el 211 son mayores que  $2\sqrt{p/n} = 2\sqrt{5/218} = 0.3028$ .

Los efectos de estos casos son menores, así que se consideró de que estos casos no pueden ser influenciados como para requerir una acción remediable y por consiguiente fueron considerados en el análisis.

#### **4.4 Validación del modelo.**

Es esencial cumplir los supuestos del análisis de regresión con el propósito de asegurarnos que los resultados obtenidos sean verdaderamente representativos de la muestra. Cualquier incumplimiento serio de los supuestos debe de ser detectado y corregido.

Por consiguiente, se procedió a la validación de las suposiciones correspondientes al modelo de regresión estimado. Los resultados obtenidos fueron:

##### **Linealidad**

El primer supuesto, la linealidad, se evaluó a través de los gráficos de regresión parcial y de residuos. La figura 22 no muestra ninguna pauta no lineal entre los residuos, lo que nos asegura que la ecuación de regresión considerada es lineal. Pero también nos debemos asegurar, al utilizar más de una variable regresora, es decir, que cada relación de las variables predictor consideradas en el modelo sea lineal, a fin de asegurar su presencia o su mejor representación en la ecuación.

Para cumplir este propósito, se procedió a graficar la regresión parcial para cada variable independiente considerada en el modelo de regresión.

En las figuras 23, 24, 25 y 26, podemos deducir que para todas las variables, no se observa una pauta no lineal, lo que supone el cumplimiento del supuesto de linealidad para cada variable predictor.

Tabla 9

*Estadísticas para detectar casos influyentes para el consumo mensual doméstico de energía eléctrica en la ciudad de Puno*

Caso	Valores de Influencia	DFITTS
12	0.04795	-0.22700
43	0.06246	-0.03790
49	0.04795	-0.45104
50	0.04772	0.42191
54	0.05427	0.30394
63	0.08269	0.05647
69	0.06543	0.58702
92	0.04584	0.54091
99	0.04772	-0.27665
125	0.08269	-0.18222
126	0.04584	-0.26351
142	0.04795	-0.32985
155	0.08269	-0.46856
166	0.04569	-0.31270
169	0.06262	-0.20385
173	0.05089	0.26597
175	0.04795	0.20690
176	0.05465	-0.00646
177	0.04795	0.06221
211	0.06145	0.34837
214	0.05058	-0.16191
216	0.04795	0.13872

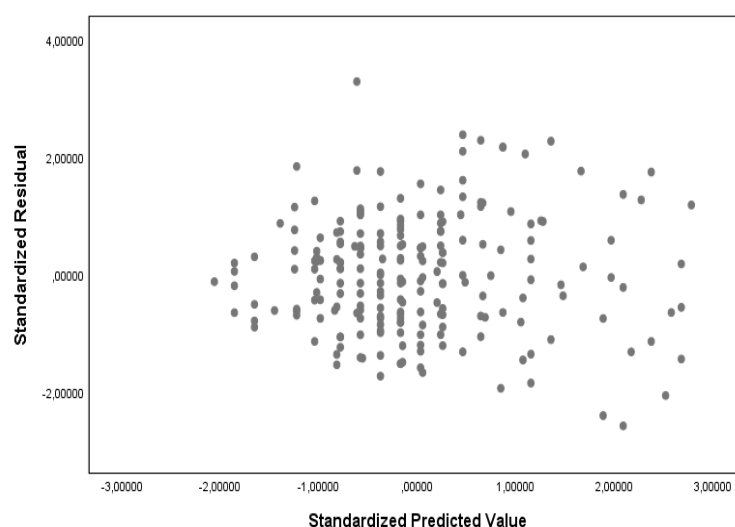


Figura 22. Análisis de los residuos en relación a los valores estimados

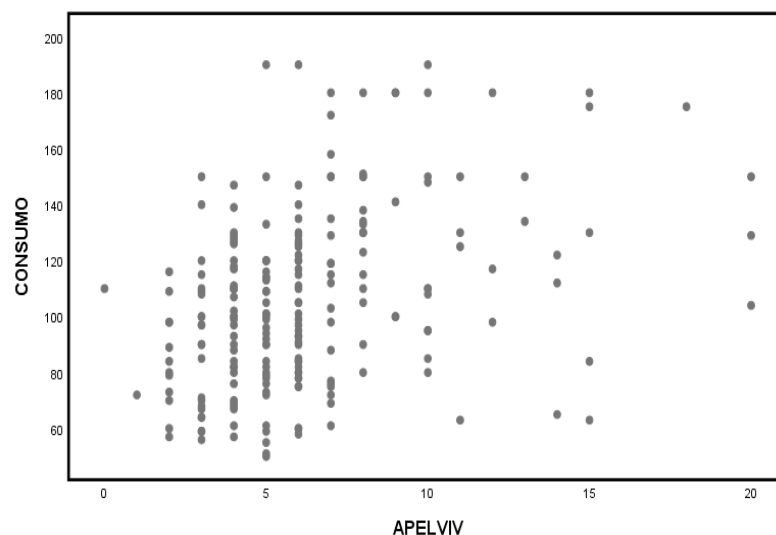


Figura 23. Gráfico de regresión entre consumo de energía eléctrica y número de aparatos electrodomésticos en la vivienda

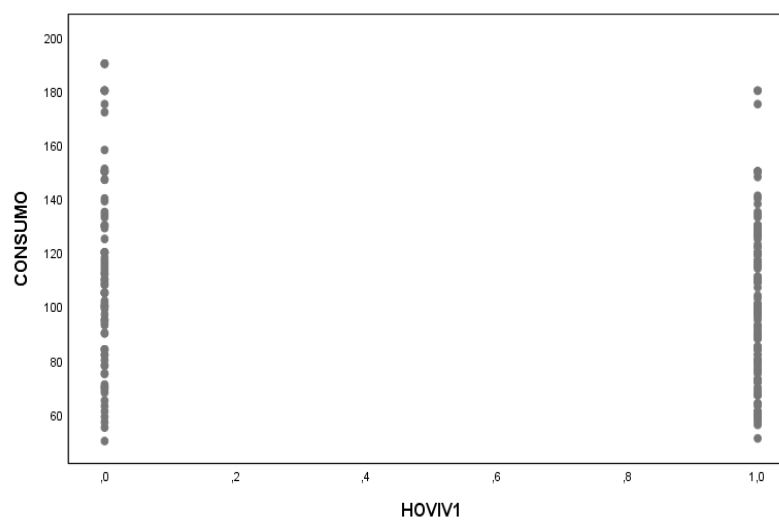


Figura 24. Gráfico de regresión entre consumo de energía eléctrica y vivienda con un solo hogar

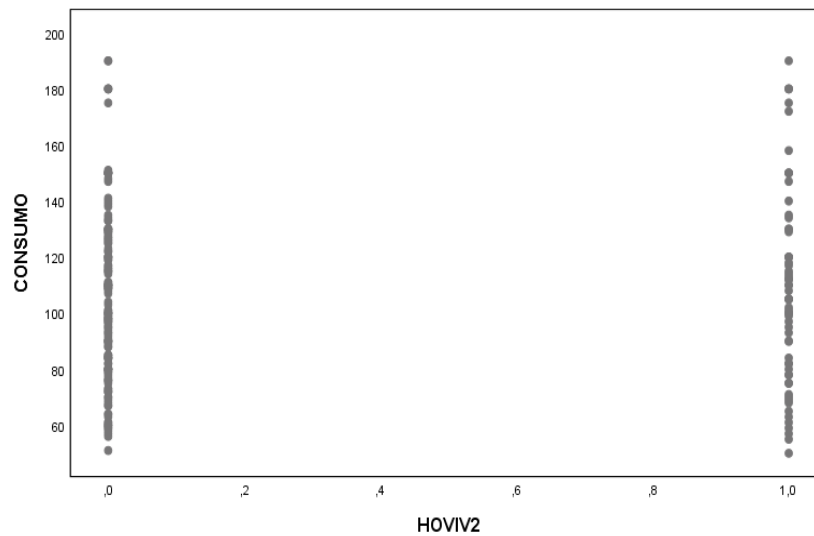


Figura 25. Gráfico de regresión entre consumo de energía eléctrica y vivienda con dos hogares

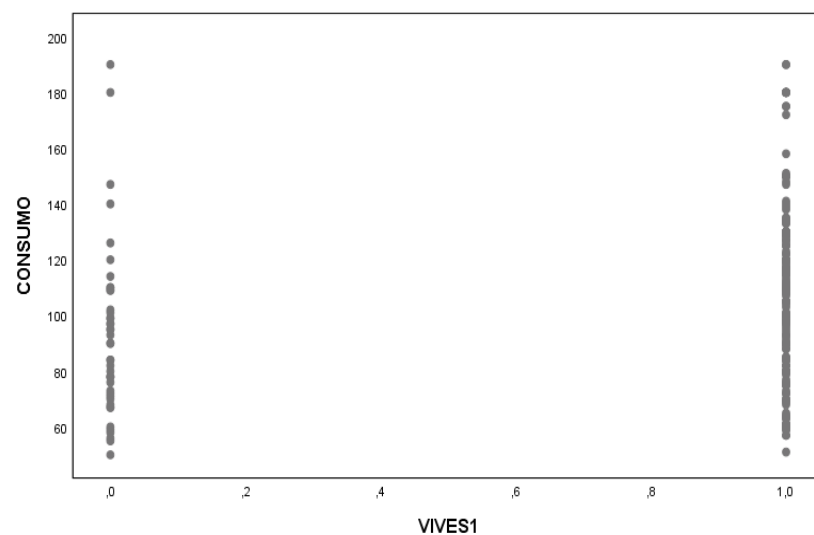


Figura 26. Gráfico de regresión entre consumo de energía eléctrica y vivienda propia

**Especificación del modelo**

De todos los supuestos, este es el más riguroso, sabemos que al establecer una relación funcional equivocada podemos cometer lo que se conoce como el nombre de error de especificación. Con el propósito de evaluar esta situación se procedió a graficar los errores frente a cada una de las variables independientes consideradas en el modelo, tal como se observa en las figuras 27, 28, 29 y 30.

En el análisis visual de dichas figuras concluimos la no existencia de patrones característicos, por lo que se concluyó de que el modelo estaba bien especificado.

El análisis numérico realizado por medio de la prueba RESET de Ramsey mostrada en la tabla 10 nos permitió decidir la no significancia y aceptar la hipótesis de que el modelo estaba bien especificado.

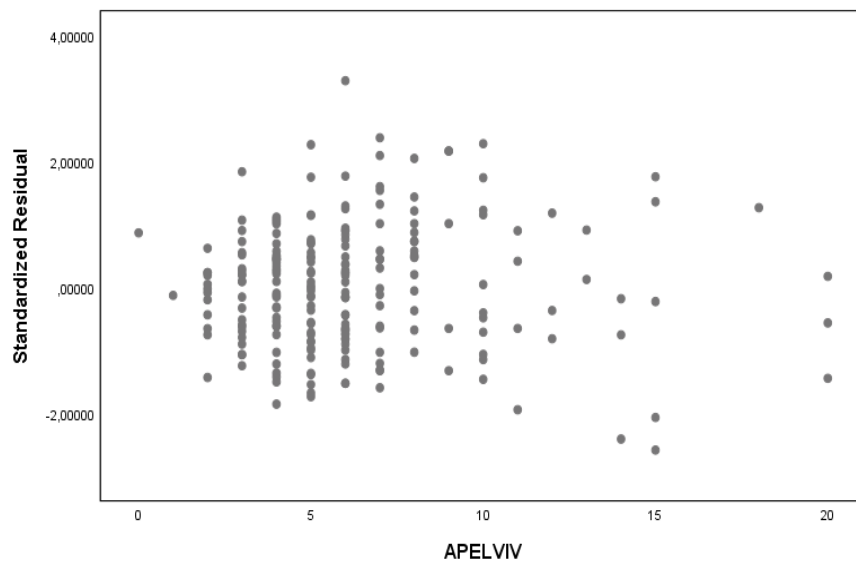


Figura 27. Análisis de residuos en función al número de aparatos electrodomésticos en la vivienda

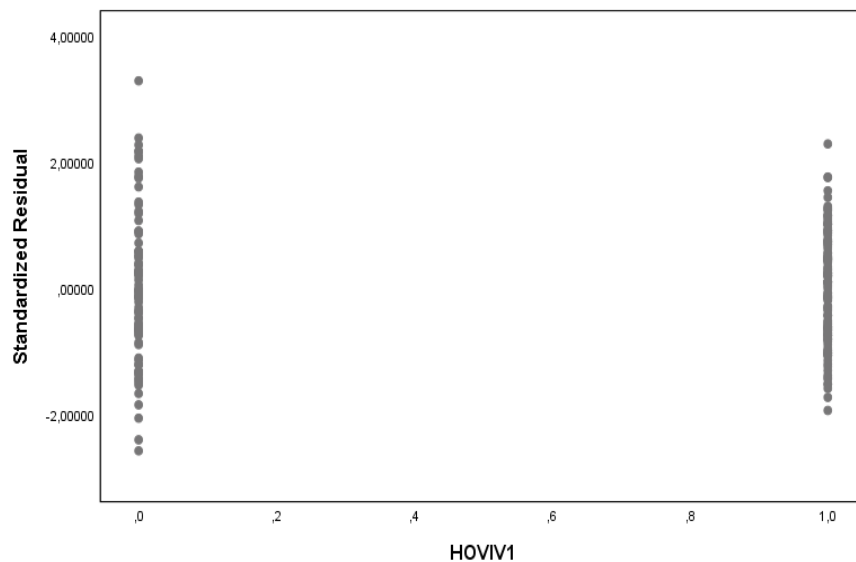


Figura 28. Análisis de residuos en relación a la existencia de un hogar en la vivienda



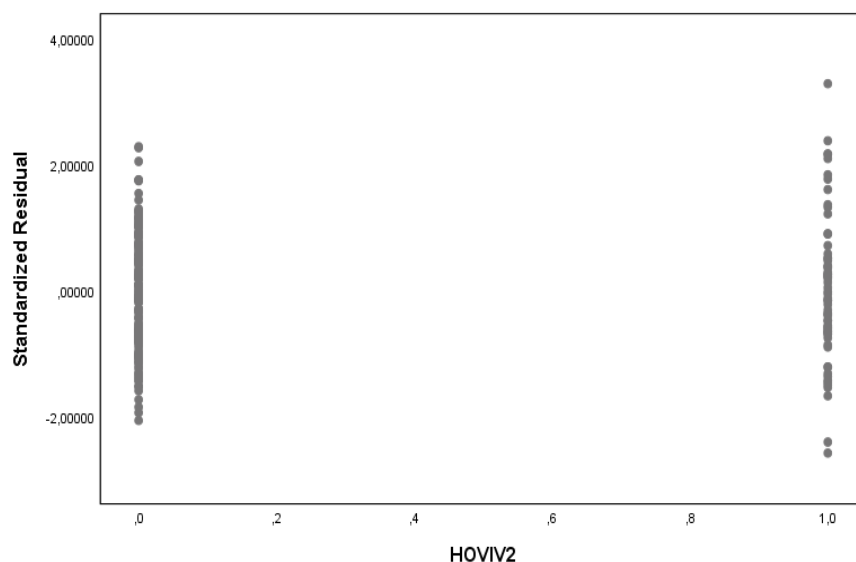


Figura 29. Análisis de residuos en relación a la existencia de dos hogares en la vivienda

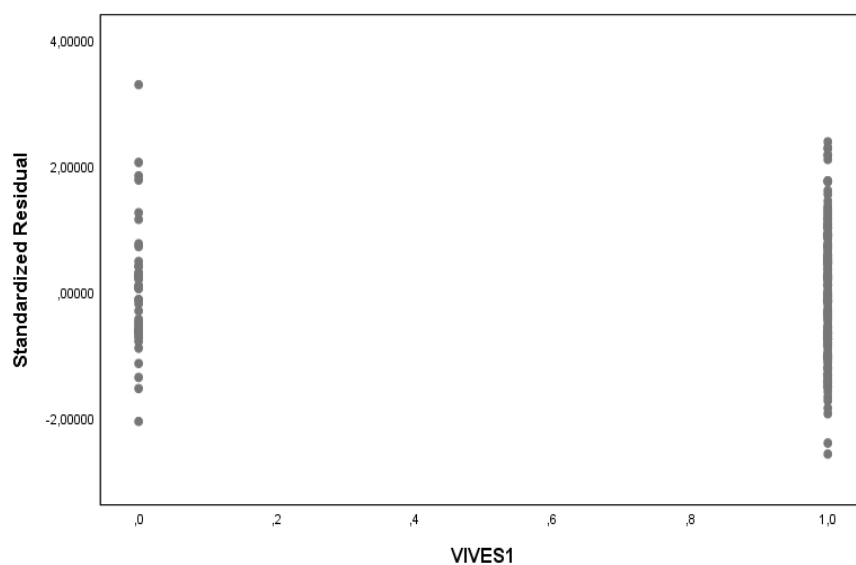


Figura 30. Análisis de residuos en función a la vivienda propia

Tabla 10

Prueba RESET de Ramsey

	Value	Df	Probability
<b>t-statistic</b>	1.596000	212	0.1120
<b>F-statistic</b>	2.547215	(1, 212)	0.1120
<b>Likelihood ratio</b>	2.603695	1	0.1066

**Normalidad**

El gráfico de probabilidad normal de los residuales que se muestra en la figura 31 muestra algunas desviaciones de linealidad. Un examen visual de los residuales nos muestra que los valores se sitúan a lo largo de la diagonal sin alejamientos sustanciales o sistemático, por consiguiente, se consideró que los residuos representan una distribución normal. Gujarati afirma que el problema de la no normalidad no fue considerado serio, ya que el tamaño de la muestra usado fue grande, garantizando de esta manera la normalidad y así, validar las correspondientes pruebas estadísticas t y F. La prueba de Kolmogórov-Smirnov presentada en la tabla 11 nos arroja un valor  $p=0.200$ , que nos permite aceptar la hipótesis nula y concluir que los residuos siguen una distribución normal.

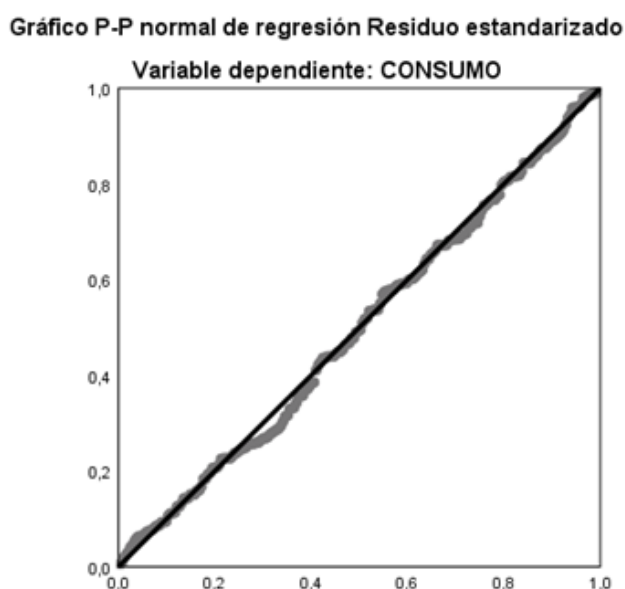


Figura 31. Gráfico de probabilidad normal

Tabla 11

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
	Estadístico	Gl	Sig.
Standardized Residual	,048	218	,200*

### Multicolinealidad

La correlación entre el consumo doméstico de energía eléctrica frente a cada una de las variables independientes fue de 0.371 para APELVIV, -0.190 para HOVIV1, 0.052 para HOVIV2 y de 0.207 para VIVES1.

Como se puede apreciar las variables que presentan una mayor correlación con el consumo doméstico de energía eléctrica fueron APELVIV y VIVES1, en la matriz de correlación mostrada en el anexo 3 se aprecia que cada una de las variables consideradas en el modelo a excepción de HOVIV2, se correlacionan significativamente con el consumo con un valor  $p < 0.05$ .

Todo ello ocurre debido al tamaño considerable de la muestra. Del mismo modo como  $R_{aj}^2 = 19.8\%$ , no indica una multicolinealidad que deba preocupar.

Tabla 12

*Factores de inflación de la varianza (VIF)*

Variable	VIF
APELVIV	1,059
HOVIV1	2,862
HOVIV2	2,857
VIVES1	1,064

Un análisis complementario que se realizó a fin de estudiar la multicolinealidad, fue la de calcular las varianzas de los factores inflacionarios mostrados en la tabla 12.

Montgomery *et al.* (2005) afirma que el factor VIF (de variance inflation factor) para cada término del modelo mide el efecto combinado que tienen las dependencias entre los regresores sobre la varianza de ese término. Si hay uno o más VIF grandes hay multicolinealidad. La experiencia indica que, si cualquiera de los VIF es mayor que 5 o 10, es indicio de que los coeficientes asociados a la regresión están mal estimados debido a la presencia de multicolinealidad. En nuestro caso los valores VIF encontrados nos llevaron a concluir la no existencia de problemas serios de multicolinealidad.

### Heterocedasticidad

El análisis gráfico mostrado en la figura 22, nos llevó a la conclusión de la no existencia de un patrón sistemático entre las dos variables, lo cual permitió sugerir la no existencia de heterocedasticidad.

### Autocorrelación

En la tabla 13, se muestra el procedimiento de prueba para analizar la autocorrelación de los errores en el modelo estimado.

Tabla 13

*Prueba de Durbin Watson*

Hipótesis Estadística			
H <sub>0</sub> : No Autocorrelación			
H <sub>a</sub> : Autocorrelación			
$d = 2.112$			
$n = 218$	$d_L = 1.728$	$d_U = 1.810$	$\alpha = 0.05$
<i>Como <math>d_U &lt; d &lt; 4 - d_U</math></i>		Aceptamos $H_0$	

De dicha tabla se deduce la no existencia de autocorrelación en los residuos, lo cual se interpreta de que, debido a esta inexistencia, no existirá correlación entre una familia y otra, trayendo como consecuencia de que cada familia consuma la energía eléctrica de acuerdo a su requerimiento.

Teniendo en cuenta lo obtenido en esta investigación, llegamos a la conclusión que aceptamos la hipótesis general, la cual establece que las características socioeconómicas y de vivienda influyen significativamente en el consumo mensual doméstico de energía eléctrica en la ciudad de Puno 2018.

Los resultados en esta investigación, concuerda en parte con lo determinado por Laureiro (2018), quien encuentra un impacto significativo de la composición del hogar como determinante del consumo de energía eléctrica residencial. Picción *et al.* (2014) , Escoto *et al.* (2016) y Capuano y Ríos (2016) concluyen que las instalaciones, definido por las características de los equipos consumidores de energía influyen en la cantidad de energía consumida.

Estos autores manifiestan que la forma de cómo está compuesta el hogar y la tenencia de los equipos de electrodomésticos son los que consumen una gran cantidad de energía

eléctrica en la vivienda, todo esto está en concordancia con lo que en este estudio se encuentra.

Pero en lo que no concuerda el estudio de los autores mencionados y los considerados en los antecedentes, es de que ellos concluyen que el ingreso, las características de la vivienda, la tenencia de aire acondicionado, mencionando además que aun cuando las personas y la sociedad interpretan adecuadamente los consumos asociados a diferentes artefactos eléctricos, no presentan un comportamiento orientado hacia el uso racional de la energía eléctrica. En esta investigación no se encontraron estos resultados.

En lo concerniente a la influencia de la existencia de un solo hogar en la vivienda sobre el consumo mensual doméstico de energía eléctrica, en esta investigación se encontró significancia estadística. En cambio, García y Montero (2013) sugieren que el consumo de energía eléctrica depende en gran parte del número de habitantes en la vivienda, entre otros factores.

De forma contraria a esto, Morales y Alvarado (2014) concluyen que la demanda de energía eléctrica se ha incrementado en las últimas décadas, por el crecimiento económico, demográfico y los hábitos de consumo.

Cuando se estudia la relación del número de artefactos electrodomésticos en la vivienda con el consumo mensual doméstico de energía eléctrica, en este trabajo se encuentra relación entre estas características. Escoto *et al.* (2016) muestran que ha habido transformaciones en los hogares, las mismas que explican los niveles de consumo de equipos electrodomésticos. Muestran que el crecimiento de los aparatos eléctricos se da incluso en los estratos más bajos, estos sectores están consumiendo más, en términos relativos, a lo largo del tiempo.

La conclusión de Morales y Alvarado (2014) sugieren que, si se quiere estimular el cuidado de la energía eléctrica y por consecuencia el del medio ambiente, además de una política de precios, se debe fomentar la elaboración de enseres eléctricos más eficientes, y, sobre todo, crear programas que estimulen la conciencia o cultura de ahorro de la energía eléctrica en los hogares de la región. Shaar (2016) concluye que las personas saben cuáles equipos demandan una mayor cantidad de energía, pero no conocen sus niveles de consumo en base a los hábitos de uso de los equipos. Las personas desconocen

las tarifas, ni conocen los conceptos de cobro, por consiguiente, no se tiene la capacidad de elegir adecuadamente acciones o equipos para ahorrar.

La tenencia de la vivienda es una característica muy importante en el consumo mensual doméstico de energía eléctrica, en este estudio se confirmó dicha relación. Campero *et al.* (1997) reporta los resultados en una muestra de hogares de un conjunto habitacional constituido por tres recámaras de aproximadamente 65 m<sup>2</sup>.

## CONCLUSIONES

- Con relación al objetivo general, se llegó a determinar las características socioeconómicas y de vivienda para el consumo mensual doméstico de energía eléctrica para la ciudad de Puno, 2018. Estas características fueron: número de aparatos electrodomésticos en la vivienda (APELVIV), un solo hogar en la vivienda (HOVIV1), dos hogares en la vivienda (HOVIV2) y vivienda propia (VIVES1).
- Con respecto primer objetivo específico, se encontró que la vivienda constituida por un solo hogar influye significativamente en el consumo mensual doméstico de energía eléctrica en la ciudad de Puno, 2018, el cual resultó ser estadísticamente significativo con un valor  $p=0.000$
- De igual manera para la vivienda constituida por dos hogares el valor  $p$  fue  $p=0.009$ , por lo tanto, existe suficiente evidencia estadística para concluir que esta variable influye significativamente en el consumo doméstico mensual de energía eléctrica en la ciudad de Puno, 2018.
- Asimismo, se encontró que el número de aparatos electrodomésticos que posee la vivienda, nos proporcionó un valor  $p=0.000$ , que nos indicó que existe evidencia estadísticamente significativa para considerar que esta variable influye significativamente en el consumo mensual doméstico de energía eléctrica en la ciudad de Puno, 2018.
- El valor  $p$  hallado  $p=0.011$  para contrastar la hipótesis de que si la vivienda es propia resultó ser estadísticamente significativa y, por consiguiente, esta característica influye significativamente en el consumo mensual doméstico de energía eléctrica en la ciudad de Puno, 2018.
- Para construir el modelo, se tuvieron que considerar 34 variables independientes, que, al pasar por un proceso de selección, solamente quedaron 4 de ellas. El modelo uniecuacional estimado para el consumo doméstico mensual de energía eléctrica para la ciudad de Puno fue:

$$\hat{Y} = 97.987 + 2.981 * APELVIV - 25.338 * HOVIV1 - 19.068 * HOVIV2 + 12.763 * VIVES1$$

$$R_{aj}^2 = 19.8\%$$

Dicho modelo fue estimado con un coeficiente de determinación del 19.8% que explicó la variabilidad en el consumo doméstico mensual de energía eléctrica en la ciudad de Puno, 2018. El análisis de varianza arrojó un valor  $F=14.376$  con un valor  $p$  cercano a cero, lo cual nos permitió concluir que al menos una de estas variables explicó significativamente el consumo de energía eléctrica.

No se encontraron evidencias de trasgresión de los supuestos inherentes al modelo estimado.



## RECOMENDACIONES

- Electro Puno S.A.A., debería implementar un programa de sectorización de sus clientes, a fin de poder mejorar y uniformizar el servicio que ofrece mediante una oficina de Estadística e Informática.
- Estimar otro modelo que incluyan otras variables independientes, considerando como estratos a los mencionados en este estudio, a fin de lograr el aumento en la explicación del consumo de energía eléctrica en la ciudad de Puno.
- Con el propósito de incrementar los ingresos, Electro Puno S.A.A., está en la capacidad de aumentar su cobertura y por consiguiente la implementación de medidores de energía eléctrica en las viviendas.
- Utilizar otros métodos de selección a fin de averiguar si las variables seleccionadas en este estudio persisten o tener la esperanza de encontrar alguna concordancia o aprender algo acerca de la estructura de los datos, que pudieran haberse escapado si se usa un solo procedimiento de selección.
- Realizar un nuevo estudio referido al consumo mensual doméstico de energía eléctrica en la ciudad de Puno con el fin de averiguar si el modelo que se encontró en esta investigación sufrió algunas modificaciones y averiguar los motivos que influenciaron en el cambio.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Abad, A. y Servín, L. (1987). *Introducción al Muestreo* (2da Ed.). México: Limusa.
- Anderson, D., Sweeney, D., Thomas, W. (2012). *Estadística para negocios y economía* (11ava. Ed.). México: CENGAGE Learning.
- Alvarez, R. (1995). *Estadística multivariante y no paramétrica con SPSS*. Madrid: Díaz de Santos S.A.
- Berrezueta, J. y Encalada, A. (2014). *Análisis de los factores que afectan la demanda de energía eléctrica y su estimación. Sector residencial del área de Concesión de la empresa eléctrica regional Centro Sur C.A., período 2002 – 2012*. (Tesis de maestría). Universidad de Cuenca – Ecuador Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5184/1/tesis.pdf>
- Bustamante, C. y Hernández, C. (2013). *Análisis energético y propuesta de ahorro para la Universidad Tecnológica de Salamanca*. (Tesis de maestría). Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S. C. Posgrado. Recuperado de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/814/1/Claudia%20Elga%20Bustamante%20V%C3%A1zquez%20Carlos%20Hern%C3%A1ndez%20Mosqueda%20Maestr%C3%ADa%20en%20Ciencias%20en%20Energ%C3%ADas%20Renovables.pdf>
- Campero, E. y Romero, C. (1997). Agrupamientos Homogéneos de usuarios residenciales de energía eléctrica en función de las variables que impactan el consumo. Universidad Autónoma Metropolitana. Departamento de Energía y departamento de Sistemas. México, *Seminario Nacional sobre el uso racional de la energía y exposición de equipos y servicios. Memoria Técnica, (18)*, 249-253. Recuperado de <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/304520>.
- Campero, E., Romero, J., Alarcón, E., Silva, J., Ortiz, O. J. y Vargas, J. (1997). Usos finales de la energía eléctrica en hogares de un conjunto habitacional. Universidad Autónoma Metropolitana. Departamento de Energía. México. *Seminario Nacional sobre el uso racional de la energía y exposición de equipos y servicios. Memoria Técnica, (18)*, 241-246. Recuperado de <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/304520>.

- Capuano, V. y Ríos, M. (2016). La Educación formal y el uso racional de la Energía. Acta de la XXXIX. *Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente*, (4), 07-16.
- Cochran, W. (1981). *Técnicas de Muestreo*. México: Continental S.A.
- Contreras, M. (2015). *Sistema de iluminación con un programa controlador para reducir el consumo de energía eléctrica en residencias*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional del Centro del Perú – Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3924/Contreras%20Cantoro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Durán, J. y Quinto, A. (2015). *Ahorro de Energía en Invernaderos Mediante el Uso de Iluminación LED*. (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional - Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Recuperado de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/14117/AHORRO%20DE%20ENERGIA%20EN%20INVERNADEROS%20MEDIANTE%20EL%20USO%20DE%20ILUMINACION%20LED.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Escoto A., Sánchez, L. y Pérez, G. (2016). Hogares y Energía Eléctrica en México. *Revista Espinhaco*, 5(2), 30-43.
- Fahrmeir, L., Kneib, T., Lang, S., Marx, B. (2013). *Regression: Models, Methods and Applications*. New York: Dordrecht London.
- Flores, C. (21 de febrero, 2015). Puno y Juliaca aumentan su consumo de energía drásticamente. *Diario los Andes. Puno*. Recuperado de <http://www.losandes.com.pe/oweb/Sociedad/20150221/86284.html>.
- Fundación Vida Sostenible (2016). *El consumo de energía y su relación con las características de tu vivienda*. España: Asociados a Pacto Mundial. Recuperado de <http://www.vidasostenible.org/ciudadanos/hablemos-de-medio-ambiente/la-energia/el-consumo-de-energia-y-su-relacion-con-las-caracteristicas-de-tu-vivienda/>.
- García, C., y Montero, M. (2013). Toma de decisiones, valores y factores contextuales, su relación con el consumo de energía eléctrica. *Revista Quaderns de Psicologia*, 15(2), 39-54

- Gujarati, D. (1992). *Econometría. (Segunda ed)*. C.V., México: Libemex.
- Gujarati, D. y Porter, D. (2009). *Econometría. (Quinta ed)*. C.V., México: Mc Graw Hill/Interamericana Editores.
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R. y Black, W. (1999). *Análisis Multivariante. (Quinta ed)*. Madrid, España: Prentice Hall International, Inc.
- Kish, L. (1982). *Muestreo de encuestas*. México: Trillas
- Kutner, H., Nachtsheim, C., Neter, J. (2004) *Applied Linear Regression Models (4ta Ed.)*. United States of America: McGraw-Hill Irwin.
- Laureiro, P. (2018). Determinantes del consumo de energía eléctrica del sector residencial en Uruguay. Instituto de Economía. *Revista students working papers*, (7), 05-18. Recuperado de <https://ideas.repec.org/p/ulr/tpaper/die-05-18.html>.
- Martinez, C. (2012). *Estadística y muestreo (13ava Ed.)*. Bogotá: Ecoe Ediciones
- Medina, E. y Vicéns, J. (2011). Factores determinantes de la demanda eléctrica de los hogares en España: Una aproximación mediante regresión cuantílica. *Estudios de Economía Aplicada*, (29), 515-538.
- Mejías, N., Brión, R., Morales, I., Gordillo, M., y Navarro, G. (2014). *Condiciones del Ahorro y el uso eficiente de la energía en el sector residencial*. *Academia Journals*, (6), 1072-1075. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Alejandro\\_Navarro\\_Elenes/publication/302997813\\_Condiciones\\_del\\_ahorro\\_y\\_el\\_uso\\_eficiente\\_de\\_la\\_energia\\_en\\_el\\_sector\\_residencial/links/5734e8a508ae9f741b282e21/Condiciones-del-ahorro-y-el-uso-eficiente-de-la-energia-en-el-sector-residencial.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alejandro_Navarro_Elenes/publication/302997813_Condiciones_del_ahorro_y_el_uso_eficiente_de_la_energia_en_el_sector_residencial/links/5734e8a508ae9f741b282e21/Condiciones-del-ahorro-y-el-uso-eficiente-de-la-energia-en-el-sector-residencial.pdf)
- Montanero, J. (2008). *Modelos Lineales*. Europa: Pedro Cid, S.A.
- Montgomery, D., Peck, E. y Vining, G. (2005). *Introducción al Análisis de Regresión Lineal*. México: Continental.
- Morales, D. (2015). *Actitudes y conocimientos en el consumo de energía eléctrica domiciliaria: Caso aplicado a una muestra del área metropolitana de Monterrey, Nuevo León* (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Recuperado de

[https://www.researchgate.net/publication/282054800\\_Actitudes\\_y\\_Creencias\\_de\\_l\\_Consumo\\_de\\_Energia\\_Electrica\\_en\\_los\\_Hogares\\_Caso\\_aplicado\\_al\\_Area\\_Metropolitana\\_de\\_Monterrey](https://www.researchgate.net/publication/282054800_Actitudes_y_Creencias_de_l_Consumo_de_Energia_Electrica_en_los_Hogares_Caso_aplicado_al_Area_Metropolitana_de_Monterrey)

- Morales, D. y Luyando, J. (2014). Análisis del consumo de energía eléctrica residencial en el área metropolitana de Monterrey, N.L., México. *Estudios Económicos*, (31), 27 – 48. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5602375.pdf>
- Morales, D. y Alvarado, E. (2014). Análisis del consumo de energía eléctrica domiciliaria en Tampico, Tamaulipas. Instituto de Investigaciones Sociales. *Ciencia UAT*, (8), 62-67.
- Neter, J., Wasserman, W. y Kutner, M. (1990). *Applied Linear Statistical Models, Third Edition*. Boston, U.S.A.: IRWIN, INC.
- Novalés, A. (1993). *Econometría* (2da Ed.). Madrid: McGraw-Hill.
- Ortiz, J., Bueno, G. y Arana, J. (2017). Análisis de la Demanda Residencial de Electricidad en el Estado de México. *Economía, Sociedad y Territorio*, (16), 201-223. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/est/v17n53/2448-6183-est-17-53-00199.pdf>
- Osinergmin (2017). *La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país*. Lima, Perú: Gráfica Biblos S.A.
- Pardo, A. y San Martín, R. (2012). *Análisis de datos en Ciencias Sociales y de la Salud II*. España: Síntesis.
- Pérez, C. (2014). *Técnicas Estadísticas Predictivas con IBM SPSS Modelos*. Madrid, España: Garceta grupo editorial.
- Picción, A., Milicua, S. y Camacho, M. (setiembre de 2014). Consumo de energía residencial y confort. Aportes para identificar patrones de consumo energético, *Consumo de energía*. Simposio llevado a cabo XIII Jornadas de Investigación de la Facultad de Ciencias Sociales, Montevideo, Uruguay.
- Poma, L. (2017). *Diseño de un Sistema Inteligente de Ahorro de Energía Eléctrica*. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú - Facultad de Ciencias e Ingeniería. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9116/POMA>

[\\_LUIS\\_SISTEMA\\_INTELIGENTE\\_AHORRO\\_ENERGIA.pdf?sequence=8&isAllowed=y](#)

- Ramos, G., Fiscal, R., Buitrón, H., Maqueda, M., Sada, J. y Buitrón, H. (1999). Variables que influyen en el consumo de energía eléctrica. *Boletín del Instituto de Investigaciones eléctricas*. Recuperado de <https://www.ineel.mx/medioamb99/apli.pdf>
- Rencher, C. y Schaalje, G. (2008). *Linear Models in Statistics* (2da Ed.). United States of America: J. Wiley & Sons.
- Romero, N. (2011). *Consumo de energía a nivel residencial en Chile y análisis de eficiencia energética en calefacción*, (Tesis de Maestría). Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Searle, S. (1971). *Linear Models*. United States of America: J. Wiley & Sons.
- Searle, S. y Gruber, M. (2017). *Linear Models* (2da Ed.). United States of America: J. Wiley & Sons.
- Shaar, L. (2016). *Prácticas de consumo más sustentables de la energía eléctrica*, (Tesis de Maestría). Universidad Jesuita de Guadalajara. Jalisco, Mexico.
- Ulloa, E. (2015). *Eficiencia del consumo eléctrico en el sector residencial urbano de Cuenca*, (Tesis de Maestría). Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.
- Wooldridge, J. (2011). *Introducción a la Econometría. Un Enfoque Moderno*. 4ª México: CENGAGE Learning.
- Yamane, T. (1967). *Elementary Sampling Theory*. New York, U.S.A.: Prentice-Hall, Inc.



**ANEXOS**

**Anexo 1.** Modelo de encuesta

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**DOCTORADO EN ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA**  
**ENCUESTA SOCIOECONÓMICA**  
**INSTRUCCIONES**

Lea cuidadosamente las preguntas que se presentan a continuación. Dé respuesta a cada una de ellas escribiendo o marcando con una “x” en la pregunta correspondiente.

Distrito	Sector	N° de encuesta
Puno		

**SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

1. ¿Cuál es el consumo mensual en el mes anterior de energía eléctrica en su vivienda?  
.....
2. ¿Cuál es el número total de focos en la vivienda ¿  
.....
3. ¿Cuántos aparatos electrodomésticos posee en su vivienda (equipos de sonido, lavadora, DVD, etc.)?  
.....
4. ¿Acostumbra usted dejar los focos encendidos cuando no está en casa?  
Si ( )      No ( )
5. ¿Cuál es la frecuencia del planchado?  
1 vez por semana                      ( )  
Más de una vez por semana      ( )  
Todos los días                              ( )
6. ¿Cuál es la frecuencia en lavado de ropa en la lavadora en su vivienda?



- 1 vez por semana ( )  
 Más de una vez por semana ( )

7. ¿Funciona bien su medidor?

Si ( ) No ( )

### HÁBITOS EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

8. ¿Cuál es el tiempo promedio de uso al día de los electrodomésticos?

.....hrs

9. ¿Cuántas horas suele estar encendida diariamente la TV en su vivienda?

.....hrs

10. ¿Cuál es el lugar de procedencia de la familia?

Distrito de Puno ( )

Otro distrito de la provincia de Puno ( )

Otra provincia del departamento de Puno ( )

Otro departamento ( )

11. ¿Posee olla arrocera eléctrica?

Si ( ) No ( )

### CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA

12. ¿Cuál es el número de personas que habitan en la vivienda?

.....personas

13. ¿Cuántos televisores hay en la vivienda?

.....

14. ¿Cuántos hogares hay en la vivienda?

Un hogar ( )

Dos hogares ( )  
Tres o más hogares ( )

15. ¿El tipo de vivienda es independiente o no ( dpto en edificio, casa en quinta o callejón) ?

Si ( ) No ( )

16. ¿El tipo de su vivienda es?

Propia ( ) Alquilada ( )

17. ¿Cuál es el área de su vivienda?

.....m<sup>2</sup>

18. ¿Posee su vivienda bomba de agua eléctrica?

Si ( ) No ( )

19. La iluminación de la vivienda es mediante:

Tubos fluorescentes ( )  
Focos corrientes ( )  
Usa leds ( )

20. ¿Posee refrigeradora?

Si ( ) No ( )

21. ¿Posee artefacto de calefacción en la vivienda?

Si ( ) No ( )

22. ¿Cuál es el número de plantas en la vivienda?

.....

23. ¿Cuántas piezas llámese sala, comedor, dormitorio, posee su vivienda?

.....

24. ¿Cuánto es el número de teléfonos celulares que se conectan en la vivienda?

.....

25. ¿Posee rema eléctrica la vivienda?

Si ( ) No ( )

### **CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS**

26. ¿Cuál es el grado de instrucción del jefe de la familia?

Primaria ( )

Secundaria ( )

Superior ( )

27. En su centro de trabajo, usted es:

Empleador ( )

Empleado ( )

Trabajador independiente ( )

28. ¿Cuál es el ingreso promedio mensual en la familia?

.....

**Anexo 2.** Codificación de las variables de estudio

1. Consumo mensual de energía eléctrica en kw.h
2. Número total de focos en la vivienda.
3. Aparatos electrodomésticos en la vivienda.
4. Focos prendidos cuando no está en casa.

Y: CONSUMO

X<sub>1</sub>: NUMFOC

X<sub>2</sub>: APELVIV

X<sub>3</sub>: FOPCNEC

	X <sub>3</sub>
Si	1
No	0

5. Frecuencia del planchado.

X<sub>4</sub>: 1VPSEM

X<sub>5</sub>: M1VPSE

	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
1 vez por semana	1	0
Mas de 1 vez por semana	0	1
Todos los días	0	0

6. Frecuencia de lavado en lavadora

X<sub>6</sub>: FRLALA1

	X <sub>6</sub>
1 vez por semana	1
Mas de 1 vez por semana	0

7. Funciona bien su medidor

X<sub>7</sub>: FUNBIEN

	X <sub>7</sub>
Si	1
No	0

8. Tiempo promedio de uso al día de electrodomésticos
9. Horas al día de encendido de TV
10. Lugar de procedencia de la familia.

X<sub>8</sub>: TPROUDE

X<sub>9</sub>: HODIETV

X<sub>10</sub>: LUPRO1

X<sub>11</sub>: LUPRO2

X<sub>12</sub>: LUPRO3

	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>
Distrito de Puno	1	0	0
Otro distrito de la provincia de Puno	0	1	0
Otra provincia del departamento de Puno	0	0	1
Otro departamento	0	0	0

11. Posee olla arrocera eléctrica.

X<sub>13</sub>: POLLARE

	X <sub>13</sub>
Si	1
No	0

12. Número de personas que habitan en la vivienda.

X<sub>14</sub>: NUPERHAV

13. Número de televisores en la vivienda.

X<sub>15</sub>: NUTVVIV

14. Hogares en la vivienda.

X<sub>16</sub>: HOVIV1

X<sub>17</sub>: HOVIV2

	X <sub>16</sub>	X <sub>17</sub>
Un hogar	1	0
Dos hogares	0	1
Tres o más hogares	0	0

15. La vivienda es independiente.

X<sub>18</sub>: VIVIND

	X <sub>18</sub>
Si	1
No	0

16. La vivienda es:

X<sub>19</sub>: VIVES1

	X <sub>19</sub>
Propia	1
Alquilada	0

17. Área de la vivienda.

X<sub>20</sub>: AREAVIV

18. Posee su vivienda bomba eléctrica de agua.

X<sub>21</sub>: BOMELAG

	X <sub>21</sub>
Si	1
No	0

19. La iluminación de la vivienda es mediante:

X<sub>22</sub>: ILUVIV1

X<sub>23</sub>: ILUVIV2

	X <sub>22</sub>	X <sub>23</sub>
Tubos fluorescentes	1	0
Focos corrientes	0	1
Uso de leds	0	0

20. Posee refrigeradora.

X<sub>24</sub>: POREFRIG

	X <sub>24</sub>
Si	1
No	0

21. Posee artefacto de calefacción en la vivienda.

X<sub>25</sub>: PARCALVIV

	X <sub>25</sub>
Si	1
No	0

22. Número de plantas en la vivienda.

X<sub>26</sub>: NUPLAVIV

23. Número de piezas en la vivienda.

X<sub>27</sub>: NUPIEVIV

24. Número de celulares conectados a la vivienda.

X<sub>28</sub>: NUCECOVIV

25. Posee terma eléctrica.

X<sub>29</sub>: POTERELEC

	X <sub>29</sub>
Si	1
No	0

26. Grado de instrucción del jefe de familia.

X<sub>30</sub>: GINSJEFA1

X<sub>31</sub>: GINSJEFA2

	X <sub>30</sub>	X <sub>31</sub>
Primaria	1	0
Secundaria	0	1
Superior	0	0

27. En su centro de trabajo es:

X<sub>32</sub>: CENTRA1

X<sub>33</sub>: CENTRA2

	$X_{32}$	$X_{33}$
Empleador	1	0
Empleado	0	1
Independiente	0	0

28. Ingreso promedio mensual

 $X_{34}$ : INGRESO

**Anexo 3.** Matriz de correlaciones

Tabla 14.

*Matriz de correlaciones*

		CONSUMO	APELVIV	HOVIV1	HOVIV2	VIVES1
CONSUMO	Correlación de Pearson	1	0,371**	-0,190**	0,052	0,207**
	Sig. (bilateral)		0,000	0,005	0,443	0,002
	N	218	218	218	218	218
APELVIV	Correlación de Pearson	0,371**	1	-0,126	0,107	0,181**
	Sig. (bilateral)	0,000		0,063	,116	0,007
	N	218	218	218	218	218
HOVIV1	Correlación de Pearson	-0,190**	-0,126	1	-0,805**	0,129
	Sig. (bilateral)	0,005	0,063		0,000	0,058
	N	218	218	218	218	218
HOVIV2	Correlación de Pearson	0,052	0,107	-0,805**	1	-0,142*
	Sig. (bilateral)	0,443	0,116	0,000		0,037
	N	218	218	218	218	218
VIVES1	Correlación de Pearson	0,207**	0,181**	0,129	-0,142*	1
	Sig. (bilateral)	0,002	0,007	0,058	0,037	
	N	218	218	218	218	218

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

\* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).