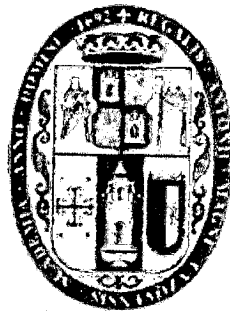


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL  
CUSCO**

**Facultad de Ingeniería: Eléctrica, Electrónica, Mecánica y  
Minas**

**Carrera Profesional de Ingeniería Eléctrica**



**“ANÁLISIS DE MERCADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA CIUDAD DEL  
CUSCO EN UN HORIZONTE DE 20 AÑOS”**

TESIS PRESENTADO POR:

**Br. José Luis Silva Lovón**

**Br. Giancarlo Cruz Alfaro**

Para Optar al Título Profesional de Ingeniero Electricista

Asesor:

**Ing. Donato Mamani Pari**

**CUSCO - PERU**

**2014**

## **Agradecimiento**

A Dios creador omnipotente, por darnos la existencia y permitirnos llegar hasta donde hoy estamos.

A nuestros padres, hermanos y familiares, impulsores principales en este camino de realización.

A los docentes universitarios por ser guías y protagonistas en nuestra formación académica.

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, principalmente a la Carrera profesional de Ingeniería Eléctrica, por el soporte Institucional dado para la realización de este trabajo.

Y por último a las personas que colaboraron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

Gracias.

Los autores

## **Dedicatoria**

Esta tesis representa la culminación de una etapa importante de nuestras vidas y el alcance de nuestro esfuerzo y dedicación, por esto y más, la dedicamos primeramente a Dios, hacedor de todo, a nuestros padres y personas que depositaron su confianza en nosotros, otorgándonos su apoyo incondicional, sin lo cual no hubiese sido posible la culminación de este trabajo.

**Giancarlo Cruz Alfaro**

**José Luis Silva Lovón**

## **Presentación**

La tesis a continuación presentamos, denominada “ANÁLISIS DE MERCADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA CIUDAD DEL CUSCO EN UN HORIZONTE DE 20 AÑOS”, elaborada por los bachilleres en ingeniería eléctrica: Giancarlo Cruz Alfaro y José Luis Silva Lovón, como parte del proceso para optar el Título Profesional en Ingeniería Eléctrica, constituye el estudio del mercado eléctrico actual y proyectado, a corto, mediano y largo plazo, de nuestra ciudad del Cusco, busca ser una herramienta, utilitaria y aplicativa. Desarrollada en base a información estadística real aplicada a modelos matemáticos comprobados, con un alto grado de sensibilidad y vigentes dentro del sector eléctrico del país.

La importancia de una proyección realizada mediante aspectos socio económicos actuales, acorde al crecimiento importante que vive actualmente el país, junto con la identificación de los sectores que conforman el mercado eléctrico de nuestra ciudad, nos permite una visión y un entendimiento más sensible del tipo y morfología del crecimiento de la demanda de energía eléctrica, la cual nos permitirá la planificación de una acertada respuesta en infraestructura, que mantenga un balance entre oferta y demanda de la mano de un sistema eléctrico sólido, con un crecimiento sostenible.

Habiendo presentado los aspectos más importantes esperamos que el presente el estudio, en manos de ingenieros y demás profesionales vinculados al sector eléctrico, sea un aporte al desarrollo de nuestra ciudad.

## Resumen

La ciudad del Cusco, capital histórica del Perú, posee un mercado eléctrico con características únicas y en constante desarrollo que precisa de un análisis profundo y correctamente elaborado.

El estudio a continuación desarrolla el análisis del mercado eléctrico actual y futuro de la ciudad, con el fin de identificar sus principales características de comportamiento y evolución en el periodo de tiempo establecido (Horizonte de estudio: 20 años)

Primeramente se expone las teorías que sustentan los procesos de información utilizados para la construcción de una proyección que ayude con el análisis de mercado.

Seguidamente se muestra el proceso metodológico de proyección a utilizar en el estudio, de forma detallada y secuencial. Explicando uno a uno los pasos a desarrollar en cada uno de los modelos matemáticos elegidos.

Además se explica el proceso de sectorización de cargas por uso de suelos, aspecto importante para el estudio de mercado del sistema eléctrico de la ciudad.

Se desarrolla los modelos matemáticos para la proyección de la demanda en un horizonte de 20 años, modelo econométrico y modelo de series tendenciales, planteando los escenarios, pesimista, base y optimista, y se evalúa la demanda de energía proyectada sectorizada según el uso de suelos.

Finalmente con los resultados obtenidos y analizados se procede con la identificación de los aspectos más relevantes como el balance entre oferta y demanda de potencia eléctrica, los principales sectores de crecimiento, la construcción de un panorama futuro a corto, mediano y largo plazo, y demás conclusiones pertinentes.

## **INDICE GENERAL**

### **CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES**

<b>1.1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>Área y Ubicación Geográfica del Estudio</b>	<b>1</b>
<b>1.3</b>	<b>El problema</b>	<b>5</b>
<b>1.3.1</b>	<b>Planteamiento del Problema</b>	<b>5</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Formulación del Problema</b>	<b>5</b>
<b>1.4</b>	<b>Objetivos</b>	<b>5</b>
<b>1.4.1</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>5</b>
<b>1.4.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>5</b>
<b>1.5</b>	<b>Alcances</b>	<b>6</b>
<b>1.6</b>	<b>Limitaciones</b>	<b>6</b>
<b>1.7</b>	<b>Justificación</b>	<b>6</b>
<b>1.8</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>7</b>
<b>1.9</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>7</b>
<b>1.9.1</b>	<b>Variables Dependientes</b>	<b>7</b>
<b>1.9.2</b>	<b>Variables Independientes</b>	<b>7</b>
<b>1.9.3</b>	<b>Variable Interviniente</b>	<b>7</b>
<b>1.10</b>	<b>Indicadores</b>	<b>8</b>
<b>1.11</b>	<b>Metodología</b>	<b>8</b>
<b>1.11.1</b>	<b>Metodología de la investigación</b>	<b>8</b>
<b>1.11.2</b>	<b>Metodología de la Proyección</b>	<b>9</b>
<b>1.11.3</b>	<b>Tipo de investigación</b>	<b>9</b>
<b>1.11.4</b>	<b>Población y muestra</b>	<b>9</b>
<b>1.11.5</b>	<b>Técnica de recolección de datos</b>	<b>10</b>
<b>1.11.6</b>	<b>Procesamiento de datos</b>	<b>10</b>
<b>1.11.7</b>	<b>Matriz de Consistencia</b>	<b>11</b>

## **CAPITULO II FUNDAMENTO TEÓRICO**

<b>2.1</b>	<b>Introducción</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Conceptos básicos</b>	<b>13</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Análisis de Mercado</b>	<b>13</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Proyección de la demanda eléctrica</b>	<b>14</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Sistema Eléctrico de Distribución</b>	<b>14</b>
<b>2.3</b>	<b>Definiciones</b>	<b>15</b>
<b>2.4</b>	<b>Componentes del Sistema de Distribución</b>	<b>18</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Redes de Distribución</b>	<b>18</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Transformadores de Distribución</b>	<b>19</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Pérdidas en el Sistema de Distribución</b>	<b>19</b>
<b>2.5</b>	<b>Estudio de mercado Eléctrico</b>	<b>20</b>
<b>2.5.1</b>	<b>Balance de oferta y demanda</b>	<b>20</b>
<b>2.6</b>	<b>Métodos de proyección de demanda eléctrica</b>	<b>20</b>
<b>2.6.1</b>	<b>Método econométrico</b>	<b>20</b>
<b>2.6.2</b>	<b>Método de series de tiempo (tendencial)</b>	<b>27</b>
<b>2.6.3</b>	<b>Planteamiento de Escenarios de Demanda.</b>	<b>29</b>
<b>2.7</b>	<b>Herramientas utilizadas para el procesamiento de datos</b>	<b>30</b>
<b>2.7.1</b>	<b>Herramientas informáticas</b>	<b>30</b>

### **CAPITULO III: METODOLOGIA DE PROYECCION DEL MERCADO ELECTRICO**

<b>3.1</b>	<b>Introducción.</b>	<b>34</b>
<b>3.2</b>	<b>Flujograma de la metodología.</b>	<b>34</b>
<b>3.3</b>	<b>Metodología para el desarrollo del Método de Proyección</b>	<b>35</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Modelo Econométrico</b>	<b>35</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Método de series de tiempo o Tendencial</b>	<b>37</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Escenarios de proyección</b>	<b>38</b>
<b>3.4</b>	<b>Análisis del mercado eléctrico de la Ciudad del Cusco</b>	<b>39</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Identificación de componentes del mercado eléctrico de la ciudad del Cusco</b>	<b>39</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Georreferenciación</b>	<b>41</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Identificación de Sub estaciones de Distribución</b>	<b>41</b>
<b>3.4.4</b>	<b>Proyección de consumo eléctrico según uso de suelos</b>	<b>41</b>
<b>3.5</b>	<b>Conversión de proyección de energía a proyección de potencia</b>	<b>42</b>
<b>3.6</b>	<b>Balance de Potencia</b>	<b>42</b>



## **CAPITULO IV: PROYECCIÓN DE LA DEMANDA**

<b>4.1</b>	<b>Introducción</b>	<b>43</b>
<b>4.2</b>	<b>Modelo Econométrico</b>	<b>43</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Data Histórica</b>	<b>43</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Análisis de variables del modelo</b>	<b>46</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Construcción del modelo</b>	<b>53</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Procesamiento de Ecuaciones</b>	<b>54</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Validación y Evaluación de Ecuaciones</b>	<b>63</b>
<b>4.2.6</b>	<b>Análisis de resultados y construcción del cuadro resumen</b>	<b>72</b>
<b>4.3</b>	<b>Método de series de tiempo o Tendencial</b>	<b>75</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Data, consumo histórico de Energía Eléctrica kW.h</b>	<b>75</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Análisis y Selección de curvas</b>	<b>76</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Escenario de proyección</b>	<b>79</b>
<b>4.4</b>	<b>Análisis del mercado eléctrico de la Ciudad del Cusco</b>	<b>82</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Identificación de componentes del mercado eléctrico de la ciudad del Cusco</b>	<b>82</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Georreferenciación</b>	<b>83</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Proyección de consumo eléctrico según Uso de Suelos</b>	<b>84</b>

## **CAPITULO V RESULTADOS DE BALANCE DE LA OFERTA Y DEMANDA**

<b>5.1</b>	<b>Análisis del Sistema Actual y proyectado</b>	<b>88</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Porcentaje Consumo del Sistema Actual y Futuro (2013 -2033) según uso de suelos</b>	<b>88</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Potencia actual y proyectada según uso de suelos por alimentador</b>	<b>88</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Consumo de energía por Nivel de Tensión</b>	<b>90</b>
<b>5.1.4</b>	<b>Balance de oferta y demanda por uso de suelo</b>	<b>91</b>
<b>5.1.5</b>	<b>Balance de oferta y demanda por alimentador</b>	<b>92</b>
<b>5.1.6</b>	<b>Balance de oferta y demanda por subestación de transformación y sistema eléctrico cusco</b>	<b>94</b>
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>95</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>97</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>98</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>99</b>
	<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b>	<b>126</b>

## INDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

Figura 1 – Mapa Político del Perú	2
Figura 2 – Plano geográfico del departamento del Cusco	3
Figura 3 – Ciudad del Cusco	4
Figura 4 – Consumo de Energía	44
Figura 5 – Clientes ELSE	44
Figura 6 – Precio Medio de Energía	45
Figura 7 – PBI	45
Figura 8 – Población Cusco	46
Figura 9 – Test JB Consumo de Energía	47
Figura 10 – Test JB Clientes	47
Figura 11– Test JB Precio Medio de Energía	47
Figura 12 – Test JB PBI	47
Figura 13 – Test JB Población	47
Figura 14 – Test Qq Consumo de Energía	49
Figura 15 – Test Qq Clientes ELSE	49
Figura 16 – Test Qq Precio Medio Energía	50
Figura 17 – Test Qq PBI	50
Figura 18 – Test Qq Población	51
Figura 19 – Diagramas de Caja	52
Figura 20 – Ecuación Lineal	76

Figura 21 – Ecuación Exponencial	76
Figura 22 – Ecuación Polinómica	77
Figura 23 – Ecuación Logarítmica	77
Figura 24 – Ecuación Potencial	78
Figura 25 – Proyección de potencia eléctrica en los tres escenarios	80
Figura 26 – Plan de desarrollo Urbano	83
Figura 27 – Sistema de Distribución ciudad del Cusco	83
Figura 28 – Proyección kW. Centro Histórico	84
Figura 29 – Proyección kW. Centro Médico	84
Figura 30 – Proyección kW. Comercial	85
Figura 31 – Proyección kW. Educación	85
Figura 32 – Proyección kW. Industrial	86
Figura 33 – Proyección kW. Urbano 1	86
Figura 34 – Proyección kW. Urbano 2	87
Figura 35 – Proyección kW. Urbano 3	87

## TABLAS

Tabla 1 – Pérdidas de energía	19
Tabla 2 – Flujograma del modelo econométrico	26
Tabla 3 – Flujograma del método tendencial	28
Tabla 4 – Flujograma de la metodología	34
Tabla 5 – Data Histórica	43
Tabla 6 – Procesamiento de ecuaciones	54
Tabla 7 – Indicadores modelo econométrico	56
Tabla 8 – Prueba de Wald	63
Tabla 9 – Prueba Variables omitidas	65
Tabla 10 – Variables redundantes	62
Tabla 11 – Multicolinealidad	63
Tabla 12 – Auto correlación	69
Tabla 13 – Heterosedasticidad	71
Tabla 14 – Modelo econométrico	72
Tabla 15 – Resumen modelo econométrico	73
Tabla 16 – Resumen modelo econométrico Tasa de aceleración	74
Tabla 17 – Data de consumo Energético	75
Tabla 18 – Resumen método tendencial	78
Tabla 19 – Tasas de crecimiento según escenario	79
Tabla 20 – Proyección de Potencia en los tres escenarios	80
Tabla 21 – Consumo histórico por uso de suelos	82

Tabla 22 – Proyección kW. Centro Histórico	84
Tabla 23 – Proyección kW. Centro Médico	84
Tabla 24 – Proyección kW. Comercial	85
Tabla 25 – Proyección kW. Educación	85
Tabla 26 – Proyección kW. Industrial	86
Tabla 27 – Proyección kW. Urbano 1	86
Tabla 28 – Proyección kW. Urbano 2	87
Tabla 29 – Proyección kW. Urbano 3	88
Tabla 30 – Porcentaje de consumo actual y futuro	88
Tabla 31 – Potencia proyectada por alimentador 2013	88
Tabla 32 – Potencia proyectada por alimentador 2018	89
Tabla 33 – Potencia proyectada por alimentador 2023	89
Tabla 34 – Potencia proyectada por alimentador 2028	88
Tabla 35 – Potencia proyectada por alimentador 2033	90
Tabla 36 – Consumo de energía según nivel de tensión en porcentaje	90
Tabla 37 – Balance de oferta y demanda por uso de suelos	91
Tabla 38 – Balance de oferta y demanda por Alimentador Dolorespata	92
Tabla 39 – Balance de oferta y demanda por Alimentador Quencoro	93
Tabla 40 – Porcentaje de Participación por tipo de cargas	96
Tabla 41 – Cargas Especiales Cusco MW	81
Tabla 42 – Balance de carga por Subestación de transformación y sistema eléctrico ciudad del Cusco	94

Análisis de Mercado del Sistema Eléctrico de la Ciudad del Cusco en un horizonte de 20 años

## CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

### 1.1. Introducción

La ciudad del Cusco, capital histórica del Perú, cuenta con un sistema eléctrico de distribución de energía a cargo de la empresa Electro Sur Este S.A.A. (en adelante ELSE), empresa cuya principal actividad es la distribución y comercialización de energía eléctrica en las zona de concesión otorgada por el Estado peruano (Área de demanda 10), dentro de la cual se encuentra nuestra ciudad con 105,893 clientes atendidos por dicha empresa.

Se desarrolla a continuación el análisis de mercado eléctrico actual, y futuro (horizonte de estudio: 20 años) de la ciudad, con el fin de identificar sus principales características de comportamiento y evolución en el periodo de tiempo establecido en estudio.

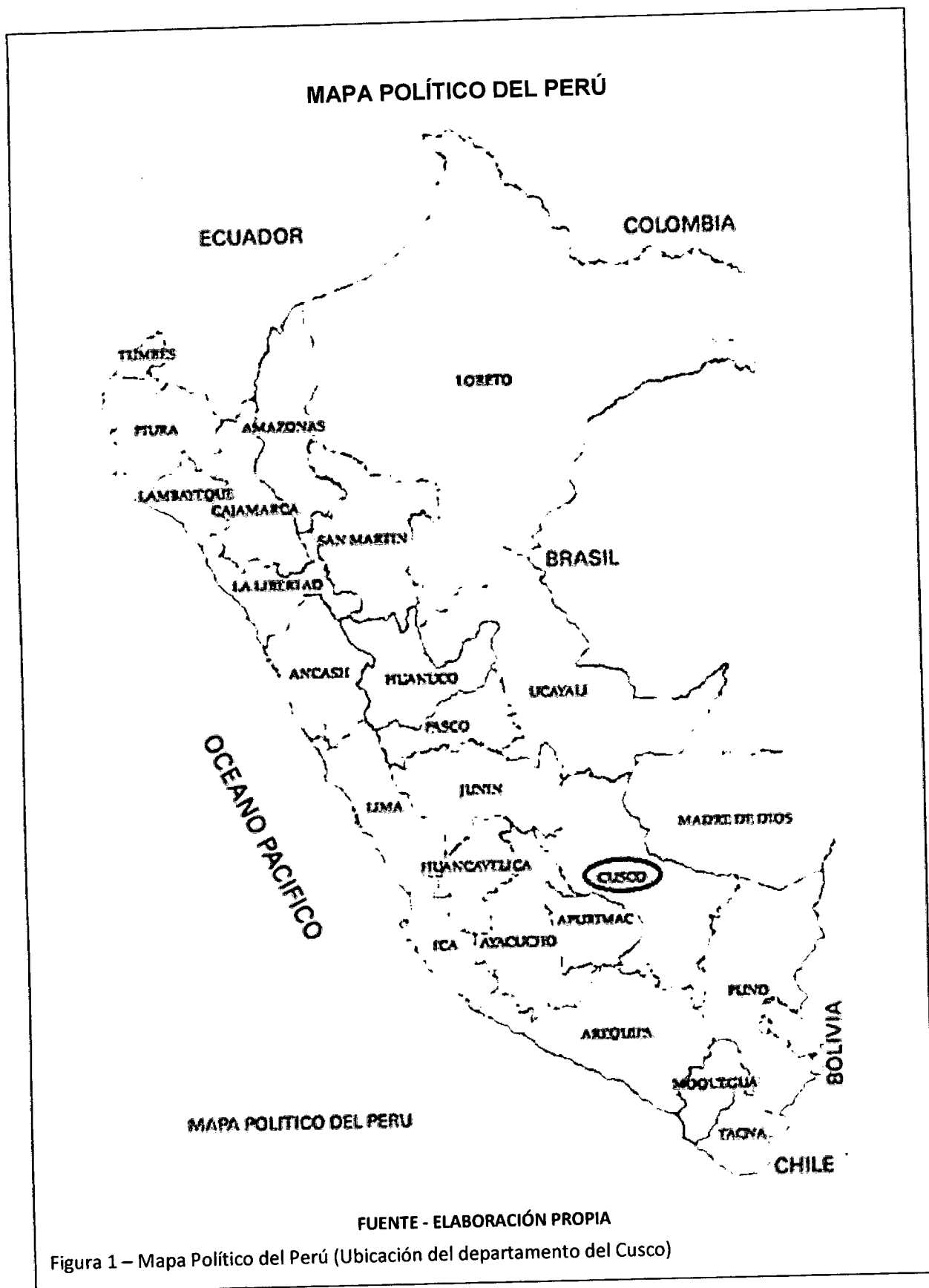
### 1.2. Área y Ubicación Geográfica del Estudio

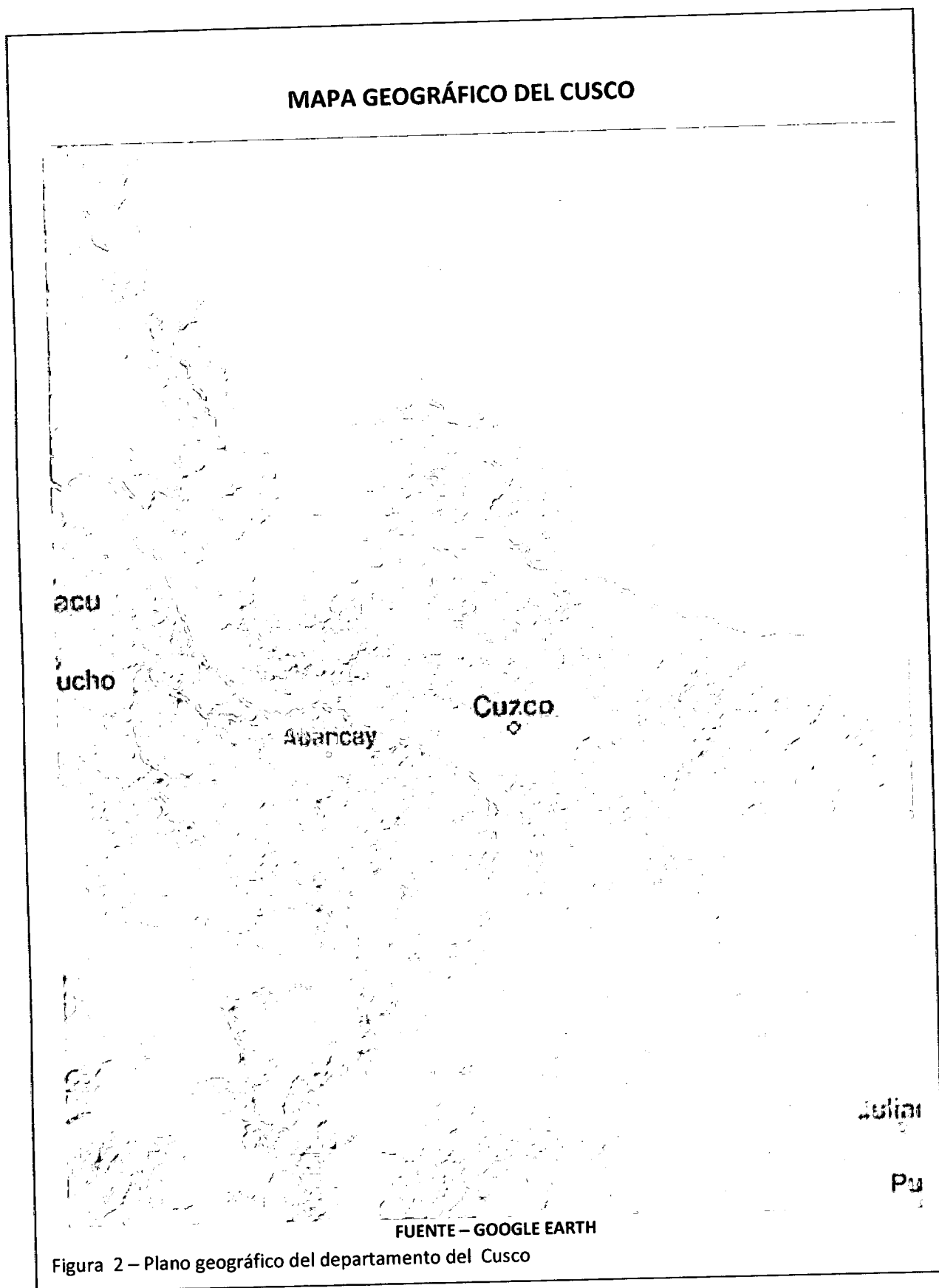
La ciudad del Cusco, capital histórica del Perú, Patrimonio Cultural de la Humanidad es la capital del Departamento del mismo nombre, el cual tiene una extensión de 71,986.50 Km<sup>2</sup>, que representa el 5.9% del territorio peruano (1'285,215 Km<sup>2</sup>), y está ubicado en la zona sureste del Perú en la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes limitando con los departamentos de la siguiente manera: por el norte con las selvas de los departamentos de Junín y Ucayali, por el sur con Arequipa y Puno, por el este con el gran llano amazónico de Madre de Dios y por el oeste con la sierra de Apurímac y la selva de Ayacucho, ,

La ciudad del Cusco ubicada en la cuenca del río Huatanay a 3,399 m.s.n.m. cuenta con una población de 427,580 habitantes (\*), con una densidad poblacional de 693 hab. / Km<sup>2</sup>, y un aproximado de 100 mil viviendas (\*).

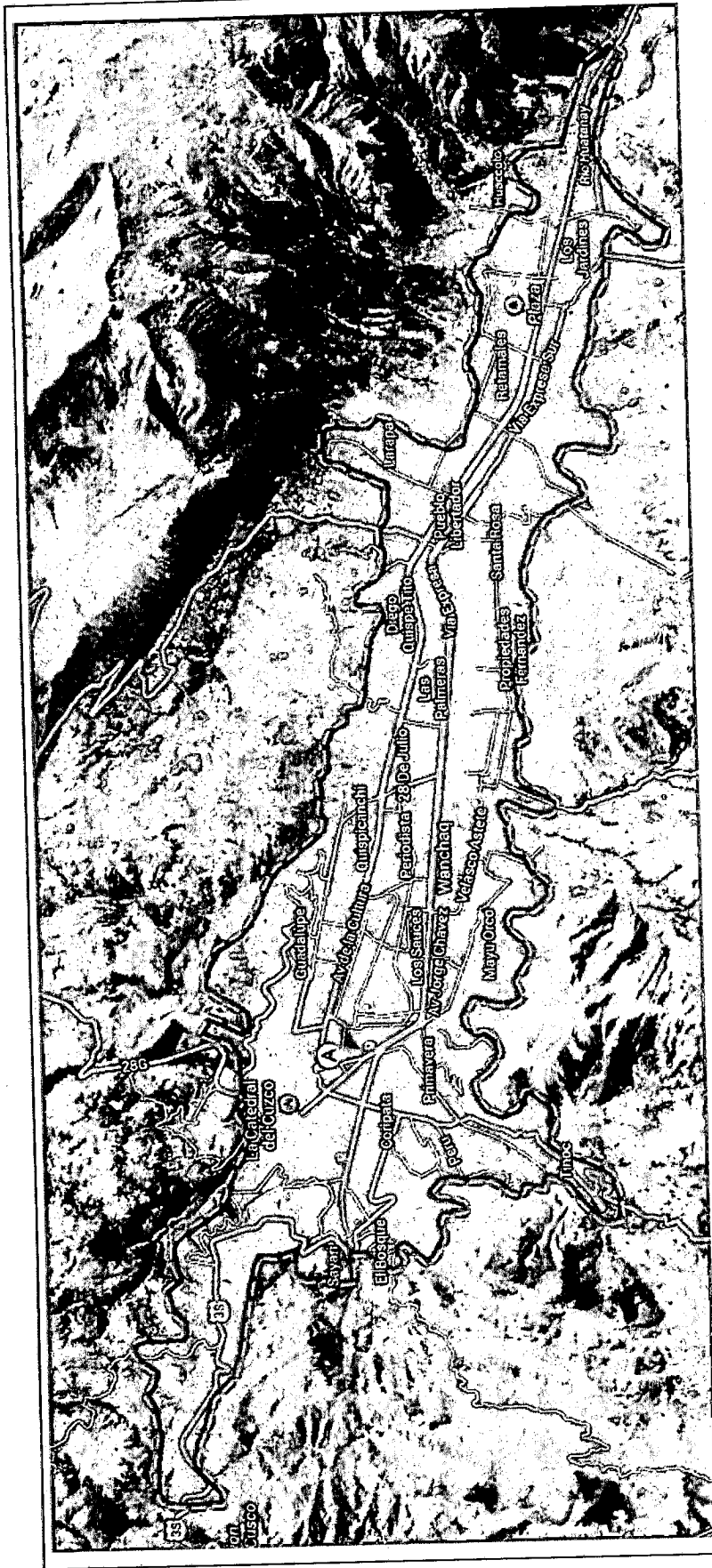
(\*) Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI, Estimaciones y Proyecciones de Población 2000 al 2015 Departamento, Provincia y Distrito







Plano Ciudad del Cusco (Área de Influencia)



FUENTE - GOOGLE EARTH

Figura 3 - Plano Ciudad del Cusco (Área de influencia)

### **1.3. El problema**

#### **1.3.1. Planteamiento del Problema**

La constante transformación del mercado eléctrico de la ciudad del Cusco, involucra la adaptación del sistema eléctrico (por parte de la empresa concesionaria) en respuesta a los cambios ocurridos en el sistema. Adaptación que precisa de un planeamiento y este a su vez de una herramienta que identifique e involucre indicadores, agentes y características tanto económicas como sociales que expliquen el curso de dicha transformación del mercado eléctrico.

#### **1.3.2. Formulación del Problema**

¿Cómo es el curso de transformación del mercado eléctrico de la ciudad del Cusco para un horizonte de 20 años, y cuáles son los agentes involucrados en este análisis?

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo General**

Obtener modelos matemáticos con los cuales podamos evaluar el mercado eléctrico de la ciudad del Cusco en un horizonte de 20 años, proyectando y cuantificando la demanda de energía.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar el mercado eléctrico actual de la ciudad del Cusco.
- Desarrollar modelos matemáticos que proyecten la magnitud del consumo de energía de la ciudad del Cusco

- Identificar y sectorizar las cargas eléctricas de la ciudad correspondiente al uso de suelos, según el Plan de desarrollo Urbano de la Ciudad del Cusco (Municipalidad Provincial del Cusco).
- Realizar un balance entre oferta y demanda en el sistema eléctrico de la ciudad, en la actualidad, a corto, mediano y largo plazo.

### **1.5. Alcances**

La cobertura de la Tesis tiene como ámbito a la ciudad del Cusco en un periodo de estudio comprendido entre los años 2013-2033, enfocado principalmente al sistema eléctrico de distribución, el cual se encuentra a cargo de la empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A.

En el presente estudio se realiza una proyección a partir de la combinación de modelos econométricos y tendenciales (con data base referente a la ciudad de Cusco), y una sectorización de cargas eléctricas que se realiza a partir del estudio de Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad, realizado por la Municipalidad Provincial del Cusco.

### **1.6. Limitaciones**

- No incluye estudios de estabilidad y protección, ni flujo de potencia.
- No se analiza particularmente a los clientes (cargas puntuales).
- Se limita al sistema eléctrico dentro de la ciudad del Cusco.

### **1.7. Justificación**

Desde el punto de vista social, el análisis del mercado eléctrico de la ciudad, permite identificar a la empresa los requerimientos inmediatos y futuros del sistema eléctrico, lo cual se traduce en un mejor servicio al usuario, dentro de niveles de calidad de acuerdo a la norma vigente NTCSE.

Desde el punto de vista empresarial, un correcto entendimiento del comportamiento futuro del Mercado Eléctrico se traduce en un mejor uso de los recursos siendo positivo para el crecimiento de la empresa concesionaria.

## **1.8. Hipótesis**

Identificar los aspectos más relevantes del mercado eléctrico de la ciudad del Cusco en un horizonte de 20 años como son, la demanda de energía, la sectorización de carga y el balance de potencia entre oferta y demanda.

## **1.9. Variables**

### **1.9.1. Variables Dependientes**

- Consumo de energía

### **1.9.2. Variables Independientes**

- Producto Bruto Interno
- Población
- Número de clientes
- Precio medio de energía

### **1.9.3. Variable Interviniente**

- Demografía de la Zona

## **1.10. Indicadores**

- Consumo de energía eléctrica (Data Histórica – Fuente: ELSE)
- Configuración del Sistema (GIS – Fuente: ELSE)
- Pliegos tarifarios (Fuente: OSINERGMIN)
- Registro de clientes (Data histórica – Fuente: ELSE)
- PBI (Data Histórica – Fuente: INEI series nacionales)
- Población de la ciudad del Cusco (Data Histórica fuente INEI - Series Nacionales)

## **1.11. Metodología**

### **1.11.1. Metodología de la investigación**

El estudio está construido de acuerdo a un orden metodológico, cumpliendo con las exigencias indispensables en cuanto a novedad, actualidad, y originalidad en su tratamiento: “Análisis de mercado del Sector Eléctrico de la ciudad del Cusco en un horizonte de 20 años”. El desarrollo de dicho estudio cuenta con características importantes como:

- Unidad: concordancia entre las ideas principales y secundarias, como en la presentación del problema, demostración y conclusión
- Demostración: mediante razonamiento lógico los resultados del análisis realizado lo cual conduce a conclusiones sustentadas.
- Profundidad: se identifica la esencia del problema y se ahonda en este.
- Propósito: Fundamenta científicamente y expone las posibilidades para aplicación práctica, contribuyendo en procesos de cambio y mejora en el sector eléctrico de nuestra ciudad.

### **1.11.2. Metodología de la Proyección**

La dificultad que existe para pronosticar el comportamiento futuro de la demanda hace necesario utilizar los métodos de proyección como técnicas complementarias, estimativas y certeras.

La clasificación de estas técnicas de proyección se hace en función de su carácter y son:

- Métodos Econométricos
- Métodos causales
- Métodos de series de tiempo.
- Métodos de carácter subjetivo

### **1.11.3. Tipo de investigación**

Analítica y aplicada.

“Análisis de Mercado del sector eléctrico de la Ciudad del Cusco en un horizonte de 20 años” es un estudio tangible y aplicable a la práctica, ya que se construye sobre teorías y modelos matemáticamente probados, los cuales cuentan una alta sensibilidad y son de uso vigente en el sector eléctrico nacional actual.

### **1.11.4. Población y muestra**

Esta constituido como ámbito de estudio la ciudad del Cusco, específicamente el sistema de distribución Eléctrico de la ciudad. La data de población, clientes, histórico de consumos y demás indicadores (económicos y sociales) los cuales son propios y referidos solo a la ciudad o al departamento del Cusco, publicados de manera oficial por la oficina y/o organización pertinente.



#### **1.11.5. Técnica de recolección de datos**

La técnica de recolección de datos involucra:

- Análisis del historial de ventas de Energía en MT y BT (fuente: ELSE)
- Recopilación de información demográfica, series de población (ciudad del Cusco), PBI (Fuente: INEI - Series Nacionales), etc...
- Pliegos tarifarios de energía (Fuente: ELSE)
- Data Base de Clientes de ELSE (Fuente: ELSE)
- Data Base GIS ELSE (Fuente: ELSE)
- Investigación sobre nuevas cargas eléctricas especiales.
- Registro de demanda en alimentadores, SEDs y SETs (Fuente: ELSE)

#### **1.11.6. Procesamiento de datos**

El procesamiento para la investigación se realiza a partir de:

- Recolección y Clasificación de Información
- Tabulación y validación de variables
- Aplicación de modelos matemáticos de proyección
- Elaboración de cuadros representativos
- Procesamiento de datos secundarios
- Obtención y Análisis de resultados

1.1.1.7 Matriz de Consistencia – Matriz 1

<p><b>ANÁLISIS DE MERCADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA CIUDAD DEL CUSCO EN UN HORIZONTE DE 20 AÑOS</b></p> <p><b>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:</b> Se formula la siguiente interrogante: ¿Cómo es el curso de evolución del mercado eléctrico de la ciudad del Cusco para un horizonte de 20 años, y cuáles son los agentes involucrados en este análisis?</p> <p><b>OBJETIVO GENERAL:</b> Obtener modelos matemáticos con los cuales podamos evaluar el mercado eléctrico de la ciudad del Cusco en un horizonte de 20 años, proyectando y cuantificando la demanda de energía.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b> •Evaluar el mercado eléctrico actual de la ciudad del Cusco. •Desarrollar modelos matemáticos que proyecten la magnitud del consumo de energía de la ciudad del Cusco •Identificar y sectorizar las cargas eléctricas de la ciudad por el uso de suelos según el Plan de</p>	<p><b>HIPOTESIS</b> Identificar los aspectos más relevantes del mercado eléctrico de la ciudad del Cusco en un horizonte de 20 años como la demanda de energía, la sectorización de carga y el balance entre oferta y demanda.</p> <p><b>VARIABLES INDEPENDIENTES:</b> Producto Bruto Interno Población Número de clientes Precio medio de energía</p> <p><b>VARIABLES DEPENDIENTES:</b> Consumo de energía Indicadores Consumo de energía eléctrica (histórico fuente ELSE) Configuración del Sistema Pliegos tarifarios Registro de clientes (histórico fuente ELSE) PBI (histórico fuente INEI-series nacionales) Población de la ciudad del Cusco (histórico fuente INEI-series nacionales)</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> Analítica y aplicada. "Análisis de Mercado del sector eléctrico de la Ciudad del Cusco en un horizonte de 20 años" es un estudio tangible y aplicable a la práctica, ya que se construye sobre teorías y modelos matemáticamente probados, los cuales cuentan una gran sensibilidad y son usados en el sector eléctrico nacional.- Muestra: El ámbito de estudio es la ciudad del Cusco considerando un horizonte de proyección de 20 años. -Procesamiento de datos: •Recolección y Clasificación de Información •Tabulación y validación de variables •Aplicación de modelos matemáticos de proyección •Elaboración de Gráficos Representativos •Procesamiento de datos secundarios •Obtención y Análisis de resultados</p>	<p><b>CONCLUSIONES</b> •Los modelos matemáticos desarrollados son: Modelo Econométrico que combina y combina información socioeconómica y el modelo de Series de Tiempo que usa las características de los antecedentes registrados. La combinación de estos modelos dan como resultado una proyección con alto grado de sensibilidad y por tanto aplicable en la planificación del sistema eléctrico de nuestra ciudad.  •El sistema eléctrico actual de la ciudad del Cusco es un sistema creciente, con un volumen de consumo de energía de 216,444.788 kW.h (consumo registrado al cierre del año 2013) y potencia 50.96MW con una tasa de crecimiento</p>
---	---	---	--

... continua Matriz 1 Matriz de Consistencia

	<p>desarrollo Urbano de la Ciudad del Cusco (Municipalidad Provincial del Cusco).  <b>•Realizar un balance entre</b> demanda proyectada y oferta en el sistema de la ciudad a corto, mediano y largo plazo.</p>	<p><b>JUSTIFICACION</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Desde el punto de vista social, el análisis del mercado eléctrico de la ciudad, permite identificar a la empresa los requerimientos inmediatos y futuros del sistema eléctrico, lo cual se traduce en un mejor servicio al usuario, dentro de niveles de calidad de acuerdo a la norma vigente NTCSE.</li> <li>•Desde el punto de vista empresarial, un correcto entendimiento del comportamiento futuro del Mercado Eléctrico se traduce en un mejor uso de los recursos siendo positivo para el crecimiento de la empresa concesionaria.</li> </ul>	<p><b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN:</b></p> <p>El estudio a continuación está construido de acuerdo a un orden metodológico, este cumple con las exigencias indispensables en cuanto a novedad, actualidad, y originalidad en el tratamiento del estudio: "Análisis de mercado del Sector Eléctrico de la ciudad del Cusco en un horizonte de 20 años".                  Unidad, Demostración, Profundidad Propósito</p> <p><b>METODOLOGÍA DE LA PROYECCIÓN:</b></p> <p>La dificultad que existe para pronosticar el comportamiento futuro de la demanda hace necesario utilizar los métodos de proyección como técnicas complementarias, antes que como alternativas estimativas certeras.</p> <p>La clasificación de estas técnicas de proyección se hace en función de su carácter y son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Métodos Econométricos</li> <li>• Métodos causales</li> <li>• Métodos de series de tiempo.</li> <li>• Métodos de carácter subjetivo</li> </ul>	<p>promedio de 3,09%, para los próximos 20 años.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Se identifica el nivel de participación de cargas por utilización de suelos de cada sector en el sistema eléctrico, señalando al sector de mayor participación al Centro Histórico con 25,79% con un nivel de potencia de 11,93 MW. Y al sector de menor participación al Centro Médico con 0,34% de participación y 0,73MW. de potencia, tal como se observa a continuación.</li> <li>•Se realizó el Balance entre oferta y demanda del Sistema Eléctrico Cusco; con una oferta actual 60.5MW. y una demanda de 46.70MW. Estos resultados obtenidos evidencian que en la actualidad se tiene un sistema con niveles de operación cercanos a los límites de maniobra y para el año 2033 se proyecta una operación al 90% de sobrecarga.</li> </ul>
--	---	---	--	---

## **CAPITULO II FUNDAMENTO TEÓRICO**

### **2.1. Introducción**

A continuación se expone las teorías que sustentan los procesos de información utilizados para la construcción de una proyección que ayude al análisis de mercado del sistema eléctrico de la ciudad del Cusco en un horizonte de 20 años.

### **2.2. Conceptos básicos**

A continuación se desarrollan los conceptos básicos de las principales denominaciones y términos a utilizar.

#### **2.2.1. Análisis de Mercado del Sistema Eléctrico**

El análisis de mercado consiste en una iniciativa empresarial con el fin de construir una idea sólida sobre la viabilidad, continuidad y mejora de una actividad económica, en este caso sobre la distribución eléctrica en la ciudad permitiendo:

- Definir la magnitud de consumo de energía, en espacio definido y durante un periodo de tiempo establecido, corto, mediano y largo plazo, e indicando si las características y especificaciones del servicio corresponden a las normas vigentes que el organismo regulador propone.
- Identificar el tipo de carga Mediante la zonificación de suelos, la cual servirá para orientar el desarrollo del servicio.
- Conocer las previsiones correspondientes para las ampliaciones posteriores consecuentes al crecimiento de la demanda esperada por la empresa.

- Exponer los canales de distribución acostumbrados para el tipo servicio y el estado de funcionamiento de estos.

### **2.2.2. Proyección de la Demanda Eléctrica**

Es la estimación del comportamiento futuro del consumo energía, en una zona y periodo de tiempo establecidos, basándose en los antecedentes históricos e indicadores actuales.

La demanda de energía eléctrica varía constantemente debido a múltiples variables, haciéndola difícil de predecir, como: crecimiento de la población, mayor acceso a la energía eléctrica (como política de estado impulsada por el Gobierno), aumento del PBI, variación del poder adquisitivo o tendencias que llevan a utilizar mayor iluminación pública, provocan un desvío entre las estimaciones de necesidad de la demanda real.

La proyección de la demanda requiere de modelos matemáticos, los cuales expliquen el comportamiento de las ventas de energía eléctrica y las proyecciones de ventas en el área de concesión de la empresa de distribución eléctrica analizada.

Los requerimientos de energía netos de los grandes proyectos, junto con las pérdidas (porcentaje estimado por OSINERGMIN) se adicionan al resto de las cargas proyectadas para obtener los requerimientos totales de energía.

### **2.2.3. Sistema Eléctrico de Distribución**

El sistema de distribución eléctrica, está conformado por subestaciones y líneas de distribución, las cuales sirven como medio de transporte a los consumidores finales, en un punto de suministro definido generalmente en baja tensión.

Las empresas encargadas del manejo de los Sistemas de Distribución o distribuidoras reciben la energía de las generadoras o las transmisoras y

se encargan de entregarla a la población, industria, el comercio, y gobiernos locales para el servicio público.

El sistema eléctrico de la ciudad del Cusco está conformado básicamente por las Subestaciones de Transformación Eléctrica de Dolorespata 138/10.5 kV (propiedad de EGEMSA) y Quencoro 138/10.5 kV (Propiedad de REP), 16 Líneas de Distribución Eléctrica en Media Tensión 10.5 KV, que alimentan a 944 Subestaciones de Distribución al servicio de 105,893 clientes en la Ciudad del Cusco (información actualizada a diciembre 2013)

### 2.3. Definiciones

#### **Demanda**

Demanda de un bien o servicio en un periodo preestablecido y en un mercado dado, se define como la cantidad de unidades que los compradores están dispuestos a adquirir. Esta cantidad resulta dependiente y es función de un conjunto de variables, algunas de las cuales son cuantificables y otras no.

Puede decirse que la demanda esta función de:

$$D = f(t, p, N, I)$$

Dónde:

- f = Función
- t = El periodo de tiempo considerado (años)
- p = El precio del bien o servicio (S./ kW.h)
- N = El número de consumidores potenciales (clientes)
- I = Indicadores característicos de los compradores o del mercado  
Crecimiento poblacional (habitantes), PBI (S/.), registros de ventas ELSE (kW.h), etc.

El crecimiento de la demanda eléctrica es también un indicador del desarrollo de la población ya que muestra el incremento de la producción y servicios.

### **Mercado eléctrico**

Es el espacio donde se reúnen oferentes y demandantes, y es donde se determinan los precios del servicio eléctrico (energía), mercancía susceptible de ser comprada, vendida y comercializada. A través del comportamiento de la oferta y la demanda. El Mercado eléctrico es un sistema para efectuar las compras, a través de ofertas de compra, ofertas de ventas y operaciones a corto, mediano y largo plazo.

### **Potencia eléctrica**

Capacidad o potencial de la energía eléctrica para realizar un trabajo. La cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado. La unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el Watt (W)

### **Energía Eléctrica**

Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos. capaz de producir y sustentar una cierta potencia durante un determinado tiempo. Esta se expresa en forma de unidades de potencia  $\times$  tiempo.

### **Energía Distribuida**

Magnitud de energía consumida por los usuarios del servicio incluyendo la suma del consumo más las pérdidas de distribución, las mismas que se estiman del orden del 6% al 10 % de la energía vendida.

### **Máxima Demanda**

Es la mayor magnitud de potencia eléctrica que los usuarios requieren utilizar de manera conjunta en un momento dado llegando al punto máximo de requerimiento de potencia eléctrica del sistema.

### **Factor de Potencia**

Se define como la relación entre la potencia activa y la potencia aparente. Da una medida de la capacidad de una carga de un elemento de absorber potencia activa.

### **Factor de utilización**

Es la relación entre la máxima demanda de un sistema y la capacidad nominal del sistema (o de un elemento)

### **Tasa de crecimiento**

La alteración (aumento, disminución o ausencia de cambios) de un indicador a lo largo de un período de tiempo, expresada como porcentaje. Las tasas de crecimiento contienen diversos tipos de información. En primer lugar, informan si se ha producido algún cambio. En segundo lugar, indican la dirección del cambio registrado (aumento o disminución). Y en tercer lugar, muestran la rapidez con que se ha producido el cambio.

### **Regresión**

La regresión es una técnica estadística utilizada para simular la relación existente entre dos o más variables en tiempo pasado. Por lo tanto se puede emplear para construir un modelo que permita predecir el comportamiento de una variable dada.

La regresión es muy utilizada para interpretar situaciones reales, pero comúnmente se hace de forma, por lo cual es necesario realizar una selección adecuada de las variables que van a construir las ecuaciones de la



regresión, ya que tomar variables que no tengan relación en la práctica, nos arrojará un modelo carente de sentido, es decir ilógico.

### **Proyección**

La proyección es un pronóstico de diversas variables que parten de un análisis de información base estadística del sector real. A partir del análisis de la información se logra entender el comportamiento futuro del carácter estudiado, las principales herramientas de proyección son los modelos econométricos, series tendenciales, etc.

## **2.4. Componentes del Sistema de Distribución**

### **2.4.1. Redes de Distribución**

#### **Líneas y redes de distribución primaria**

Son los circuitos que salen de la subestación de distribución y abastecen los caminos de flujo de potencia para los transformadores de distribución, recorriendo el área de carga. Los alimentadores primarios incluyen elementos como los siguientes:

Elementos de maniobra y/o protección. Como aisladores, pararrayos, seccionadores, reconectador e interruptores. Elementos de señalización como indicadores de falla. Elementos que controlan la tensión como reguladores y capacitores.

Los componentes de un alimentador primario son:

- Troncal, es el tramo de mayor capacidad del alimentador que transmite la energía eléctrica desde la subestación de potencia a los ramales.
- Ramal, es la parte del alimentador primario energizado a través de un troncal, en el cual van conectados los transformadores de distribución y servicios particulares suministrados en media tensión.

## 2.4.2. Transformadores de Distribución

Máquina de inducción en la cual la energía eléctrica es transformada en sus dos factores: tensión e intensidad. La manipulación de estas magnitudes como la elevación de tensión hace posible el transporte de energía convirtiéndose así desde su invención en 1885 en el elemento principal de la Red de Distribución de la energía eléctrica. Estos equipos toman el voltaje de Media Tensión que tienen las Redes de Distribución en las zonas pobladas para transformarlo en voltajes adecuados a nivel de los usuarios residenciales, comerciales, industriales o institucionales.

## 2.4.3. Pérdidas en el Sistema de Distribución

Es la diferencia entre la energía entregada y recibida en el proceso de distribución por diferentes agentes, expresada en porcentaje.

Según el informe N°0432-2013-GART, Fijación del Valor Agregado de Distribución (VAD) y Cargos Fijos 2013-2017 se establece los Porcentajes de pérdidas para el sector típico 2 (Cusco Sector Típico 2, urbano de media densidad), son:

**Pérdidas de Energía en porcentaje - Tabla 1**  
(Fuente: Osinergmin - Gart)

	Energía %	Potencia %
<b>Media tensión</b>	1.28	1.66
<b>Baja tensión</b>	8.05	8.85
<b>Técnicas</b>	5.20	6.00
<b>SED's MT/BT</b>	2.69	2.99
<b>Redes BT</b>	1.79	2.42
<b>Acometidas</b>	0.06	0.09
<b>Medidores</b>	0.66	0.50
<b>No técnicas</b>	2.85	2.85

## **2.5. Estudio de mercado Eléctrico**

### **2.5.1. Balance de oferta y demanda**

Equilibrio que requiere el sistema de mercado para desarrollar sus funciones. Oferta y demanda en un mercado para el servicio eléctrico precisa, que los planes de desarrollo de los usuarios con los planes de la empresa comercializadora dependan íntegramente de las propiedades objetivas del mercado y no de conjeturas de posibles comportamientos. De esta manera se busca un mercado ideal, en el sentido de que exista la intención de compra y la capacidad de atención del servicio por parte del comercializador.

## **2.6. Métodos de proyección de la Demanda eléctrica**

### **2.6.1. Método Econométrico**

#### **Definición**

Un modelo econométrico, en términos generales, viene a ser una relación funcional entre una variable dependiente (en este caso la demanda de energía eléctrica) y otra u otras variables independientes o explicativas de la primera (por ejemplo el desenvolvimiento de la economía reflejado el producto bruto interno PBI, crecimiento de la población, la tarifa eléctrica, el ingreso per-cápita, etc.), bajo el cumplimiento de condicionantes tanto estadísticos como de la teoría económica.

#### **Construcción de un Modelo Econométrico**

Formado al menos por las siguientes fases:

- ✓ Especificación
- ✓ Estimación de parámetros y márgenes de precisión
- ✓ Validación
- ✓ Utilización

## **Determinación de las variables explicativas**

Un modelo econométrico esencialmente es una técnica de enfoque de múltiples variables. Aunque nuestro interés analítico se centre en una única variable (demanda del consumo de electricidad), deben identificarse todas las demás variables que condicionan el fenómeno causal analizado.

La determinación o selección de variables de interés a incluir, entre las variables explicativas, no sólo es orientada por la propuesta teórica de fondo dado que al tratarse un modelo empírico, deberán incluirse variables específicas del tiempo / espacio en el que van a estimarse las relaciones.

El modelo econométrico de regresión no siempre será mejor si se incluyen más variables, de modo que el conjunto óptimo de variables relevantes deberá determinarse con cautela examinando aspectos como la precisión de los parámetros obtenidos para cada una de ellas, la existencia de multicolinealidad, el riesgo de regresores estocásticos y otros aspectos.

## **Criterios básicos de selección de variables**

Localización de las fuentes de información estadística disponibles para la medición de las variables. Las fuentes deben ser de calidad y contener los datos para la muestra seleccionada.

La frecuencia ideal de las muestras permite aislar de forma óptima las variables de interés analizadas, anulando la influencia de otras variables que operan en otras frecuencias. (La demanda de energía eléctrica, por ejemplo). En este sentido, la selección de la frecuencia incide también en la selección de variables relevantes.

La selección entre medidas alternativas. Tratamiento (manipulación) de los datos brutos obtenidos para las variables de análisis.

- **Consumo de Energía**

La data de consumo de energía eléctrica del sistema eléctrico de la ciudad del Cusco fue suministrada por la empresa de distribución ELSE de su base informática histórica.1995-2013 en la unidad “kW.h”

- **Producto Bruto Interno**

El PBI empleado en la proyección de la demanda ha sido verificado con los datos históricos del PBI para el departamento de Cusco, que es publicado por la División Nacional de Cuentas Nacionales del Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI), en el documento Denominado: “Producto Bruto Interno por Departamentos”

- **Población**

Los datos históricos de población de la ciudad del Cusco han sido corroborados con los datos de los Censos Nacionales de Población de los años 1993, 2005 y 2007 publicados por el INEI.

- **Clientes**

La cantidad de clientes del sistema eléctrico de la ciudad del Cusco fue suministrada por la empresa de distribución ELSE de su base informática histórica. 1995-2013

- **Precio medio de la energía Eléctrica**

El precio medio de energía del sistema eléctrico de la ciudad del Cusco fue suministrado por la empresa de distribución ELSE de su base informática histórica. 1995-2013 en S/./kW.h; y representa el Costo promedio (Energía eléctrica) del kilovatio hora en nuevos soles.

## Análisis de las Variables:

### Test Realizados:

- **Jarque Bera**, Una prueba de normalidad, es un proceso estadístico utilizado para determinar si una muestra o cualquier grupo de datos se ajustan a una distribución normal.

Analiza la relación entre el coeficiente de asimetría y la Kurtosis de los residuos de la ecuación estimada y los correspondientes de una distribución normal, de forma tal que si estas relaciones son suficientemente diferentes se rechazará la hipótesis nula de normalidad.

$$JB = (T-k)/6 [S^2 + (K-3)^2 / 4]$$

Donde:

- T : tamaño de muestra.
- K : Kurtosis.
- S : asimetría.
- k : número de regresores.

Regla de decisión :  $JB < X^2 (5\%;2)$   $JB < 5,99$

- **Quantile-Quantile**, es la aproximación gráfica de un conjunto de datos a una aproximación ideal en un plano cartesiano, se podría definir también como la comparación de dos conjuntos de datos.
- **Diagrama de Caja y bigotes**, son una presentación visual que describe varias características importantes, al mismo tiempo, tales como la dispersión y simetría.

Proporcionan una visión general de la simetría de la distribución de los datos; si la mediana no está en el centro del rectángulo, la distribución no es simétrica.

Son útiles para ver la presencia de valores atípicos. Pertenecen a las herramientas de la estadística descriptiva. Permite ver como es la dispersión de los puntos con la mediana, los percentiles 25 y 75 y los valores máximos y mínimos.

### **Pruebas estadísticas, y valores para medir la significancia del modelo y de los parámetros**

- **La prueba “t” de student**

Es utilizada para medir la significancia estadística de los parámetros del modelo, El estadístico “t” (t-statistic) que se calcula como cociente entre el estimador y su error estándar permite contrastar la hipótesis de que el coeficiente es igual a cero

- **La prueba estadística “F” de Fisher**

Puede medir la significancia global del modelo es decir que el modelo de regresión múltiple es estadísticamente significativo. En ambos caso se busca un nivel de confianza del 95%, con un p-valor entre cero y 0,05 para que el modelo y los parámetros sean estadísticamente significativos.

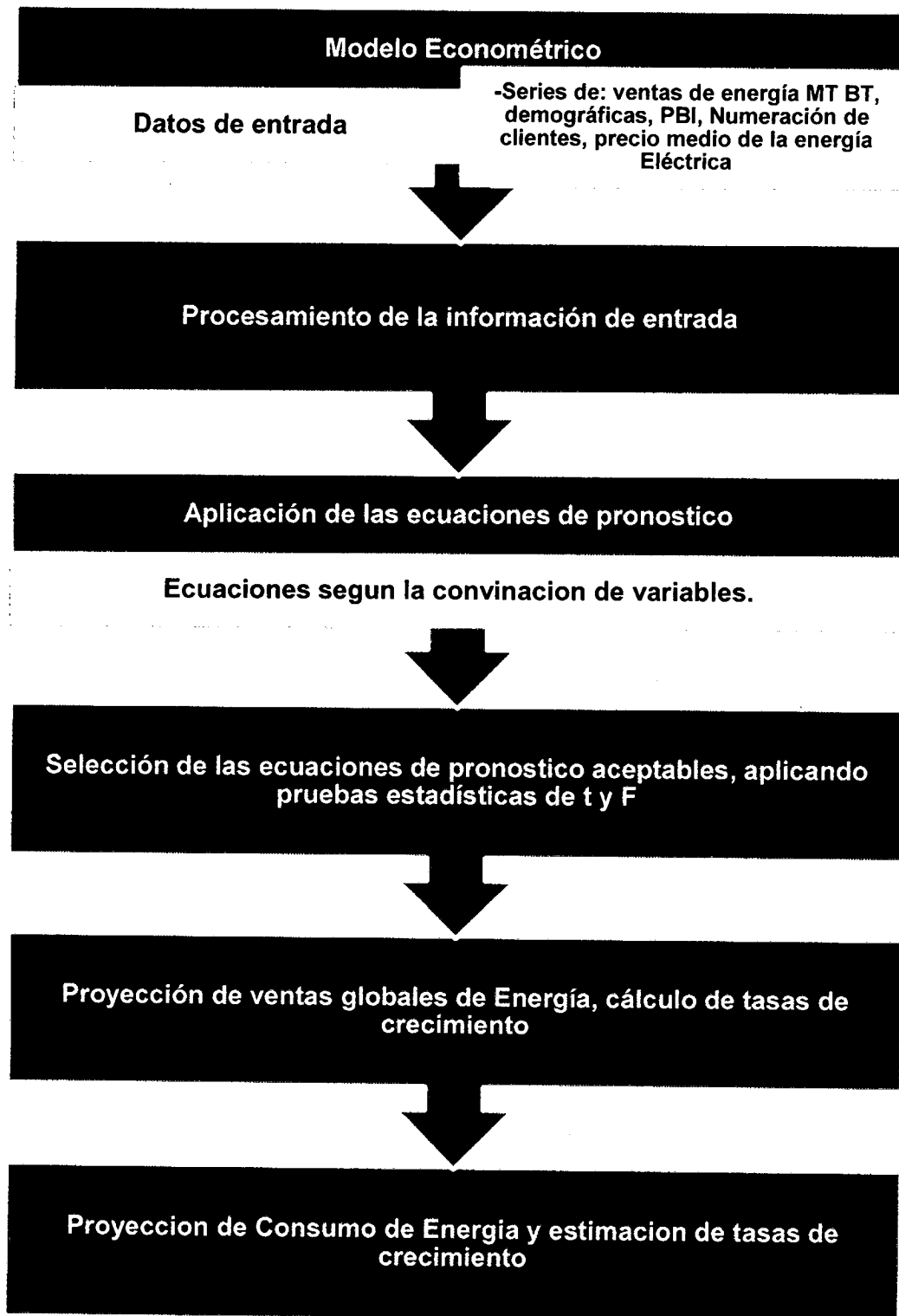
- **STD. Error:** Error estándar de los coeficientes estimar.

- **T-Statistic:** Valor del estadístico t, bajo la hipótesis individual que las variables ( $H_0: \beta_i = 0$ ). Con t-k grados de libertad, Indica que la variable contribuye a explicar la variable endógena.

- **Probabilidad:** Si los Valores son superiores al 5% ( $\alpha=5\%$ ) no se rechaza la hipótesis (significativa la variable) nula y la variable exógena sirve para explicar el modelo.
- **R squared:** Es el R cuadrado de la ecuación y representa el porcentaje de la variabilidad de la variable dependiente explicada por la variable independiente.
- **Adjusted R-squared:** Permite medir el incremento neto de R cuadrado, cuando se incluye un nuevo regresor.
- **SE. Of regression:** viene a ser la sumatoria de los errores de regresión.
- **Sum squared resid:** viene a ser la suma de los errores al cuadrado
- **Log likelihood:** Representa el valor de la función de verosimilitud en los parámetros, útil para la interpretación del ratio de verosimilitud.
- **Durbin-Watson stat:** Sirve para contrastar la hipótesis de correlación entre perturbaciones aleatorias



**Flujograma del Modelo Econométrico (Tabla 2)**



(Fuente: Elaboración Propia)

### **2.6.2. Método de series de tiempo (tendencial)**

Método que estima el comportamiento futuro del mercado siguiendo las características históricas registradas como datos numéricos que se obtuvieron en períodos regulares a través del tiempo. Estos datos pueden ser muy variados, generalmente son usados para evaluar el comportamiento de las ventas de una empresa, o para evaluar el comportamiento de mercado. Este comportamiento puede tener características de tipo estacional, o cíclico o siguen alguna tendencia ya sea a la baja, de subida o sin variación.

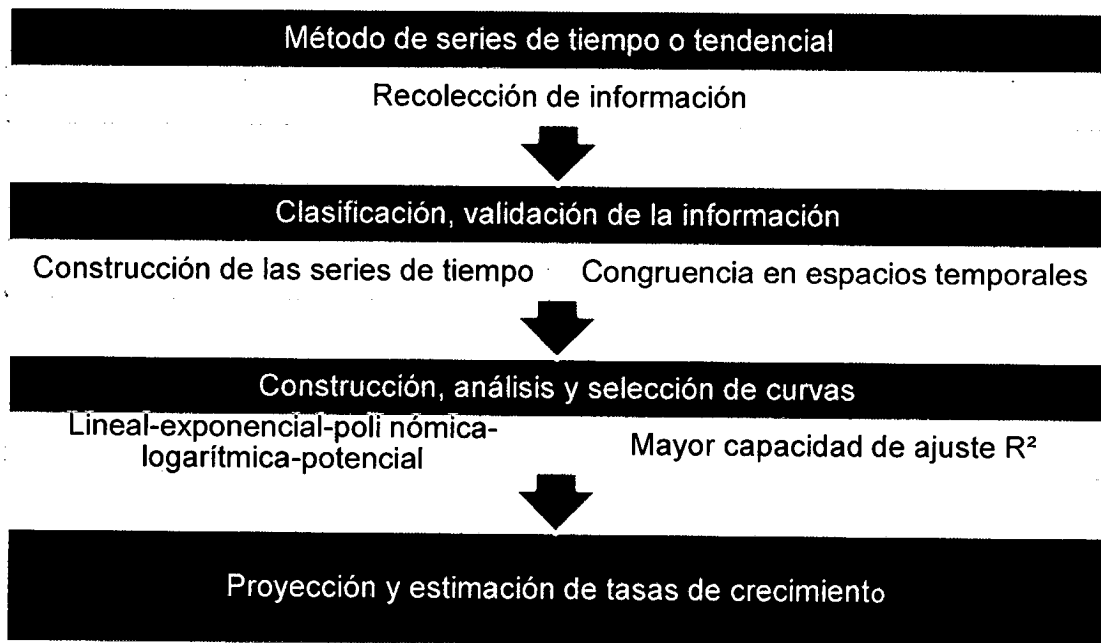
Las organizaciones en general evalúan periódicamente el comportamiento de su actividad y/o productos a fin de pronosticar que va a suceder en el futuro en base a lo que ha venido ocurriendo en el pasado, está sucediendo en el presente y tiene la tendencia a comportarse de la misma manera en el futuro.

El comportamiento de las series de tiempo, se debe a 4 componentes: la tendencia, la variación cíclica, la variación estacional y la variación irregular.

- La tendencia o tendencia secular, es aquella tendencia a largo plazo sin alteraciones de una serie de tiempo. Esta tendencia pudiera ser de tipo lineal o no lineal, así como también creciente o decreciente y también como una combinación de alguna de las anteriores. Muchos productos, servicios e indicadores económicos siguen un comportamiento de este tipo, y su análisis más generalizado es a través de varios años, teniendo en cuenta los períodos que más se ajustan a cada negocio, pudiendo ser semestrales, trimestrales, mensuales, semanales, etc.

- La segunda componente es la variación cíclica en la que a través del período de tiempo analizado se producen ascensos y descensos en varias oportunidades. Este tipo de comportamiento es muy asociado a variaciones de carácter económico.
- La tercera componente es la variación estacional, que tiene como característica de variación regular dentro de un año y que a su vez se repite cada año.
- La última componente es la componente irregular que adiciona las características anteriores pero además tiene comportamiento extraños imprevisibles que se dan generalmente en el corto plazo.

**Flujograma de método de series de tiempo o tendencial (Tabla 3)**



(Fuente: Elaboración Propia)

### **2.6.3. Planteamiento de Escenarios de Demanda.**

Se elaboraron proyecciones de demanda eléctrica para tres escenarios: pesimista, esperado y optimista (bajo, medio y alto). Estos se sustentan fundamentalmente en diferentes condiciones de evolución del mercado, condiciones adversas, de desarrollo normal e ideales. El promedio de las tasas de crecimiento con mayor grado de aceptación, obtenidos tanto del modelo econométrico como del método tendencial se combinaron para obtener las tasas de crecimiento con mayor grado de sensibilidad para cada escenario.

- **Escenario Pesimista**

Este escenario de bajo desarrollo considera un crecimiento económico adverso, por lo cual los proyectos planificados no se desarrollan en su periodo de proyección. Se considera el promedio de tasas de crecimiento más bajas resultado de los modelos econométricos y método de tendencias con mayor grado de aceptación.

- **Escenario Esperado o Base**

En este escenario se considera la proyección base del crecimiento económico del país, los proyectos de inversión son considerados a la fecha de entrada en operación reportada por ellos mismos y con una probabilidad de ocurrencia superior al 85%. El desarrollo de la ciudad conserva un grado estable y regular de crecimiento.

Se considera el promedio de tasas de crecimiento medias resultado de los modelos econométricos y método de tendencias con mayor grado de aceptación.

- **Escenario Optimista**

El escenario alto considera un desarrollo económico más acelerado del país, incorpora la totalidad de los proyectos de inversión, inclusive los que han sido postergados por la coyuntura actual. Esta serie de condiciones ideales de crecimiento de la ciudad se refleja en un desarrollo acelerado en el crecimiento del consumo energético.

Se considera el promedio de tasas de crecimiento más altas resultado de los modelos econométricos y método de tendencias con mayor grado de aceptación.

## **2.7. Herramientas utilizadas para el procesamiento de datos**

### **2.7.1. Herramientas informáticas**

Características del programa, funciones principales y espacio de trabajo

- **ARC GIS:**

Es un programa de Georreferenciación el cual nos da la capacidad de referenciar el sistema Eléctrico de Distribución Cusco.

Permite:

- ✓ Explorar información de manera continua.
- ✓ Utilizar servicios, mapas e información ya sea de bases propias o procedentes de servidores.
- ✓ Realizar análisis SIG utilizando tareas (por ejemplo: análisis de intervisibilidad, modelización de localización de áreas, búsquedas por proximidad).

- ✓ Permite la combinación con otras herramientas de programación científica para procesar nueva información de sus datos.
- ✓ Crea, administra y visualiza datos con componente temporal, para un análisis de mayor profundidad.
- ✓ Fácil identificación espacial del trabajo
- ✓ Simplifica la administración de los proyectos

- **EViews (Demo)**

EViews, versión demostración, es un paquete estadístico y econométrico para Microsoft Windows que incorpora un amplio abanico de instrumentos de gran utilidad en el análisis estadístico y econométrico recogido en un sistema de menús de rápido acceso, con la posibilidad de implementar instrucciones extras de cálculo mediante la programación directa.

EViews combina la tecnología de hoja de cálculo con tareas tradicionales encontradas en software estadístico tradicional, empleando una interfaz de usuario gráfica. Estas características se combinan con un poderoso lenguaje de programación.

EViews puede ser empleado para análisis estadístico general, pero es especialmente útil para realizar análisis econométrico, como modelos de corte transversal, datos en panel y estimación y predicción con modelos de series de tiempo.

- **Visual FoxPro**

Es una poderosa herramienta de procesamiento y manejo de bases de datos de gran amplitud, es un lenguaje de programación procedural, orientado a objetos que posee un Sistema Gestor de Bases de datos o Data base Management System (DBMS) y Sistema administrador de bases de datos relacionales, producido por Microsoft.

Visual FoxPro provee a los desarrolladores un conjunto de herramientas para crear aplicaciones de bases de datos para el escritorio, entornos cliente/servidor, PC o para la Web.

Entre sus características se pueden enumerar

- ✓ Capacidades para el manejar datos nativos y remotos.
- ✓ Flexibilidad para crear soluciones de bases de datos.
- ✓ Lenguaje de Programación Orientado a objetos.
- ✓ Utilización de Sentencias SQL en forma nativa.
- ✓ Manejo de vistas, cursores y control completo de estructuras relacionales.
- ✓ Su propio gestor de base de datos incorporado. Sin embargo, también puede conectarse con servidores de base de datos, tales como Oracle, Microsoft SQL Server o MySQL.
- ✓ Cuenta con un motor de generación de informes renovado y flexible para soluciones más robustas.

- **Microsoft Office**

- **Microsoft Word**

Microsoft Word es un procesador de texto el más común en su clase, pertenece al paquete de herramientas informáticas Microsoft Office. Su amplia funcionalidad en el proceso de documentos permite la integración de texto, tablas, imágenes y demás elementos que requiere un documento dinámico.

### **Microsoft Excel**

Microsoft Excel es un programa de hoja o planilla de cálculo, originalmente llamado Multiplan, Al igual que Microsoft Word, pertenece al paquete de herramientas informáticas Microsoft Office. Esta poderosa herramienta informática permite el manejo y proceso de gran cantidad de datos permitiendo realizar tareas contables y financieras gracias a sus funciones, desarrolladas específicamente para ayudar a crear y trabajar con hojas de cálculo.



### CAPITULO III: METODOLOGIA DE PROYECCION DEL MERCADO ELECTRICO

#### 3.1. Introducción.

El capítulo a continuación muestra el proceso metodológico de proyección a utilizar en el estudio, de forma detallada y secuencial.

Se explica uno a uno los pasos a desarrollar en cada uno de los modelos matemáticos elegidos.

También se explica el proceso de sectorización de cargas, aspecto importante para el estudio de mercado del sistema eléctrico de la ciudad.

#### 3.2. Flujograma de la metodología.

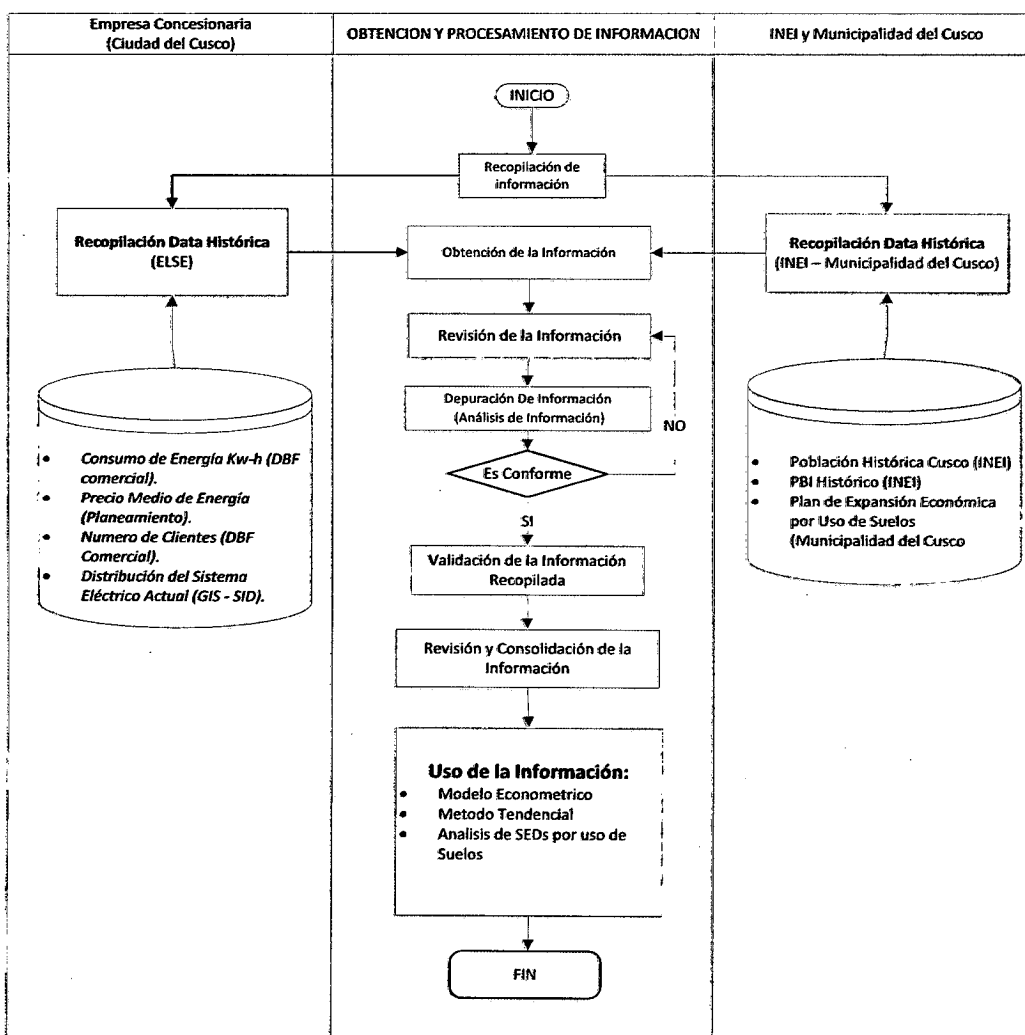


Tabla 4 – Flujograma de la metodología (Fuente: Elaboración Propia)

### **3.3. Metodología para el desarrollo del Método de Proyección**

#### **3.3.1. Modelo Econométrico**

- **Datos de entrada**

**Recopilación y procesamiento de información.**

La data informática necesaria es recogida y colectada de todas las oficinas y fuentes de información pertinentes, buscando el mayor grado de precisión y veracidad en cada una de ellas:

**INEI – Series Nacionales - Población**

- ✓ Ministerio de Economía y Finanzas – Proyecciones macroeconómicas
- ✓ Producto bruto Interno

**ELSE**

- ✓ Históricos de ventas de energía
- ✓ Registro de clientes
- ✓ Histórico de precios medios

Por requerimientos de la herramienta informática especializada en el análisis del modelo econométrico, Eviews, se homogenizan los datos en tablas anuales en el periodo comprendido en los años 1995-2040, se limita el inicio a este año por que las bases de la empresa concesionaria ELSE no cuentan con data histórica completa anterior.

Se manipula las bases de datos de ELSE mediante el paquete informático Visual Fox Pro por ser de gran tamaño y relativa complejidad.

- **Análisis de variables del modelo**

Las variables a utilizar en el modelo consumo, precio medio, PBI, población y clientes son probadas, La evolución histórica del consumo de energía eléctrica, se puede determinar si esta variable se puede normalizar, para ello se toma en cuenta los test de:

- ✓ Jarque-Bera,
- ✓ Quantile-Quantile
- ✓ Diagrama de Caja,

Todos para determinar el tipo de distribución de la variable

- **Construcción del modelo**

Luego de la homogeneización y análisis de las variables se construyen las ecuaciones mediante la combinación de las variables. Cada una de estas ecuaciones es ingresada a la herramienta informática especializada Eviews con el fin de poder ser analizarla a fondo y evaluar su comportamiento, nivel explicativo, variabilidad, etc...

- ✓ STD. Error:
- ✓ t-Statistic:
- ✓ Probability
- ✓ R squared
- ✓ Adjusted R-squared
- ✓ SE. Of regression
- ✓ Sum squared resid
- ✓ Log likelihood
- ✓ Durbin-Watson stat
- ✓ Mean depent var
- ✓ S.D depent var
- ✓ F-statistic
- ✓ Prob(F-statistic)

- **Validación de resultados**

Las variables participantes deben ser o transformarse en estacionarias.

El término de error del modo lineal, debe comportarse como ruido blanco es decir, que la esperanza matemática del término de error sea cero, la varianza del error sea constante y se demuestre ausencia de autocorrelación entre los errores.

La no existencia de colinealidad entre variables independientes, consecuentemente ausencia de multicolinealidad en la matriz de observaciones correspondientes a las variables independientes del modelo

- **Análisis de resultados y construcción del cuadro resumen**

Según los resultados obtenidos se procede con la selección de ecuación de pronóstico aceptable, con mayor grado de porcentaje de la variabilidad de la variable dependiente explicada por la variable independiente ( $R^2$  más próxima a 1) contemplando valores aceptables en las demás pruebas.

### **3.3.2. Método de series de tiempo o Tendencial**

- **Recolección de información**

La información a utilizar es el histórico de consumos de energía de la ciudad del Cusco registrado por la oficina de planeamiento de ELSE.

- **Clasificación, validación de la información**

La información se agrupa de forma anual y únicamente de la ciudad del Cusco. (Información base: históricos de consumos de energía (1995-2013))

- **Construcción de las series de tiempo**

Con la base de datos histórica de consumo de energía de la ciudad se describe la tendencia ascendente o descendente de esta data en una serie cronológica, por medio de la representación de las principales funciones matemáticas y se proyecta su continuación de esta al año 2033.

- **Análisis y selección de curvas**

Se analiza cada curva buscando el mayor valor de  $R^2$  . En las ecuaciones:

- ✓ Ecuación Lineal
- ✓ Ecuación Exponencial
- ✓ Ecuación Polinómica
- ✓ Ecuación Logarítmica
- ✓ Ecuación Potencial

- **Construcción del cuadro resumen**

Se elabora un cuadro comparativo entre cada una de las ecuaciones y se procede con la aceptación de los mejores resultados.

### **3.3.3. Escenarios de proyección**

Los escenarios de proyección se elaboran a partir de la combinación de los resultados anteriormente obtenidos, las tasas de crecimiento aceptadas en la proyección por modelo econométrico, las cuales poseen un grado de probabilidad alto, junto a las tasas de crecimiento con mayor aceptación, obtenidas con el método de tendencias que muestran una continuidad en el comportamiento del consumo, conforman un conjunto de tasas de crecimiento de consumo de energía eléctrica muy aceptables que nos permiten elaborar una tabla congruente para cada escenario.

## **Resultados y representación de la proyección de consumo de Potencia eléctrica en los tres escenarios**

Se presentan los resultados en tabla y gráfica

- ✓ Escenario pesimista
- ✓ Escenario esperado o base
- ✓ Escenario optimista

### **3.4. Análisis del mercado eléctrico de la Ciudad del Cusco**

#### **3.4.1. Identificación de componentes del mercado eléctrico de la ciudad del cusco**

La municipalidad del Cusco dentro de su Plan de Desarrollo Urbano 2013-2023 realiza el estudio de utilización de suelos, identificando el uso de cada inmueble dentro de la ciudad, permitiéndonos identificar el tipo de consumo por la ubicación de las subestaciones de distribución en la ciudad.

Donde se define claramente los siguientes sectores:

- **Centro Histórico.-** Se denomina centro histórico al núcleo urbano originalmente construido del área urbana, posee la mayor atracción social, económica, política y cultural, que se caracteriza por contener los bienes relacionados con historia de la ciudad, En Cusco por su importancia y riqueza cultural este sector se encuentra protegido por diferentes normas y leyes que velan por su conservación, limitando el crecimiento excesivo de este.
- **Centro Médico.-** Edificación destinada al servicio de la salud, como hospitales, clínicas, postas, etc. Este sector tiene una prioridad superior en calidad de los servicios debido a su labor de altísima importancia.

- **Sector Comercial.-** Inmuebles distribuidos por la ciudad destinados a la actividad socioeconómica. Este sector se caracteriza por una gran movimiento de consumidores
- **Sector Educación.-** Conjunto de edificaciones destinadas al servicio de la Educación, como universidades, colegios, institutos, etc. Estas edificaciones de uso educativo se aplica a toda construcción destinada a prestar servicios de capacitación y educación, y sus actividades complementarias.
- **Sector Industrial.-** El sector industrial es el área designada al conjunto de inmuebles designados a actividades que implican la transformación de materias primas a través de los más variados procesos productivos. Normalmente se incluyen en este sector la siderurgia, las industrias mecánicas, la química, la textil, la producción de bienes de consumo, bienes alimenticios, etc.
- **Residencial (Urbano 1).-** residencial de alta densidad 2,250 habitantes/hectárea. Este sector se caracteriza por un crecimiento vegetativo dinámico y en constante crecimiento.
- **Residencial (Urbano 2).-** residencial de media densidad 1,300 habitantes/hectárea, este sector maneja un crecimiento similar al Urbano 2 en menor escala.
- **Rural (Urbano 3).-** terrenos habilitados o en proceso de habilitación, en áreas de expansión urbana, zonas periféricas, sectores rurales donde se realicen proyectos de renovación urbana.

Nota: Definiciones según el Código Nacional de Edificaciones

### **3.4.2. Georreferenciación**

Con las herramientas informáticas necesarias y a partir del plano de zonificación del plan de desarrollo urbano y la base de datos de ubicación del Sistema Eléctrico de la ciudad, obtenido en la Oficina SID ELSE, se logra referenciar los planos, para obtener la información pertinente

### **3.4.3. Identificación de Subestaciones**

La superposición de ambos planos de ubicación nos permite la congruencia de información tanto del uso de suelos de la ciudad como la disposición de la red de distribución

Mediante la herramienta informática ArcGis se procesa la base de datos de la red de distribución eléctrica de la ciudad y se identifica una a una las 944 subestaciones de distribución clasificándolas según el sector que alimentan, siguiendo las líneas en baja tensión.

La clasificación de estas zonas geográficas nos permitirá entender de mejor manera el crecimiento de la demanda eléctrica.

Esta clasificación vincula el crecimiento de cada sector de actividad con el consumo de energía según los registros de cada subestación de distribución.

### **3.4.4. Proyección de consumo eléctrico según uso de suelos**

Con información clasificada de cada subestación de distribución se agrupa por sectores y se procede con la proyección de cada grupo de subestaciones previamente clasificada, mediante el método de tendencias. La proyección por método de tendencias se realiza de la misma forma analizada anteriormente



### 3.5. Conversión de Proyección de Energía a Proyección de Potencia

La transformación de la proyección de la Energía a proyección en Potencia Coincidente a nivel se realizará a través de los Fc.

$$\text{Potencia} = ((\text{Ventas de Energía} \times (1 + \%p)) / (t \times Fc))$$

%p: Porcentaje de pérdidas estándares en media tensión y baja tensión.

t: Número de horas del año representativo.

Fc: Factor de carga.

### 3.6. Balance de Potencia

Se realiza el balance de potencia contrastando la oferta (potencia instalada) con la demanda máxima coincidente actual y proyectada en los siguientes niveles:

- Subestaciones de Distribuciones por sectores según uso de suelos.
- Alimentadores del Sistema Eléctrico de la ciudad del Cusco
- Subestaciones de Transformación
- Sistema Eléctrico Cusco

## CAPITULO IV: PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

### 4.1. Introducción

A continuación se desarrolla los modelos matemáticos para la proyección de la demanda en un horizonte de 20 años, modelo econométrico y modelo de series tendenciales. Se plantea los escenarios, pesimista, base y optimista, y se evalúa la demanda de energía proyectada sectorizada según el uso de suelos.

### 4.2. Modelo Econométrico

#### 4.2.1 Data Histórica – Tabla 5

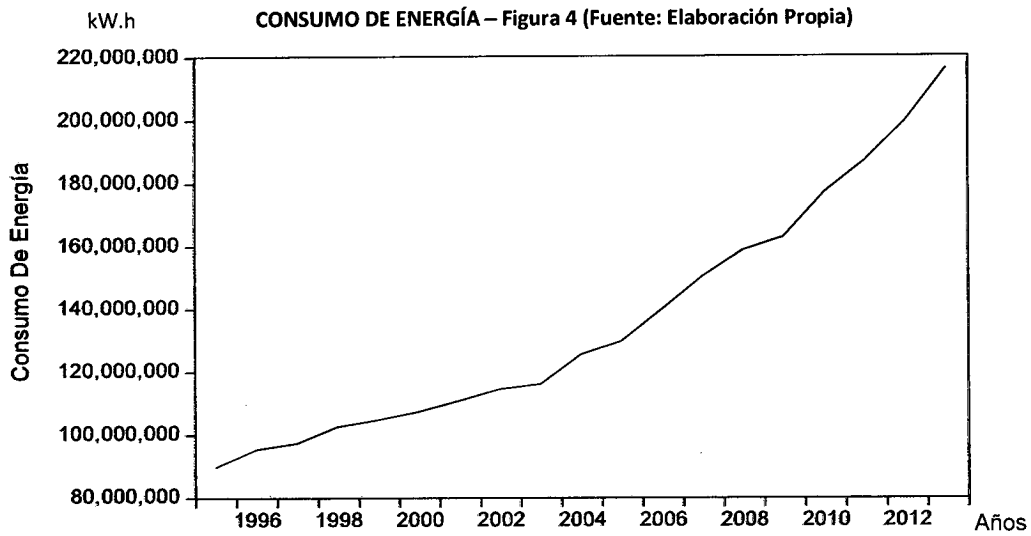
CUSCO					
Año	CONSUMO (kW.h)	USUARIOS (Clientes)	PRECIO MEDIO (S/./kW.h)	PBI (miles de S/.)	POBLACIÓN (habitantes)
1995	89.755.318	40.100	0,2	2.464,02	303.592
1996	95.446.335	44.082	0,24	2.668,00	312.296
1997	97.319.657	48.231	0,28	2.796,00	319.047
1998	102.663.466	51.881	0,28	2.919,00	324.563
1999	104.768.464	54.594	0,33	2.773,00	329.227
2000	107.384.268	56.644	0,34	2.897,00	333.268
2001	110.789.990	59.904	0,3	2.601,35	336.831
2002	114.491.720	61.888	0,3	2.495,74	340.019
2003	116.043.067	63.883	0,3	2.650,26	342.903
2004	125.481.957	66.659	0,31	3.123,97	345.535
2005	129.720.593	68.699	0,33	3.399,36	348.493
2006	139.805.335	70.998	0,34	3.801,78	350.199
2007	150.173.331	73.866	0,34	4.166,29	351.781
2008	158.672.232	76.968	0,34	4.466,90	354.239
2009	162.790.091	80.356	0,39	4.638,01	356.074
2010	176.867.637	84.178	0,36	5.320,49	357.803
2011	187.161.095	89.273	0,38	6.002,37	359.439
2012	199.929.098	97.347	0,4	6.314,79	360.991
2013	216.444.788	103.895	0,4		362.467

Se usa el "." para la separación de tres cifras y "," para la separación de cifras decimales

Fuentes: ELSE, INEI (PBI por departamentos), INEI (series nacionales)

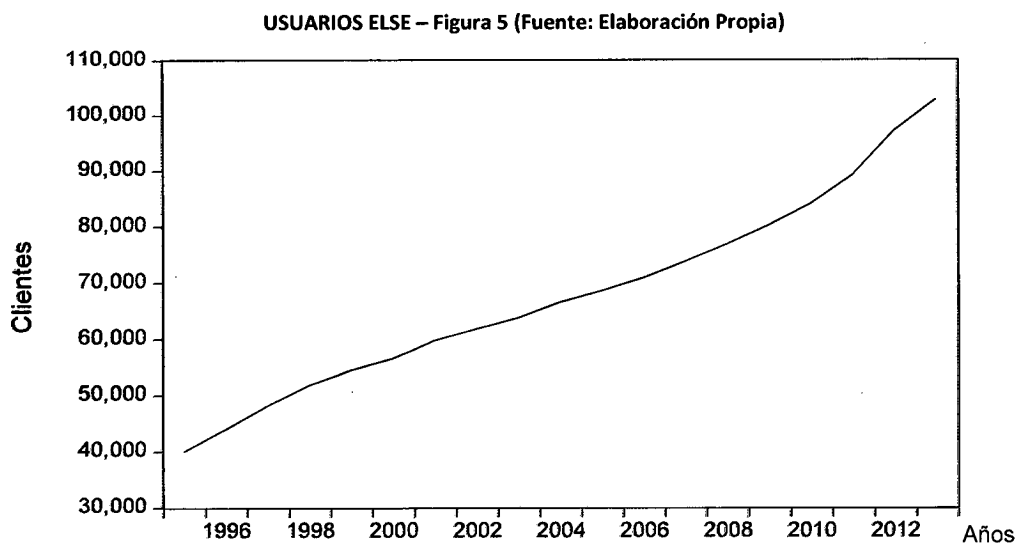
### Registro de Consumo de Energía (kW.h)

Para el caso del Consumo de energía (unidad = kW.h) se tiene la data histórica desde el año 1995 hasta el 2013, dato proporcionado por la empresa ELSE.



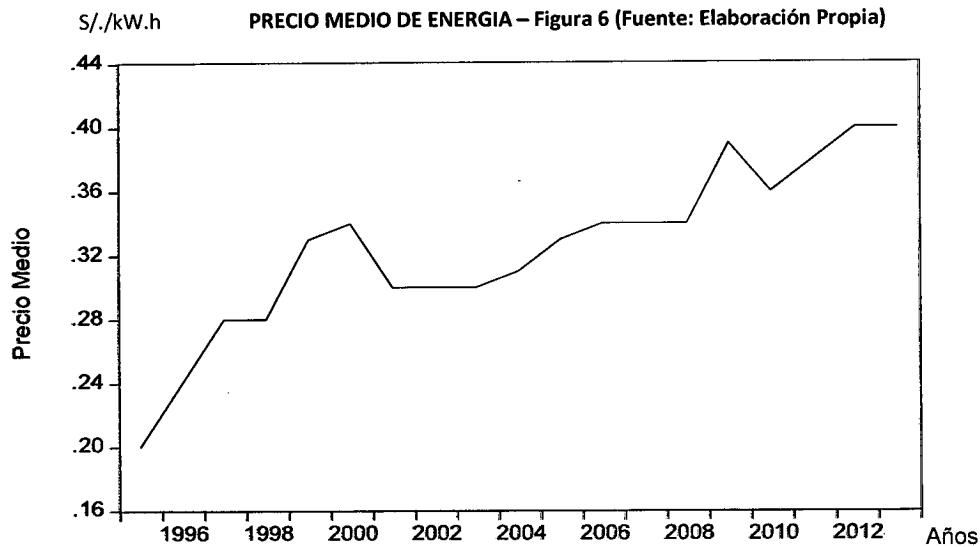
### Registro de clientes de ELSE

De igual modo que los kW.h, el número de clientes cuenta con data histórica desde el año 1995 hasta el 2013. Tal como se puede apreciar en el siguiente gráfico:



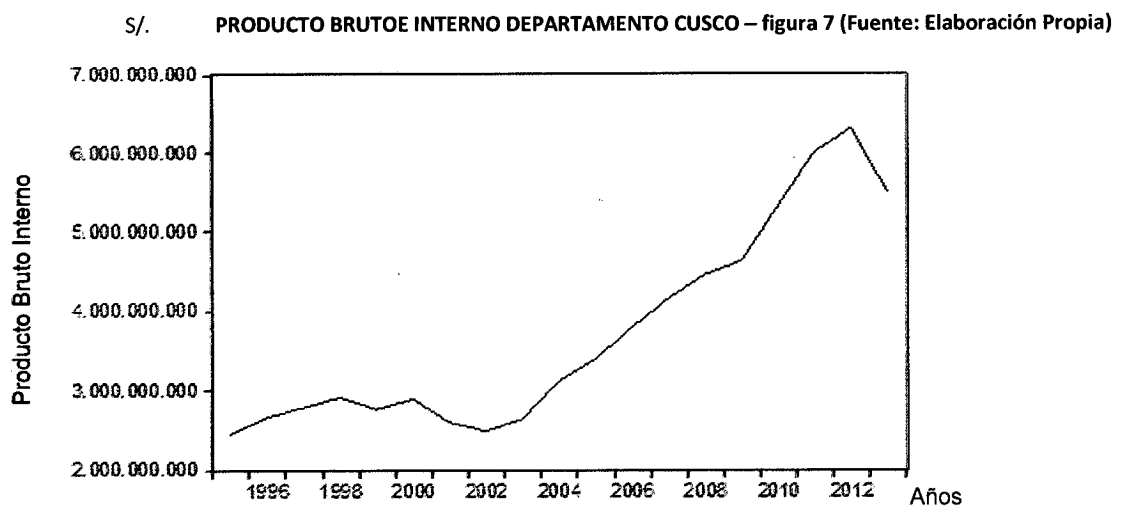
### Registro de Precios medio de energía (S./ kW.h )

Asimismo, se tiene que los precios promedios los mismos que se han calculado del total de ingresos generados por el consumo de energía entre el número de kW.h consumidos, el mismo que nos muestra el siguiente comportamiento:



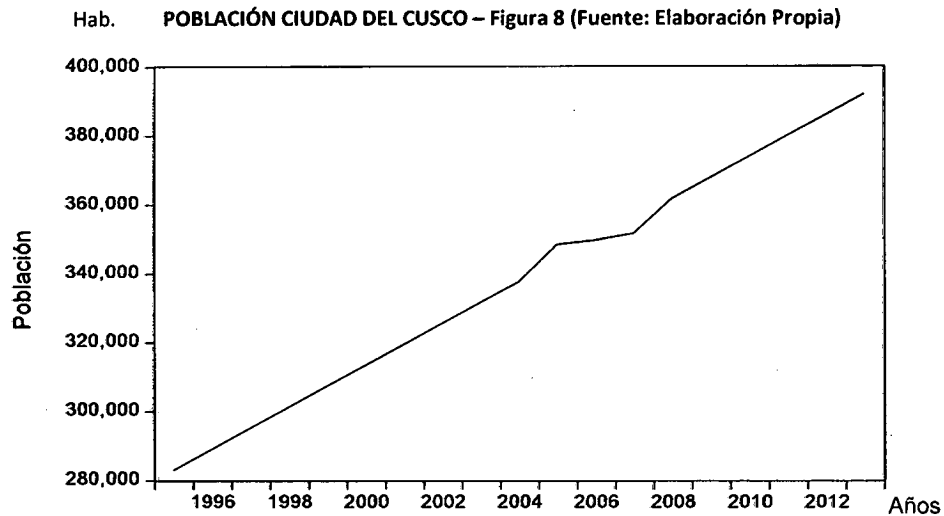
### Producto bruto interno (S./)

El comportamiento de la variable PBI se registró en el periodo comprendido 1995-2013 del departamento del Cusco los datos históricos de dicho impacto:



### Población ciudad del Cusco

Por otro lado, se tiene sólo 3 datos poblacionales oficiales para el desarrollo de la proyección lineal, el censo de 1993, 2005 y 2007. A continuación se muestra la proyección de la población según los datos del INEI:



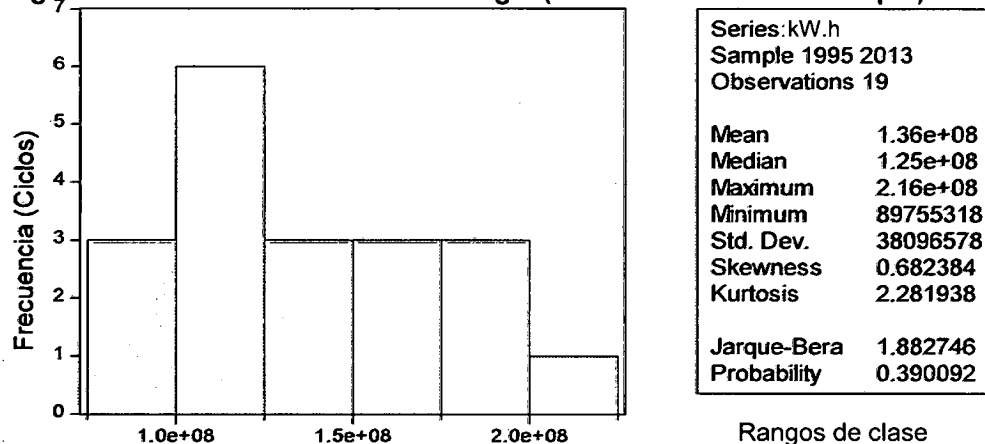
#### 4.2.2 Análisis de variables del modelo

- Jarque-Bera

#### Registro de consumo de energía (kW.h)

Se muestra una kurtosis que tiende a 3, lo cual nos sugiere una distribución normal de la variable. Jarque—Bera es menor a 5.99, se establece que la variable se comporta como una distribución normal.

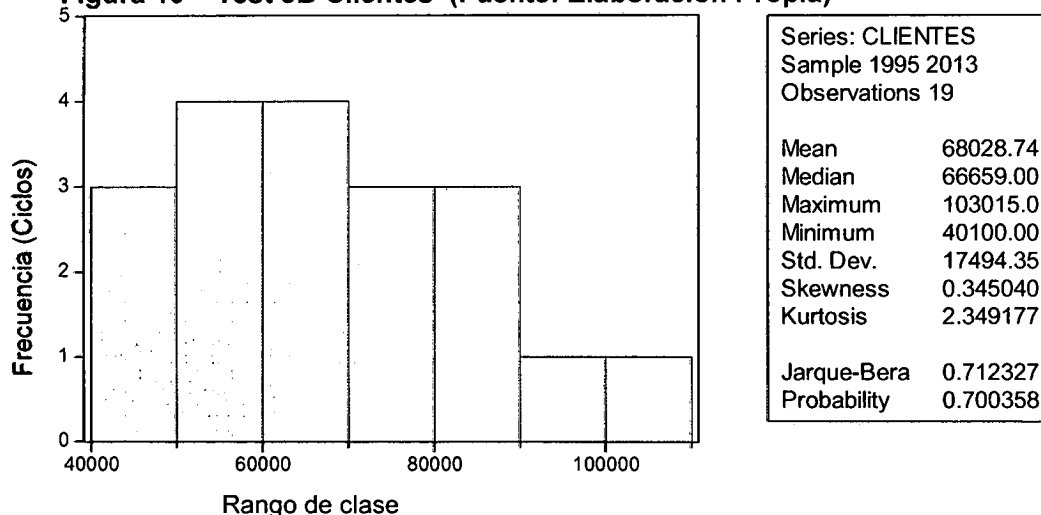
Figura 9 – Test JB Consumo de Energía (Fuente: Elaboración Propia)



### Registro de clientes de ELSE

Se muestra una kurtosis que tiende a 3, lo cual nos sugiere una distribución normal de la variable. También tenemos que Jarque—Bera es menor a 5.99, se establece que la variable se comporta como una distribución normal.

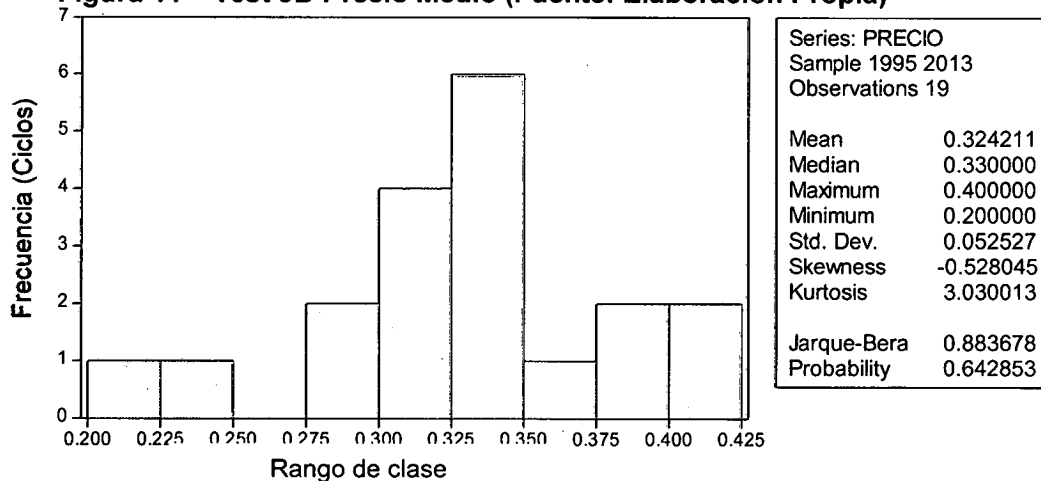
**Figura 10 – Test JB Clientes (Fuente: Elaboración Propia)**



### Registro de precios medio de energía (S./ kW.h)

Se muestra una kurtosis que tiende a 3, lo cual nos sugiere una distribución normal de la variable. También tenemos que Jarque—Bera es menor a 5.99, se establece que la variable se comporta como una distribución normal.

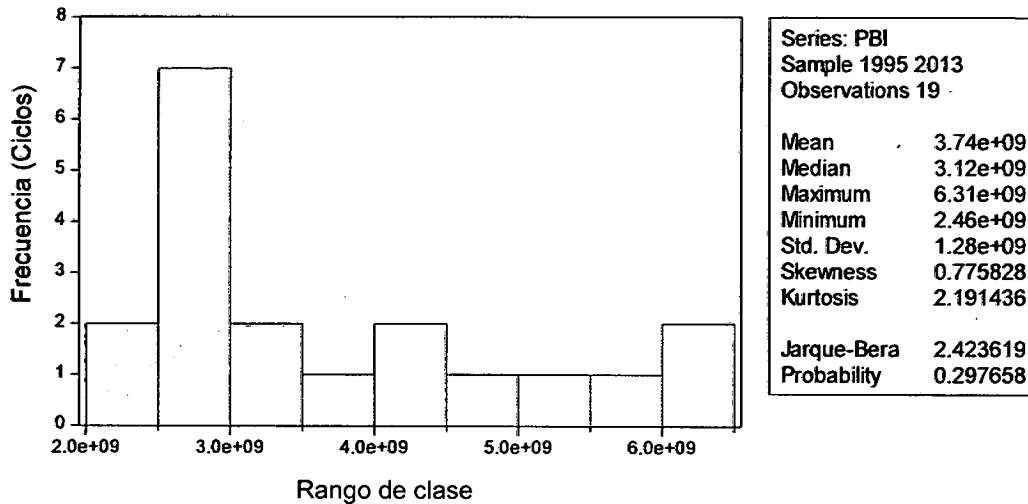
**Figura 11 – Test JB Precio Medio (Fuente: Elaboración Propia)**



### Producto bruto interno (S/.)

Se muestra una kurtosis que tiende a 3, lo cual nos sugiere una distribución normal de la variable. También tenemos que Jarque—Bera es menor a 5.99, se establece que la variable se comporta como una distribución normal.

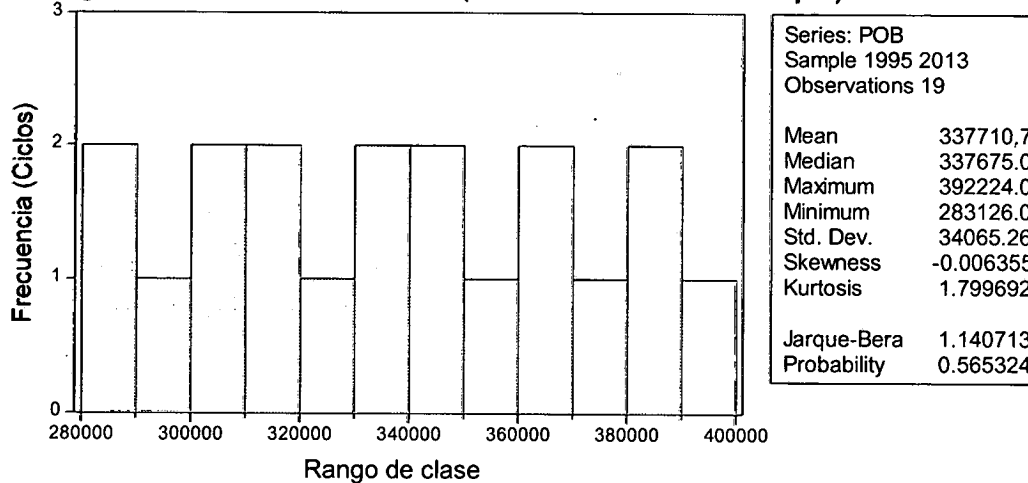
Figura 12 – Test JB PBI (Fuente: Elaboración Propia)



### Población ciudad del Cusco

Se muestra una kurtosis que tiende a 3, lo cual nos sugiere una distribución normal de la variable. También tenemos que Jarque—Bera es menor a 5.99, se establece que la variable se comporta como una distribución normal.

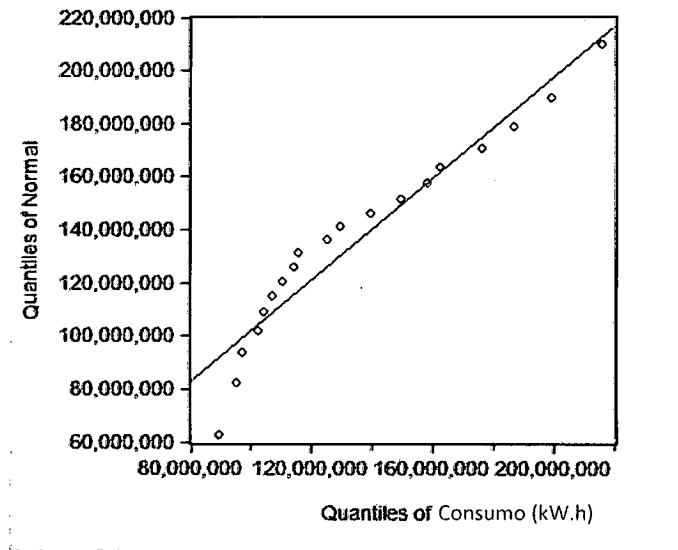
Figura 13 – Test JB Población (Fuente: Elaboración Propia)



### Quantile-Quantile

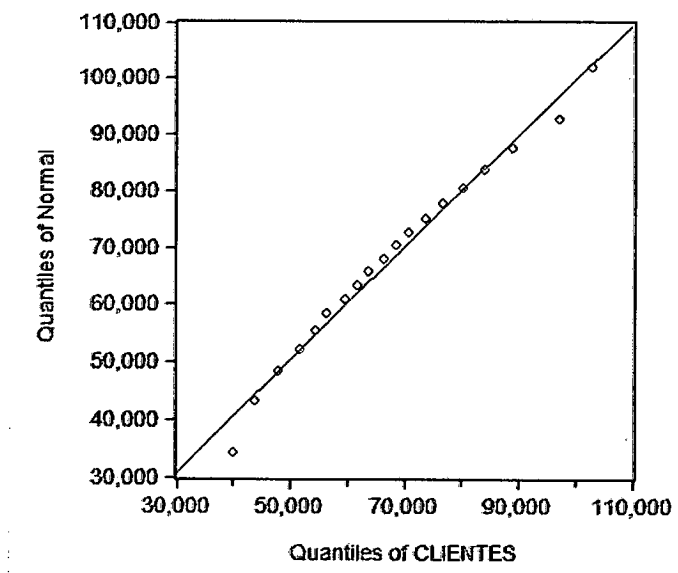
#### Registro de consumo de energía (kW.h)

Se tiene que la distribución se encuentra cercana a la distribución normal (Ideal). Figura 14— Test Qq Consumo de Energía (Fuente: Elaboración Propia)



#### Registro de clientes de ELSE

Se tiene que la distribución se encuentra muy cercana a la distribución normal (Ideal). Figura 15— Test Qq Clientes ELSE (Fuente: Elaboración Propia)

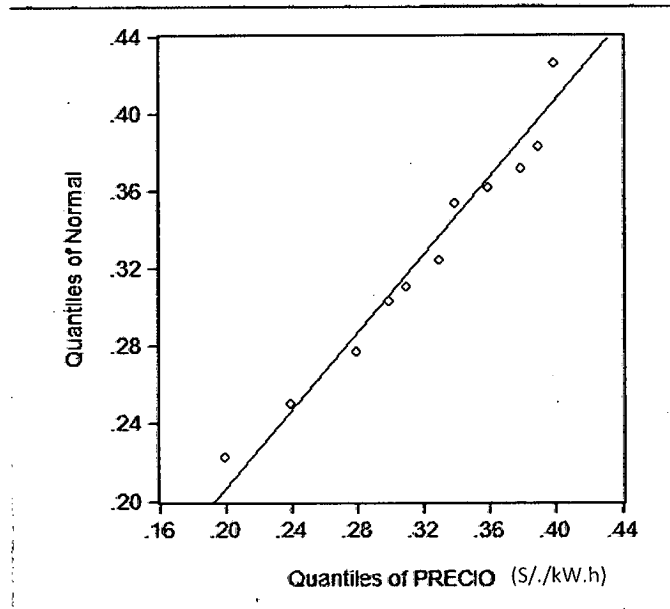




### Registro de precios medio de energía

Se tiene que la distribución se encuentra muy cercana a la distribución normal (Ideal).

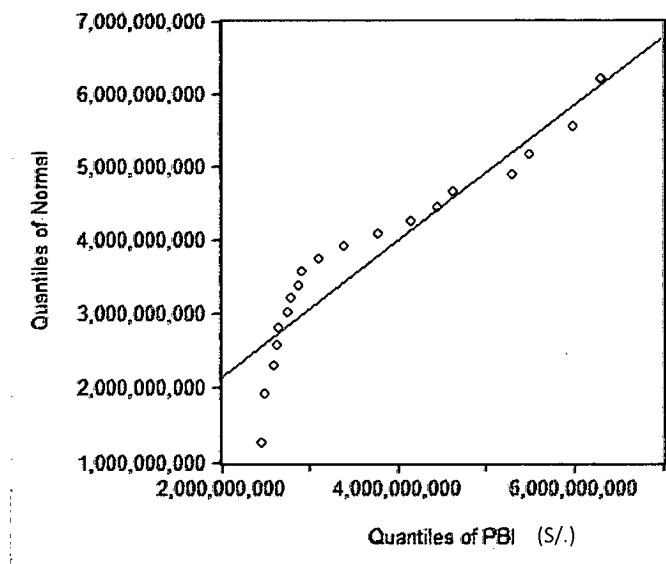
Figura 16– Test Qq Precio Medio Energía (Fuente: Elaboración Propia)



### Producto bruto interno

Se tiene que la distribución se encuentra poco cercana a la distribución normal (Ideal).

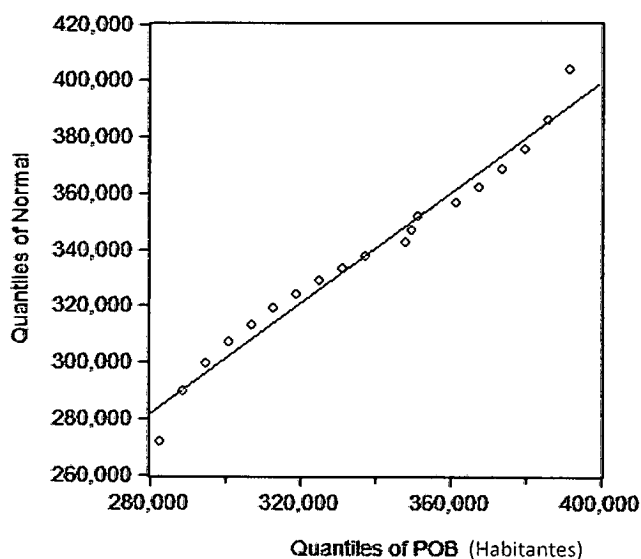
Figura 17– Test Qq PBI (Fuente: Elaboración Propia)



## Población ciudad del Cusco

Se tiene que la distribución se encuentra cercana a la distribución normal (Ideal).

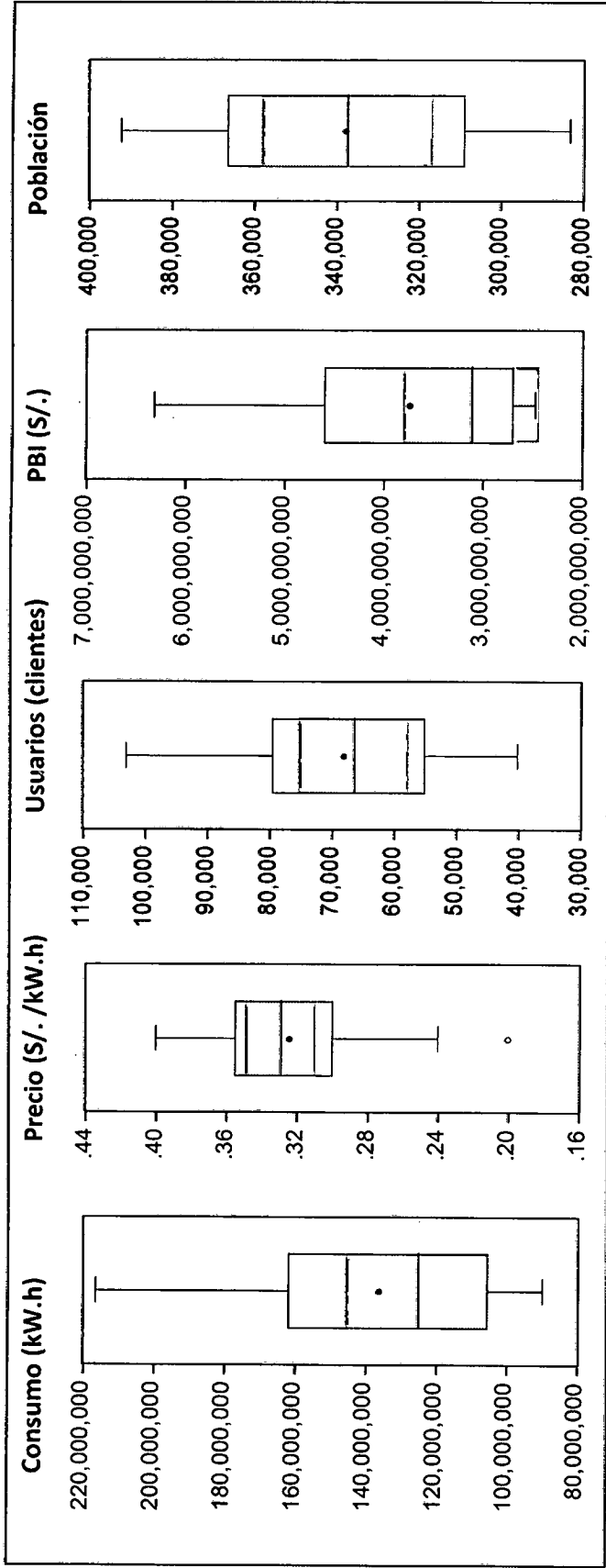
Figura 18– Test Qq Población (Fuente: Elaboración Propia)



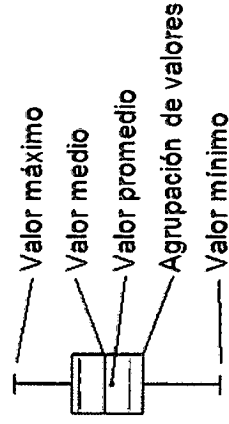
## Diagramas de Caja

- **Registro de consumo de energía kW.h:** Se puede observar que el promedio se encuentra exactamente al medio de la caja, pero muestra una distribución muy dispersa.
- **Registro de clientes ELSE:** Se puede observar que el promedio se encuentra exactamente al medio de la caja, pero las distancias en los bigotes nos muestra un comportamiento normal.
- **Registro de precios medio de energía S/. / kW.h :** Se puede observar que el promedio se encuentra exactamente al medio de la caja, pero las distancias en los bigotes no muestra un comportamiento normal.
- **Producto bruto interno S/. :** Se puede observar que el promedio se encuentra exactamente al medio de la caja, pero las distancias en los bigotes no muestra un comportamiento regular.
- **Población ciudad del Cusco:** Se puede observar que el promedio se encuentra exactamente al medio de la caja, de igual modo los bigotes, por lo que se puede decir que es una distribución simétrica.

**Diagrama de Caja de Variables – Figura 19 (Fuente: Elaboración propia)**



Los Diagramas de caja, están compuestos por un rectángulo, la "caja", y dos brazos, los "bigotes". Es un gráfico que suministra información sobre los valores mínimo y máximo, mostrando la existencia de valores atípicos y la simetría de la distribución de cada variable.



#### 4.2.3 Construcción del modelo

Construcción de ecuaciones mediante la combinación de variables

- 1°  $kwh_t = \beta_0 + \beta_1 * PBI_t + \beta_2 * clientes_t + \beta_3 * pob_t + \varepsilon_t$
- 2°  $kwh_t = \beta_0 + \beta_1 * PBI_t + \beta_2 * clientes_t + \varepsilon_t$
- 3°  $kwh_t = \beta_0 + \beta_1 * PBI_t + \beta_2 * Pob_t + \varepsilon_t$
- 4°  $kwh_t = \beta_0 + \beta_1 * PBI_t + \varepsilon_t$
- 5°  $kwh_t = \beta_0 + \beta_1 * Clientes_t + \varepsilon_t$
- 6°  $kwh_t = \beta_0 + \beta_1 * Pob_t + \varepsilon_t$
- 7°  $kwh_t = \beta_0 + \beta_1 * PBI_t + \beta_2 * Precio_t + \beta_3 * Pob_t + \varepsilon_t$
- 8°  $kwh_t = \beta_0 + \beta_1 * Precio_t + \varepsilon_t$
- 9°  $kwh_t = \beta_0 + \beta_1 * PBI_t + \beta_2 * Clientes_t + \beta_3 * Precio_t + \varepsilon_t$
- 10°  $Logkwh_t = Log\beta_0 + \beta_1 * LogPBI_t + \beta_2 * Logclientes_t + \beta_3 * Logpob_t + \varepsilon_t$
- 11°  $Logkwh_t = Log\beta_0 + \beta_1 * LogPBI_t + \beta_2 * Logclientes_t + \varepsilon_t$
- 12°  $Logkwh_t = log\beta_0 + \beta_1 * LogPBI_t + \beta_2 * LogPob_t + \varepsilon_t$
- 13°  $Logkwh_t = Log\beta_0 + \beta_1 * LogPBI_t + \varepsilon_t$
- 14°  $Logkwh_t = Log\beta_0 + \beta_1 * LogClientes_t + \varepsilon_t$
- 15°  $Logkwh_t = log\beta_0 + \beta_1 * LogPob_t + \varepsilon_t$
- 16°  $Logkwh_t = Log\beta_0 + \beta_1 * logPBI_t + \beta_2 * LogPrecio_t + \beta_3 * LogPob_t + \varepsilon_t$
- 17°  $Logkwh_t = Log\beta_0 + \beta_1 * LogPrecio_t + \varepsilon_t$
- 18°  $Logkwh_t = Log\beta_0 + \beta_1 * LogPBI_t + \beta_2 * LogClientes_t + \beta_3 * LogPrecio_t + \varepsilon_t$

#### 4.2.4 Procesamiento de ecuaciones

Ingresando las ecuaciones a la herramienta especializada para el análisis econométrico, Eviews (Demo).

Tabla 6 – Procesamiento de ecuaciones (Fuente: Elaboración Propia)

Ecuación	Variable	Coefficiente	Std. Error	T-Statistic	Prob.
1	Constante	45616203	36950528	1.234,52	0,236
	PBI	0,010512	0,001979	5.311.682	0,0001
	CLIENTES	1.871.937	3.746.477	4.996.524	0,0002
	POB	-2.254.921	1.774.575	-1,270683	0,2232
2	Constante	-1007991	4444249	-0,226808	0,8234
	PBI	0,010607	0,002015	5.263.521	0,0001
	CLIENTES	1.432.668	1.471.642	9.735.168	0
3	Constante	-1,18E+08	27252867	-4.317.756	0,0005
	PBI	0,014348	0,002883	4.977.358	0,0001
	POB	5.926.558	1.081.108	5.481.928	0,0001
4	Constante	29268340	8104162	361,152	0,0022
	PBI	0,028587	0,002058	1.389.176	0
5	Constante	-9667739	6619604	-1.460.471	0,1624
	CLIENTES	2142,59	9.439.396	2.269.837	0
6	Constante	-2,28E+08	24642368	-9.244.156	0
	POB	1.077.513	7.261.969	1.483.776	0
7	Constante	-1,21E+08	29583887	-4.103.474	0,0009
	PBI	0,014391	0,002964	4.854.948	0,0002
	PRECIO	-2,81E+07	71824598	-0,390641	0,7016
	POB	6.301.462	1.468.064	4.292.363	0,0006
8	Constante	-6,69E+07	29124106	-2.298.554	0,0345
	PRECIO	6,26E+08	88734334	7.057.459	0
9	Constante	1,29E+07	6719019	1.923.306	0,0736
	PBI	1,02E-02	0,001749	5.860.116	0
	CLIENTES	1,74E+03	1.749.182	992.445	0
	PRECIO	-1,02E+08	40535407	-2.527.814	0,0232
10	Constante	6,32E-01	4.760.667	0,132695	0,8962
	LOG(PBI)	3,40E-01	0,051853	6.562.535	0
	LOG(CLIENTES)	4,68E-01	0,214956	2.179.394	0,0457
	LOG(POB)	4,23E-01	0,578795	0,730566	0,4763
11	Constante	4,08E+00	0,563427	7.249.422	0
	LOG(PBI)	3,52E-01	0,4861	7.240.092	0
	LOG(CLIENTES)	6,19E-01	0,059859	1.034.283	0
12	Constante	-9,43E+00	1.291.956	-7.298.521	0
	LOG(PBI)	3,34E-01	0,057521	5.806.767	0
	LOG(POB)	1,63E+00	0,181739	8.984.569	0

13	Constante	1,09E+00	1.300.597	0,841051	0,412
	LOG(PBI)	8,00E-01	0,059137	1.353.354	0
14	Constante	7,54E+00	0,602896	1.249.841	0
	LOG(CLIENTES)	1,01E+00	0,054321	1.851.304	0
15	Constante	-1,42E+01	1.704.727	-8.330.851	0
	LOG(POB)	2,59E+00	0,133962	1.929.728	0
16	Constante	-1,09E+01	2.422.835	-4.511.136	0,0004
	LOG(PBI)	3,33E-01	0,058379	5.703.623	0
	LOG(PRECIO)	-7,24E-02	0,098387	-0,736341	0,4729
	LOG(POB)	1,75E+00	0,240084	7.272.686	0
17	Constante	2,02E+01	0,22499	8.970.589	0
	LOG(PRECIO)	1,31E+00	0,195178	669,232	0
18	Constante	2,07E+00	0,688925	3.008.375	0,0088
	LOG(PBI)	3,37E-01	0,036577	9.206.301	0
	LOG(CLIENTES)	8,03E-01	0,066892	1.199.849	0
	LOG(PRECIO)	-2,72E-01	0,073812	-3.690.854	0,0022

La Tabla 6 muestra los coeficientes para cada variable, el error estándar y la significancia de la variable individualmente con relación a la variable dependiente.

**Indicadores y significancia de parámetros de cada ecuación**

Tabla 7 – Indicadores modelo econométrico (Fuente: Elaboración Propia)

<b>INDICADORES Y SIGNIFICANCIA DE PARAMETROS</b>							
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Ajuste R<sup>2</sup></b>	<b>S.E. of Regression</b>	<b>Sum Squared resid</b>	<b>log Likelihood</b>	<b>F-statistic</b>	<b>Prob (F-statistic)</b>
<b>1</b>	0,989443 mean dependent var 136.000.000	0,987331 S.D. de pendent var 38.096.578	4.287.986 Akaike info 3,356	2,76E+14 Schwartz criterion 3,376	-3.148.694 Hannan-Quinn criter 3,35	4.686.051 Durbin-Watson Stat 1,34	0
<b>2</b>	0,988306 mean dependent var 136.000.000	0,986845 S.D. de pendent var 38.096.578	4.369.571 Akaike info 3,356	3,05E+14 Schwartz criterion 3,371	-3.158.406 Hannan-Quinn criter 3,35	6.761.272 Durbin-Watson Stat 1,27	0
<b>3</b>	0,971872 mean dependent var 136.000.000	0,968356 S.D. de pendent var 38.096.578	6.776.956 Akaike info 3,443	7,35E+14 Schwartz criterion 3,458	-324.179 Hannan-Quinn criter 3,44	2.764.101 Durbin-Watson Stat 1,04	0
<b>4</b>	0,91904 mean dependent var 136.000.000	0,914278 S.D. de pendent var 38.096.578	11.154.042 Akaike info 3,443	7,35E+14 Schwartz criterion 3,458	-324.179 Hannan-Quinn criter 3,44	2.764.101 Durbin-Watson Stat 1,04	0

5	<b>R<sup>2</sup></b> 0,968058 mean dependent var 136.000.000	<b>Ajuste R<sup>2</sup></b> 0,966179 S.D. de pendent var 38.096.578	<b>S.E. of Regression</b> 7006130 Akaike info 3,446	<b>Sum Squared resid</b> 8,34E+14 Schwartz criterion 3,456	<b>log Likelihood</b> -3,253.868 Hannan-Quinn criter 3,447	<b>F-statistic</b> 5.152.162 Durbin-Watson Stat 0,29	<b>prob(F- static)</b> 0
6	<b>R<sup>2</sup></b> 0,928318 mean dependent var 136.000.000	<b>Ajuste R<sup>2</sup></b> 0,0924102 S.D. de pendent var 38.096.578	<b>S.E. of Regression</b> 10495483 Akaike info 3,527	<b>Sum Squared resid</b> 1,87E+15 Schwartz criterion 3,353	<b>log Likelihood</b> -3,330.658 Hannan-Quinn criter 3,528	<b>F-statistic</b> 220.159 Durbin-Watson Stat 0,28	<b>prob(F- static)</b> 0
7	<b>R<sup>2</sup></b> 0,972155 mean dependent var 136.000.000	<b>Ajuste R<sup>2</sup></b> 0,966586 S.D. de pendent var 38.096.578	<b>S.E. of Regression</b> 6963877 Akaike info 3,453	<b>Sum Squared resid</b> 7,27E+14 Schwartz criterion 3,471	<b>log Likelihood</b> -3,240.828 Hannan-Quinn criter 3,456	<b>F-statistic</b> 1.745.647 Durbin-Watson Stat 1,02	<b>prob(F- static)</b> 0
8	<b>R<sup>2</sup></b> 0,745538 mean dependent var 136.000.000	<b>Ajuste R<sup>2</sup></b> 0,073057 S.D. de pendent var 38.096.578	<b>S.E. of Regression</b> 199774653 Akaike info 36,537	<b>Sum Squared resid</b> 6,65E+15 Schwartz criterion 3,663	<b>log Likelihood</b> -3,451.015 Hannan-Quinn criter 3,655	<b>F-statistic</b> 4.980.773 Durbin-Watson Stat 0,75	<b>prob(F- static)</b> 2,00E-06
9	<b>R<sup>2</sup></b> 0,9918 mean dependent var 136.000.000	<b>Ajuste R<sup>2</sup></b> 0,990159 S.D. de pendent var 38.096.578	<b>S.E. of Regression</b> 3.779.157 Akaike info 3,331	<b>Sum Squared resid</b> 2,14E+14 Schwartz criterion 3,351	<b>log Likelihood</b> -3,124.694 Hannan-Quinn criter 3,334	<b>F-statistic</b> 604.714 Durbin-Watson Stat 1,49	<b>prob(F- static)</b> 0



... continúa Tabla 7 – Indicadores modelo econométrico.

10	$R^2$ 0,989329 mean dependent var 1,869,377	Ajuste $R^2$ 0,987195 S.D. de pent var 0,268555	S.E. of Regression 0,03039 Akaike info -3964772	Sum Squared resid 0,013853 Schwartz criterion -3,765,943	log Likelihood 4,166,533 Hannan-Quinn criter -5,931,122	F-statistic 4,635,642 Durbin-Watson Stat 1,16	prob(F- static) 0
11	$R^2$ 0,988949 mean dependent var 1,869,377	Ajuste $R^2$ 0,987568 S.D. de pent var 0,268555	S.E. of Regression 0,029943 Akaike info -4,035,072	Sum Squared resid 0,014346 4,133,318 -388,595	log Likelihood 4,133,318 Hannan-Quinn criter -4,009,834	F-statistic 7,159,436 Durbin-Watson Stat 1,14	prob(F- static) 0
12	$R^2$ 0,98595 mean dependent var 1,869,377	Ajuste $R^2$ 0,984194 S.D. de pent var 0,026855	S.E. of Regression 0,033763 Akaike info -3,794,944	Sum Squared resid 0,018224 Schwartz criterion -3,645,822	log Likelihood 3,905,197 Hannan-Quinn criter -3,769,707	F-statistic 5,614,015 Durbin-Watson Stat 1,08	prob(F- static) 0
13	$R^2$ 0,915067 mean dependent var 1,869,377	Ajuste $R^2$ 0,91007 S.D. de pent var 0,268555	S.E. of Regression 0,080535 Akaike info -210,095	Sum Squared resid 0,11026 Schwartz criterion -2,001,535	log Likelihood 2,195,903 Hannan-Quinn criter -2,084,125	F-statistic 1,831,567 Durbin-Watson Stat 0,06	prob(F- static) 0
14	$R^2$ 0,952743 mean dependent var 1,969,377	Ajuste $R^2$ 0,949963 S.D. de pent var 0,268555	S.E. of Regression 0,060073 Akaike info -2,687,211	Sum Squared resid 0,061349 Schwartz criterion -2,587,796	log Likelihood 275,285 Hannan-Quinn criter -2,670,386	F-statistic 3,427,326 Durbin-Watson Stat 0,25	prob(F- static) 0

	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Ajuste R<sup>2</sup></b>	<b>S.E. of Regression</b>	<b>Sum Squared resid</b>	<b>log Likelihood</b>	<b>F-statistic</b>	<b>prob(F-statistic)</b>
<b>15</b>	0,956341 mean dependent var 1.869.377	0,953773 S.D. depend var 0,268555	0,05774 Akaike info -2.766.418	0,056677 Schwartz criterion -2.667.003	2.828.097 Hannan-Quinn criter -2.749.593	3.723.849 Durbin-Watson Stat 0,35	0
<b>16</b>	0,98644 mean dependent var 1.869.377	0,983728 S.D. depend var 0,268555	0,034257 Akaike info -3.725.189	0,017603 Schwartz criterion -352.636	393.893 Hannan-Quinn criter -369.154	3.637.396 Durbin-Watson Stat 1,04	0
<b>17</b>	0,724862 mean dependent var 1.869.377	0,708677 S.D. depend var 0,268555	0,144951 Akaike info -0,925545	0,357182 Schwartz criterion -0,82613	1.079.268 Hannan-Quinn criter -0,90872	4.478.715 Durbin-Watson Stat 0,62	4,00E-06
<b>18</b>	0,994209 mean dependent var 1.869.377	0,993051 S.D. depend var 0,268555	0,022388 Akaike info -4.575.948	0,007518 Schwartz criterion -4.377.119	4.747.151 Hannan-Quinn criter -4.542.298	8.583.751 Durbin-Watson Stat 1,67	0

La Tabla 7 muestra a los indicadores de cada ecuación. R<sup>2</sup> explica la .F-statistic, y Durbin Watson para detectar autocorrelación en el modelo

### Desarrollo y Análisis de Ecuaciones

Para las siguientes ecuaciones (ecuación 1° y 10°), se tiene que la hipótesis de la significancia de las variables se rechaza para el coeficiente asociado a la población. Debido a que su probabilidad es muy alta, es decir que es mayor al 5%. Por consiguiente la población no es una variable significativa para el modelo.

$$1^{\circ} \quad kwh_t = 45616203 + 0.010512 * PBI_t + 1817.937 * clientes_t - 225.4921 * pob_t + \varepsilon_t$$

$$10^{\circ} \quad \log kwh_t = 0.631718 + 0.340288 * \log PBI_t + 0.468473 * \log clientes_t + 0.422848 * \log pob_t + \varepsilon_t$$

Para los siguientes casos, se tiene que la hipótesis de la significancia de las variables se acepta para todas las variables.

$$2^{\circ} \quad kwh_t = -1007991 + 0.010607 * PBI_t + 1432.668 * clientes_t + \varepsilon_t$$

$$3^{\circ} \quad kwh_t = -117671229.96 + 0.01434 * PBI_t + 592.6558 * Pob_t + \varepsilon_t$$

$$4^{\circ} \quad kwh_t = 29268340 + 0.028587 * PBI_t + \varepsilon_t$$

$$5^{\circ} \quad kwh_t = -9667739 + 2142.59 * Clientes_t + \varepsilon_t$$

$$6^{\circ} \quad kwh_t = -227797885 + 1077.513 * Pob_t + \varepsilon_t$$

$$7^{\circ} \quad kwh_t = -1213967719 + 0.014391 * PBI_t - 28057662 * Precio_t + 630.1462 * Pob_t + \varepsilon_t$$

$$8^{\circ} \quad kwh_t = -66943341 + 626238950 * Precio_t + \varepsilon_t$$

$$9^{\circ} \quad kwh_t = 12922730 + 0.010247 * PBI_t + 1735.967 * Clientes_t - 102465985 * Precio_t + \varepsilon_t$$

$$11^{\circ} \quad Logkwh_t = 4.084521 + 0.351952 * PBI_t + 0.619110 * logclientes_t + \varepsilon_t$$

$$12^{\circ} \quad Logkwh_t = -9.429368 + 0.334009 * logPBI_t + 1.632845 * logPob_t + \varepsilon_t$$

$$13^{\circ} \quad Logkwh_t = 1.093868 + 0.800338 * LogPBI_t + \varepsilon_t$$

$$14^{\circ} \quad Logkwh_t = 7.535245 + 1.005639 * LogClientes_t + \varepsilon_t$$

$$15^{\circ} \quad Logkwh_t = -14.20183 + 2.585099 * LogPob_t + \varepsilon_t$$

$$16^{\circ} \quad Logkwh_t = -10.92974 + 0.332970 * LogPBI_t - 0.072447 * logPrecio_t + 1.746056 * logPob_t + \varepsilon_t$$

$$17^{\circ} \quad Logkwh_t = 20.18294 + 1.306193 * LogPrecio_t + \varepsilon_t$$

$$18^{\circ} \quad \mathbf{Logkwh}_t = 2.072544 + 0.336736 * \mathbf{logPBI}_t + 0.802599 *$$

$$\mathbf{logClientes}_t - 0.272428 * \mathbf{logPrecio}_t + \varepsilon_t$$

#### 4.2.5 Validación y Evaluación de Ecuaciones

- Prueba de Restricción de Coeficientes.

Prueba de Wald - Tabla 8 (Fuente: Elaboración Propia)

PRUEBA DE WALD		
Ecu.	Coeficiente	Significancia de Variables
1°	PBI, clientes y población	Es el coeficiente asociado a la población, lo cual nos permite inducir que dicha variable no es significativa.
2°	PBI, clientes y población	Se induce que todas las variables son significativas para explicar el modelo.
3°	PBI, población	Se induce que todas las variables son significativas para explicar el modelo.
4°	PBI	Se induce que todas las variables son significativas para explicar el modelo.
5°	Clientes	Se induce que todas las variables son significativas para explicar el modelo.
6°	Población	Se induce que todas las variables son significativas para explicar el modelo.
7°	PBI, precio, población	Para el caso del precio, podemos inferir que dichas variables son significativas para el modelo a excepción del precio.
8°	Precio	Para el caso del precio, podemos inferir que dichas variables son significativas para el modelo a excepción del precio.
9°	PBI, clientes, precio	Podemos inferir que dichas variables son significativas para el modelo.
10°	LogPBI, LogClientes, LogPoblación	Es el coeficiente asociado a la población, lo cual nos permite inducir que dicha variable no es significativa.
11°	LogClientes	Se induce que todas las variables son significativas para explicar el modelo.

... continúa **Tabla 8** – Prueba de Wald

12°	LogPBI, LogPoblación	Se induce que todas las variables son significativas para explicar el modelo.
13°	LogPBI	Se induce que la variable independiente es significativa para explicar el modelo.
14°	LogClientes	Se induce que la variable independiente es significativa para explicar el modelo.
15°	Log Población	Se induce que la variable independiente es significativa para explicar el modelo.
16°	LogPBI, LogPrecio, LogPoblación	Para el caso del precio, podemos inferir que dichas variables son significativas para el modelo a excepción del precio.
17°	LogPrecio	Podemos inferir que Log Precio es una variable significativa para el modelo.
18°	LogPBI, LogClientes, LogPrecio	Podemos inferir que dichas variables son significativas para el modelo.

En la tabla 8 el prueba de Wald es un contraste de hipótesis donde se trata de ver la coherencia de afirmar un valor concreto de un parámetro de un modelo probabilístico en un modelo previamente seleccionado y ajustado.

• Prueba de Variables Omitidas – Tabla 9 (Fuente: Elaboración Propia)

<b>PRUEBA DE VARIABLES OMITIDAS</b>		
<b>Ecu.</b>	<b>Prob% Variable omitida</b>	<b>Significancia de Variables</b>
1°	2,65 Precio medio	Se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto el precio es una variable significativa para el modelo.
2°	2,32 Precio medio	Se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto el precio es una variable significativa para el modelo.
3°	70,16 Precio medio	Se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto el precio no es una variable significativa para el modelo.
4°	4,22 Precio medio	se acepta la hipótesis nula, por lo tanto el precio es una variable significativa para el modelo
5°	10,54 Precio medio	se acepta la hipótesis nula, por lo tanto el precio es una variable significativa para el modelo
6°	89,41 Precio medio	Se acepta la hipótesis nula, por lo tanto el precio es una variable significativa para el modelo.
7°	0,00 Clientes	Se acepta la hipótesis nula, por lo tanto la variable clientes es significativa para el modelo.
8°	0,00 Clientes	Se acepta la hipótesis nula, por lo tanto la variable clientes es significativa para el modelo.
9°	21,97 Población	se acepta la hipótesis nula, por lo tanto la variable población no es significativa para el modelo
10°	0,36 Precio medio	Se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto el precio es una variable significativa para el modelo.
11°	0,22 Precio medio	se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto el precio es una variable significativa para el modelo
12°	47,29 Precio medio	Se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto el log precio no es una variable significativa para el modelo
13°	2,47 Precio medio	No se acepta la hipótesis nula, por lo tanto el Log precio no es una variable significativa para el modelo
14°	7,48 Precio medio	se acepta la hipótesis nula, por lo tanto el log precio es una variable significativa para el modelo
15°	61,88 Precio medio	se acepta la hipótesis nula, por lo tanto el log precio es una variable significativa para el modelo
16°	0,01 Clientes	No se acepta la hipótesis nula, por lo tanto la variable Log clientes es significativa para el modelo.
17°	0,00 Clientes	Se acepta la hipótesis nula, por lo tanto la variable Log clientes es significativa para el modelo.
18°	66,21 Clientes	Se acepta la hipótesis nula, por lo tanto la variable log población no es significativa para el modelo.



• Prueba de Variables Redundantes – Tabla 10 (Fuente: Elaboración Propia)

<b>PRUEBA DE VARIABLES REDUNDANTES</b>	
<b>Ecuación</b>	<b>Probabilidad Variable Redundante</b>
1°	16,34% que es mayor al 5%, por lo tanto se concluye que la variable <b>Población es redundante</b> .
2°	0,01% que es menor al 5%, por lo tanto se concluye que la variable <b>PBI no es redundante</b> .
3°	0,01% que es menor al 5%, por lo tanto se concluye que la variable <b>Población no es redundante</b> para el modelo.
4°	0,00% que es menor al 5%, por lo tanto se concluye que la variable <b>PBI no es redundante</b> para el modelo.
5°	0,00% que es menor al 5%, por lo tanto se concluye que la variable <b>Cientes no es redundante</b> para el modelo.
6°	0,00% que es menor al 5%, por lo tanto se concluye que la variable <b>Población no es redundante</b> para el modelo.
7°	0,06% que es menor al 5%, por lo tanto se concluye que la variable <b>Población no es redundante</b> para el modelo
8°	0,00% que es menor al 5%, por lo tanto se concluye que la variable <b>Precio no es redundante</b> para el modelo.
9°	0,00% que es menor al 5%, por lo tanto se concluye que la variable <b>Precio no es redundante</b> para el modelo.
10°	47,63% que es mayor al 5%, por lo tanto se concluye que la variable <b>población es redundante</b> .
11°	0,00% que es menor al 5%, por lo tanto se concluye que la variable <b>logPBI no es redundante</b> .
12°	0,00% que es menor al 5%, por lo tanto se concluye que la variable <b>Log PBI no es redundante</b> para el modelo.
13°	0,00% que es menor al 5%, por lo tanto se concluye que la variable <b>Log PBI no es redundante</b> para el modelo.
14°	0,00% que es menor al 5%, por lo tanto se concluye que la variable <b>log Cientes no es redundante</b> para el modelo.
15°	0,00% que es menor al 5%, por lo tanto se concluye que la variable <b>Log Pob no es redundante</b> para el modelo.
16°	0,00% que es menor al 5%, por lo tanto se concluye que la variable <b>Log Pob no es redundante</b> para el modelo.
17°	0,00% que es menor al 5%, por lo tanto se concluye que la variable <b>Log Precio no es redundante</b> para el modelo.
18°	0,22% que es menor al 5%, por lo tanto se concluye que la variable <b>Precio no es redundante</b> para el modelo.

• Multicolinealidad – Tabla 11 (Fuente: Elaboración Propia)

<b>MULTICOLINEALIDAD:</b>		
<b>Ecuación</b>	<b>Determinante</b>	<b>Existencia de multicolinealidad</b>
1°	0,004473	El valor de la determinante es mayor a cero, no existe Multicolinealidad en el modelo.
2°	0,160031	El valor de la determinante es mayor a cero, no existe Multicolinealidad en el modelo.
3°	0,18812	El valor de la determinante es mayor a cero, no existe Multicolinealidad en el modelo.
4°		No se verifica presencia de multicolinealidad porque sólo se ha tomado en cuenta una variable independiente.
5°		No se verifica presencia de multicolinealidad porque sólo se ha tomado en cuenta una variable independiente.
6°		No se verifica presencia de multicolinealidad porque sólo se ha tomado en cuenta una variable independiente.
7°	0,035609	El valor de la determinante es mayor a cero, no existe Multicolinealidad en el modelo.
8°		No se verifica presencia de multicolinealidad porque sólo se ha tomado en cuenta una variable independiente.
9°		No se verifica presencia de multicolinealidad porque sólo se ha tomado en cuenta una variable independiente.
10°	0,003036	El valor de la determinante es mayor a cero, no existe Multicolinealidad en el modelo.
11°	0,204605	El valor de la determinante es mayor a cero, no existe Multicolinealidad en el modelo.
12°	0,185779	El valor de la determinante es mayor a cero, no existe Multicolinealidad en el modelo.
13°		No se verifica presencia de multicolinealidad porque sólo se ha tomado en cuenta una variable independiente.
14°		No se verifica presencia de multicolinealidad porque sólo se ha tomado en cuenta una variable independiente.

... continúa Tabla 11 – Multicolinealidad

15°		No se verifica presencia de multicolinealidad porque sólo se ha tomado en cuenta una variable independiente.
16°	0,012009	El valor de la determinante es mayor a cero, no existe Multicolinealidad en el modelo.
17°		No se verifica presencia de multicolinealidad porque sólo se ha tomado en cuenta una variable independiente.
18°	0,033070	El valor de la determinante es mayor a cero, no existe Multicolinealidad en el modelo.

En la tabla 11 se busca la multicolinealidad, que es cuando existe una correlación entre variables explicativas lo cual es perjudicial para el modelo,

• Autocorrelación – Tabla 12 (Fuente: Elaboración Propia)

<b>AUTOCORRELACIÓN:</b>			
<b>Ecuación</b>	<b>Durbin-Watson</b>	<b>Probabilidad %</b>	<b>hipótesis nula</b>
1°	1,34	36,79	Mayor al 5% se establece la ausencia de autocorrelación
2°	1,27	52,14	Mayor al 5% se establece la ausencia de autocorrelación
3°	1,04	11,22	Mayor al 5% se establece la ausencia de autocorrelación
4°	1,04	2,35	Menor al 5% se establece la existencia de autocorrelación
5°	0,29	50,21	Mayor al 5% se establece la ausencia de autocorrelación
6°	0,28	0,14	Menor al 5% se establece la existencia de autocorrelación
7°	1,02	8,83	Mayor al 5% se establece la ausencia de autocorrelación
8°	0,75	7,80	Mayor al 5% se establece la ausencia de autocorrelación
9°	1,49	55,90	Mayor al 5% se establece la ausencia de autocorrelación
10°	1,16	16,96	Mayor al 5% se establece la ausencia de autocorrelación
11°	1,14	16,24	Mayor al 5% se establece la ausencia de autocorrelación

... continúa Tabla 12 – Autocorrelación

12°	1,08	19,11	Mayor al 5% se establece la ausencia de autocorrelación
13°	0,06	0,68	Menor al 5% se establece la existencia de autocorrelación
14°	0,25	0,39	Menor al 5% se establece la existencia de autocorrelación
15°	0,35	0,27	Menor al 5% se establece la existencia de autocorrelación
16°	1,04	19,58	Mayor al 5% se establece la ausencia de autocorrelación
17°	0,62	3,38	Menor al 5% se establece la existencia de autocorrelación
18°	1,67	26,98	Mayor al 5% se establece la ausencia de autocorrelación

En la Tabla 12 se busca la autocorrelación, que es cuando los términos de error del modelo no son independientes, lo que significa los errores estarán relacionados con errores rezagados. Los estimadores mínimos cuadráticos ordinarios (MCO) obtenidos, bajo esta circunstancia, dejan de ser eficientes.

El indicador Durbin-Watson señala la inexistencia de autocorrelación si su valor no es próximo a 2

- **Heteroscedasticidad (Fuente: Elaboración Propia)**

**Prueba de White – Tabla 13**

<b>HETEROSCEDASTICIDAD:</b>				<b>PRUEBA DE WHITE</b>	
<b>Ecuación</b>	<b>Probabilidad %</b>	<b>%</b>	<b>Hipótesis Nula</b>	<b>Problema con heteroscedasticidad</b>	<b>Requiere</b>
1°	0,32	< 5	se rechaza	si	corrección
2°	7,36	> 5	se acepta	no	
3°	14,77	> 5	se acepta	no	
4°	17,08	> 5	se acepta	no	
5°	6,24	> 5	se acepta	no	
6°	26,04	> 5	se acepta	no	
7°	25,92	> 5	se acepta	no	
8°	63,64	> 5	se acepta	no	
9°	0,68	< 5	se rechaza	si	corrección
10°	65,72	> 5	se acepta	no	
11°	88,06	> 5	se acepta	no	
12°	22,45	> 5	se acepta	no	
13°	26,88	> 5	se acepta	no	
14°	2,99	<5	se rechaza	si	corrección
15°	56,73	> 5	se acepta	no	
16°	30,18	> 5	se acepta	no	
17°	77,20	> 5	se acepta	no	
18°	18,23	> 5	se acepta	no	

Tabla 13 muestra los resultados de la prueba de White que es la prueba más común para detectar la heteroscedasticidad, que es cuando la varianza de las perturbaciones o errores es de forma diferente y no homogénea.

La corrección implica que el modelo con presencia de heteroscedasticidad no será procesado por el Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios, sino se utilizara el Método de Mínimos Cuadrados Generalizados.

Resumen del Modelo Econométrico (Tasa de Crecimiento) – Tabla 15 (Fuente: Elaboración Propia)

<b>RESUMEN DEL MÉTODO ECONÓMETRICO PARA LAS VENTAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA (1995-2013)</b>									
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Ventas (PEL, Clientes, Pobl.)</b>	<b>Ventas (PEL, Clientes)</b>	<b>Ventas (PEL, Pobl.)</b>	<b>Ventas (PEL, Clientes)</b>	<b>Ventas (Pobl.)</b>	<b>Ventas (PEL, Precio, Pobl.)</b>	<b>Ventas (Precio)</b>	<b>Ventas (PEL, Clientes, Precio)</b>	
Valor Inicial (Mwh) 1995	80.574,62	82.577,90	85.478,86	99.707,40	77.274,06	1.005.638,50	56.737,55	87.547,05	
Valor Final (Mwh) 2013	204.964,59	207.288,74	195.199,70	189.491,61	194.828,57	-897.350,92	183.032,25	209.811,69	
<b>Tasa de Crecimiento Prom. (1995-2013)</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>-0,01</b>	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>	
R <sup>2</sup>	<b>0,99</b>	<b>0,99</b>	<b>0,97</b>	<b>0,92</b>	<b>0,93</b>	<b>0,97</b>	<b>0,75</b>	<b>0,99</b>	
F	468,61	676,13	276,41	192,98	220,16	174,56	49,81	604,72	
Prob (terrico)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Prob (tpe)	0	0	0	0		0		0	
Prob (tclientes)	0	0						0	
Prob (tpoblación)	0,22		0		0	0			
Prob (tprecio)						0,7	0	0,02	
<b>Tasa de Crecimiento (2014-2033)</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>-0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	
<b>EVALUACIÓN DEL MODELO</b>	<b>NO ACEPTA</b>	<b>ACEPTA</b>	<b>NO ACEPTA</b>	<b>NO ACEPTA</b>	<b>NO ACEPTA</b>	<b>NO ACEPTA</b>	<b>ACEPTA</b>	<b>ACEPTA</b>	

La Tabla 15 acepta o rechaza los modelos analizados tomando en cuenta la presencia de multicolinealidad, autocorrelación o heterocedasticidad.

Resumen del Modelo Econométrico (Tasa de Aceleración de Crecimiento) – Tabla 16 (Fuente: Elaboración Propia)

<b>RESUMEN DEL MÉTODO ECONÓMETRICO PARA LAS VENTAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA (1995-2013)</b>									
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Log Ventas Log (PBI, Clientes, Pobl.)</b>	<b>Log Ventas Log (PBI, Clientes)</b>	<b>Log Ventas Log (PBI, Pobl.)</b>	<b>Log Ventas Log (PBI)</b>	<b>Log Ventas Log (Clientes)</b>	<b>Log Ventas Log (Pobl.)</b>	<b>Log Ventas Log (PBI, Precio, Pobl.)</b>	<b>Log Ventas Log (Precio)</b>	<b>Log Ventas Log (PBI, Clientes, Precio)</b>
Valor Inicial (logkW.h) 1995	8,29	10,24	2,61	8,61	12,16	-0,11	1,77	19,15	9,12
Valor Final (logkW.h) 2013	8,66	10,62	2,96	8,90	12,58	0,26	2,11	19,55	9,49
<b>Tasa de Aceleración del Crecimiento Prom. (1995-2013)</b>	<b>0,25</b>	<b>0,20</b>	<b>0,70</b>	<b>0,18</b>	<b>0,19</b>	<b>3</b>	<b>0,99</b>	<b>0,11</b>	<b>0,22</b>
R <sup>2</sup>	<b>0,989443</b>	<b>0,988306</b>	<b>0,971872</b>	<b>0,91904</b>	<b>0,968058</b>	<b>0,928318</b>	<b>0,972155</b>	<b>0,745538</b>	<b>0,9918</b>
F	4,686,051	6,761,272	2,764,101	192,981	5,152,162	220,159	1,745,647	4,980,773	604,724
Prob (t <sub>tráfico</sub> )%	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Prob (t <sub>PBI</sub> )%	0,01	0,01	0,01	0,00			0,02		0,00
Prob (t <sub>clientes</sub> )%	0,02	0,00			0,00				0,00
Prob (t <sub>población</sub> )%	22,32		0,01			0,00	0,06		
Prob (t <sub>precio</sub> )%							70,16	0,00	2,32
<b>Tasa de Aceleración de crecimiento (2014-2033)</b>	<b>0,12</b>	<b>0,09</b>	<b>0,41</b>	<b>0,02</b>	<b>0,08</b>	<b>3,36</b>	<b>0,56</b>	<b>0,05</b>	<b>0,10</b>
<b>EVALUACIÓN DEL MODELO</b>	<b>NO ACEPTA</b>	<b>ACEPTA</b>	<b>NO ACEPTA</b>	<b>NO ACEPTA</b>	<b>ACEPTA</b>	<b>NO ACEPTA</b>	<b>NO ACEPTA</b>	<b>NO ACEPTA</b>	<b>ACEPTA</b>



### 4.3 Método de series de tiempo o Tendencial

#### 4.3.1 Data, consumo histórico de Energía Eléctrica kW.h – Tabla 17

(Fuente: ELSE)

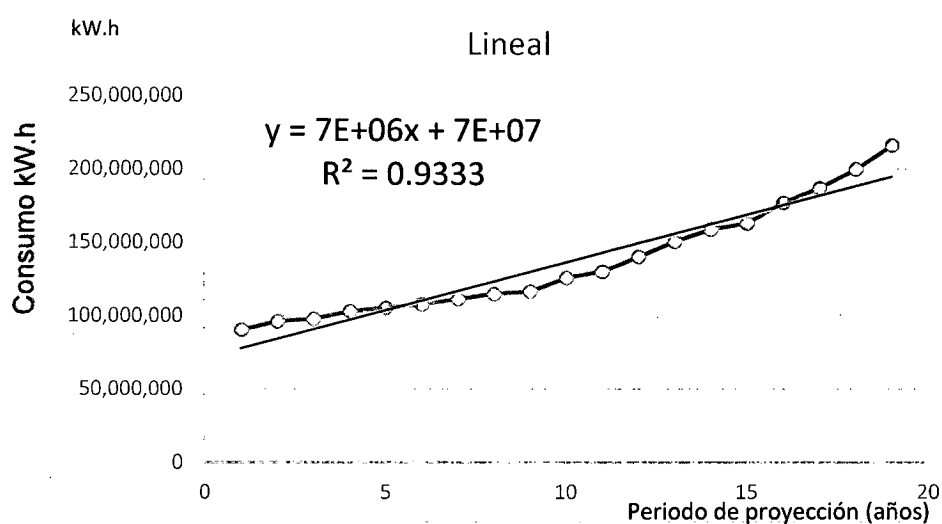
Año	Cusco (kW.h)
1995	89.755.318
1996	95.446.335
1997	97.319.657
1998	102.663.466
1999	104.768.464
2000	107.384.268
2001	110.789.990
2002	114.491.720
2003	116.043.067
2004	125.481.957
2005	129.720.593
2006	139.805.335
2007	150.173.331
2008	158.672.232
2009	162.790.091
2010	176.867.637
2011	187.161.095
2012	199.929.098
2013	216.444.788

La data de consumo de energía eléctrica del sistema eléctrico de la ciudad del Cusco fue suministrada por la empresa de distribución ELSE de su base informática histórica.1995-2013

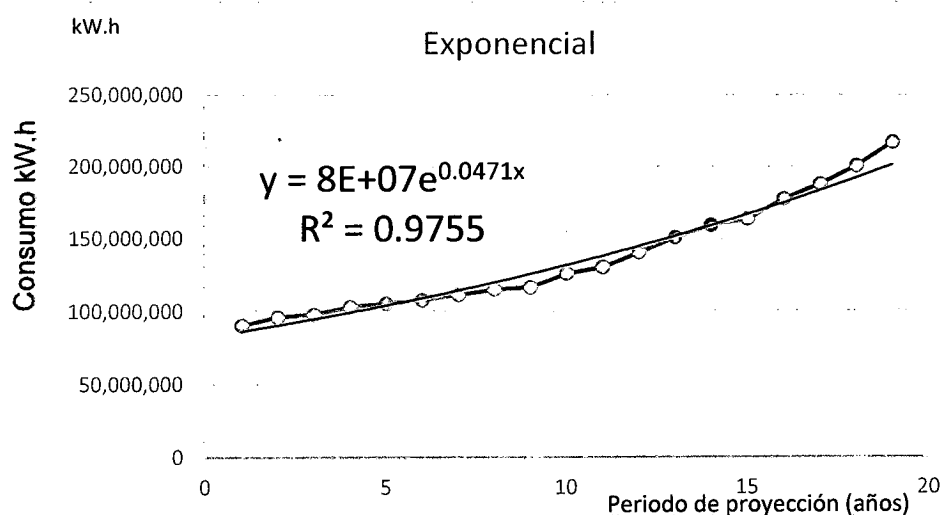
### 4.3.2 Análisis y selección de curvas

Utilizando la línea de tendencia se realiza la comparación con las funciones o curvas que contengan un coeficiente determinante ( $R^2$ ) más próximo a 1.

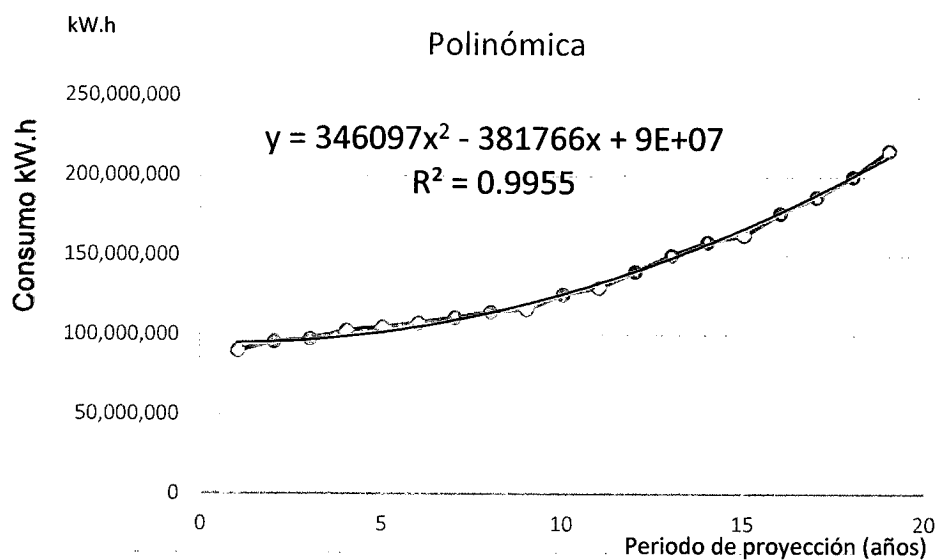
- Ecuación Lineal consumo ciudad del Cusco – Figura 20 (Fuente: Elaboración Propia)



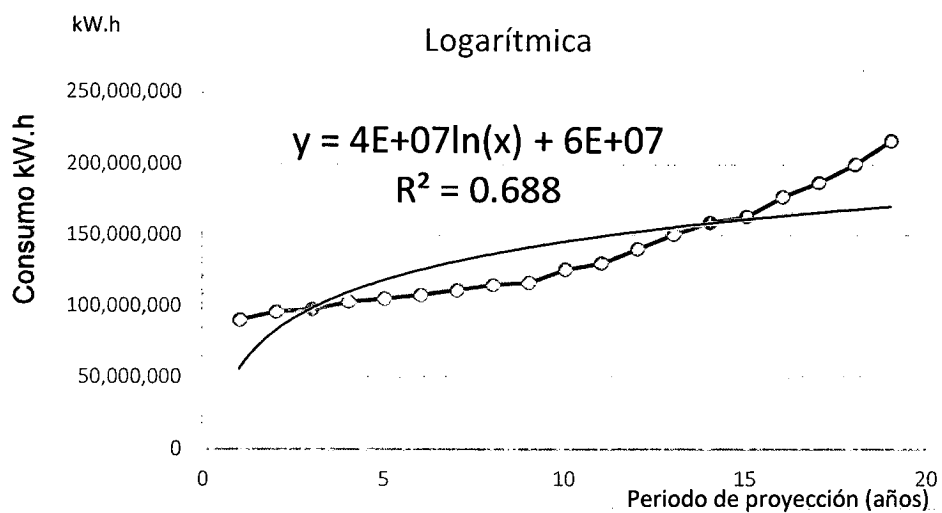
- Ecuación Exponencial – Figura 21 (Fuente: Elaboración Propia)



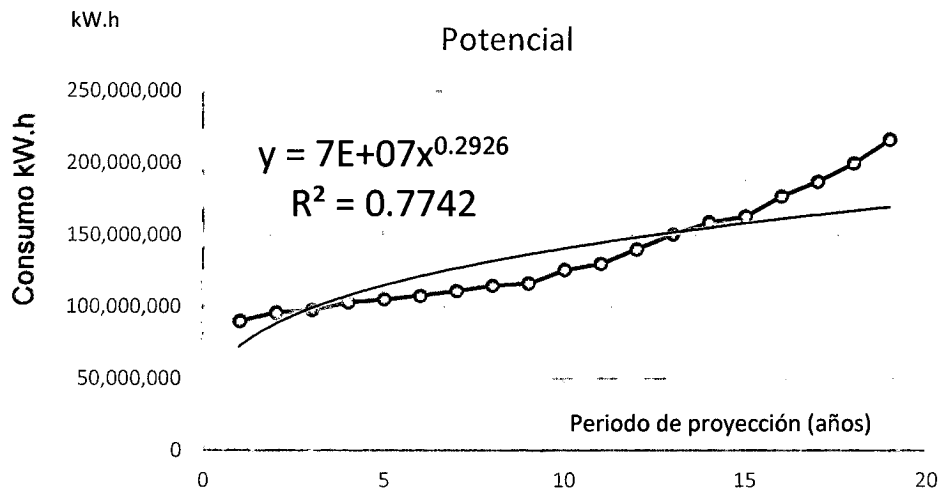
- Ecuación Polinómica – Figura 22 (Fuente: Elaboración Propia)



- Ecuación Logarítmica – Figura 23 (Fuente: Elaboración Propia)



- Ecuación Potencial – Figura 24 (Fuente: Elaboración Propia)



Cuadro resumen Método Tendencial – Tabla 18 (Fuente: Elaboración Propia)

<b>RESUMEN DEL MÉTODO TENDENCIAL PARA LAS VENTAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA (1995-2013)</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>LINEAL</b>	<b>EXPONENCIAL</b>	<b>POLINÓMICA</b>	<b>LOGARÍTMICA</b>	<b>POTENCIAL</b>
Valor Inicial (kW.h) <sub>1995</sub>	77.000.000	83.858.146	89.964.331	60.000.000	70.000.000
Valor Final (kW.h) <sub>2013</sub>	203.000.000	195.767.285	207.687.463	177.777.559	165.676.665
Tasa de Crecimiento Prom. (1995-2013) %	5,53	4,82	4,76	6,22	4,90
R <sup>2</sup>	0,9333	0,9755	0,9955	0,688	0,7742
Tasa de Crecimiento (2014-2033) %	2,43	4,82	5,10	0,66	0,94
° <b>EVALUACIÓN DEL MODELO</b>	<b>ACEPTA</b>	<b>ACEPTA</b>	<b>ACEPTA</b>	<b>NO ACEPTA</b>	<b>NO ACEPTA</b>

La tabla 18 es el resumen del método tendencial, en la cual se eligen las curvas con un coeficiente determinante  $R^2$  más próximo a 1, lo cual significa un mejor ajuste a los datos a la línea de tendencia. Se aceptan las ecuaciones Lineal, Exponencial y Polinómica y se rechazan Logarítmica y Potencial por su  $R^2$  más bajo.

Tasas de proyección según escenario de proyección Tabla – 19  
(Fuente: Elaboración Propia)

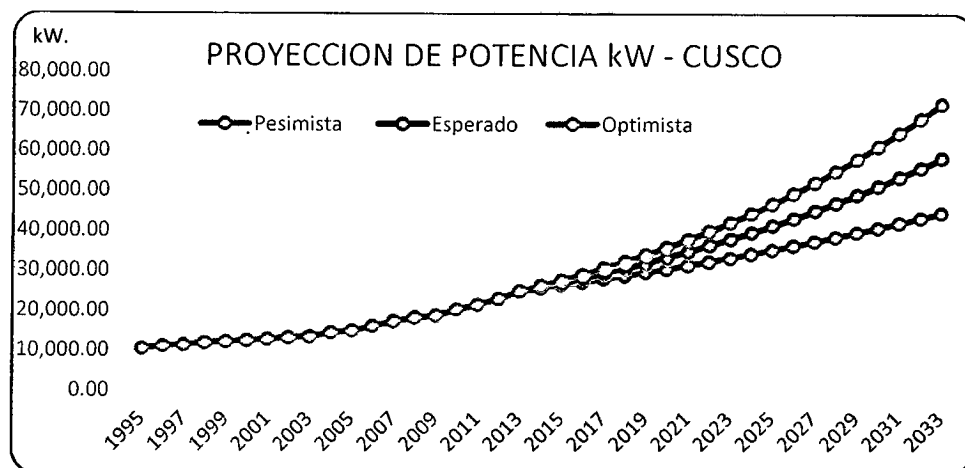
<b>TASAS DE PROYECCIÓN</b>				
<b>MODELOS ACEPTADOS</b>	<b>Tasas de Crecimiento %</b>	<b>ESCENARIOS</b>		
		<b>Pesimista (&lt;2do Cuartil) %</b>	<b>Esperado (Todos) %</b>	<b>Optimista (&gt;3er Cuartil) %</b>
<b>ECONOMÉTRICOS</b>	Ventas (PBI, Clientes, Pob.)			
	Ventas (PBI, Clientes)	2,39	2,39	2,39
	Ventas (PBI, Pob.)			
	Ventas (PBI)			
	Ventas (Clientes)	2,39	2,39	2,39
	Ventas (Pob.)			
	Ventas (PBI, Precio, Pob.)			
	Ventas (Precio)	2,10	2,10	2,10
	Ventas (PBI, Clientes, Precio)	2,39	2,39	2,40
	<b>TENDENCIA</b>	LINEAL	2,43	
EXPONENCIAL		4,82		4,82
POLINÓMICA		5,10		5,10
LOGARÍTMICA				
POTENCIAL				
<b>TASA PROMEDIO</b>		<b>2,32%</b>	<b>3,09%</b>	<b>4,96%</b>

La Tabla 19 realiza el promedio de las tasas de crecimiento con mayor aceptación obtener las tasas promedio de cada escenario de proyección

**Resultados de la proyección de Potencia eléctrica en los tres escenarios – Tabla 20 (Fuente: Elaboración Propia)**

<b>Proyección de Consumo Cusco (kW.)</b>			
<b>Años</b>	<b>Pesimista</b>	<b>Esperado</b>	<b>Optimista</b>
2013	24.708,31	24.708,31	24.708,31
2014	25.432,59	25.774,60	26.034,33
2015	26.179,06	26.888,41	27.434,56
2016	26.948,43	28.051,89	28.913,29
2017	27.741,42	29.267,34	30.475,12
2018	28.558,78	30.537,12	32.124,91
2019	29.401,30	31.863,75	33.867,80
2020	30.269,78	33.249,82	35.709,26
2021	31.165,05	34.698,09	37.655,08
2022	32.087,98	36.211,40	39.711,43
2023	33.039,44	37.792,77	41.884,83
2024	34.020,35	39.445,33	44.182,21
2025	35.031,66	41.172,37	46.610,93
2026	36.074,35	42.977,34	49.178,78
2027	37.149,43	44.863,85	51.894,06
2028	38.257,95	46.835,67	54.765,58
2029	39.400,98	48.896,76	57.802,66
2030	40.579,63	51.051,27	61.015,25
2031	41.795,07	53.303,53	64.413,88
2032	43.048,48	55.658,11	68.009,74
2033	44.341,09	58.119,75	71.814,74

**Proyección de Potencia eléctrica en los tres escenarios - Figura 25**



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41 – Cargas Especiales Cusco (Fuente: Elaboración Propia)

CARGAS ESPECIALES CUSCO MW.						
CARGAS ESPECIALES	Uso de Suelos	2014	2018	2023	2028	2033
HOTEL MARRIOTT (PLANTA MANTTO Y LAVANDERIA)	Centro Histórico	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73
CLINICA MÉDICOS ASOCIADOS	Centro Médico	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
HOSPITAL ANTONIO LORENA	Centro Médico	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
CENTRO COMERCIAL MARURI	Comercial	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
CENTRO COMERCIAL ARTESANAL	Comercial	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
CENTRO COMERCIAL COPACABANA	Comercial	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
HOTEL UCCHULLO ALTO	Comercial	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
CENTRO COMERCIAL BELEN	Comercial	0,65	0,65	0,72	0,72	0,72
LODGE MOUNTAIN	Comercial	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73
LORSEMON	Comercial	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17
HOTEL MONASTERIO AMPLIACION	Comercial	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17
CENTRO COMERCIAL JOCKEY PLAZA	Comercial		4,99	4,99	4,99	4,99
HOTEL RADISSON	Comercial	7,37	7,37	7,37	7,37	7,37
CENTRO COMERCIAL PLAZA IMPERIAL	Comercial		1,85	1,85	1,85	1,85
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA	Educación	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
GRAN UNIDAD ESCOLAR INCA RIPAC- SAN SEBASTIAN	Educación	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
FACULTAD DERECHO UNIVERSIDAD ANDINA	Educación		0,42	0,42	0,42	0,42
ENRIQUE FERREYROS	Industrial	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
ASOC. DE PROD-. DE LADRULLIOS Y TEJAS	Industrial	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76
PLANTA EMAPAT.PM.	Industrial	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
CERVESUR	Industrial	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10
SEDA CUSCO	Industrial	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
CONDOMIO KAPER	Residencial (Urbano 1)	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
CONDOMINIO JACARANDA	Residencial (Urbano 1)	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
CONDOMINIO HATUN AYLLU	Residencial (Urbano 1)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
CENTRO VERSALLES	Residencial (Urbano 1)	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
REAL PLAZA (SEGUNDA ETAPA)	Comercial		1,00	1,00	1,00	1,00
PLAZA VEA (SAN JERONIMO)	Comercial		1,00	1,00	1,00	1,00
PROMART (SAN JERONIMO)	Comercial		1,00	1,00	1,00	1,00

**4.4 Análisis del mercado eléctrico de la Ciudad del Cusco**  
**4.4.1 Identificación de componentes del mercado eléctrico de la ciudad del Cusco**

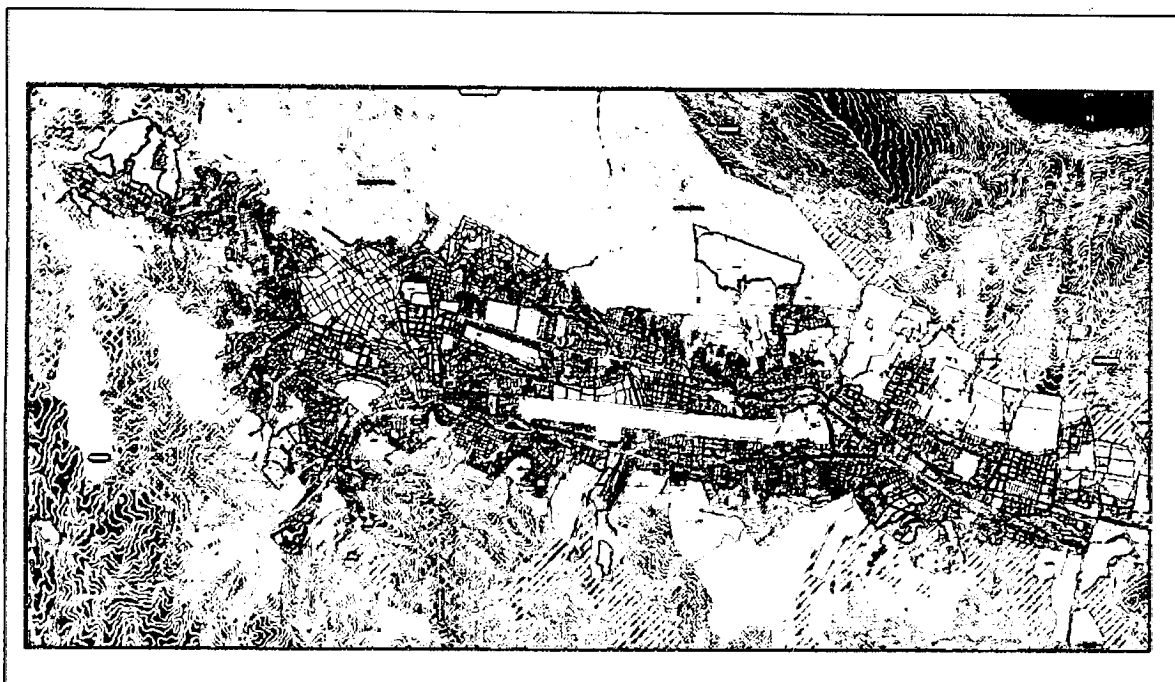
Tabla 21 – Consumo histórico por uso de suelos (Fuente: Elaboración Propia)

<b>CONSUMO HISTÓRICO (kw.h) CIUDAD DEL CUSCO</b>									
	<b>CENTRO HISTÓRICO</b>	<b>CENTRO MÉDICO</b>	<b>COMERCIAL</b>	<b>EDUCACIÓN</b>	<b>INDUSTRIAL</b>	<b>URBANO 1</b>	<b>URBANO 2</b>	<b>URBANO 3</b>	
2003	27.849.518,51	91.991,78	21.872.582,97	658.515,30	4.555.353,92	33.648.397,06	27.013.195,60	353.514,22	
2004	29.674.561,79	127.170,14	23.990.135,84	775.299,51	4.986.404,21	35.880.027,16	29.527.931,51	520.426,47	
2005	30.207.852,84	167.953,93	25.138.204,83	872.051,36	5.214.609,08	36.551.909,12	30.836.068,76	731.948,95	
2006	32.031.351,24	231.054,84	27.438.203,62	1.021.726,09	5.680.360,43	38.787.092,66	33.543.227,40	1.072.314,22	
2007	33.816.112,48	316.470,30	29.817.422,93	1.191.845,38	6.160.600,50	40.978.627,36	36.328.185,31	1.564.070,62	
2008	35.069.113,32	425.797,94	31.830.042,81	1.365.708,58	6.563.309,53	42.528.520,32	38.648.731,87	2.241.007,63	
2009	35.104.644,31	553.016,17	32.797.665,13	1.510.548,95	6.749.340,05	43.287.023,67	39.688.511,27	3.099.341,45	
2010	36.430.777,26	830.322,96	36.443.160,64	1.640.851,12	7.371.927,68	46.835.703,01	43.733.445,47	3.581.448,85	
2011	37.896.475,18	1.080.322,96	38.705.314,61	1.656.176,21	7.553.747,60	49.429.496,69	46.649.290,57	4.190.271,18	
2012	41.088.840,61	1.144.268,37	41.125.044,85	1.671.370,49	7.958.925,29	52.757.946,17	49.518.736,60	4.663.965,63	
2013	45.061.432,02	1.229.502,26	44.312.025,31	1.736.634,10	8.511.476,80	57.105.155,32	53.311.251,93	5.177.303,64	

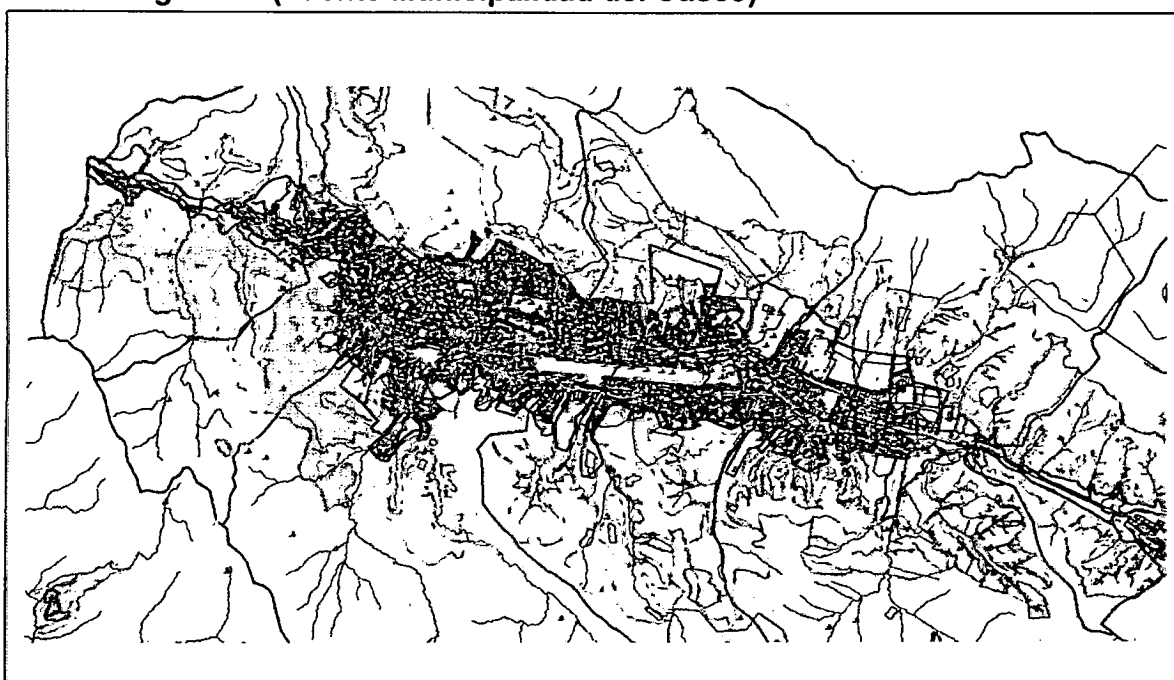


#### 4.4.2 Georreferenciación

##### Plano desarrollo urbano – Figura 26 (Fuente Municipalidad del Cusco)



Plano Ubicación de Subestaciones de Distribución ciudad del Cusco –  
Figura 27 (Fuente Municipalidad del Cusco)

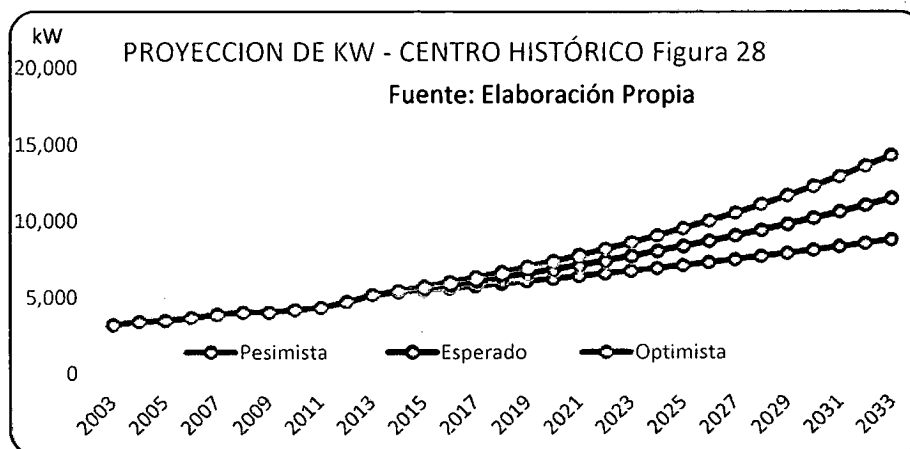


#### 4.4.3 Proyección de Potencia eléctrica según uso de suelos

- **Proyección sector Centro Histórico** (Fuente: Elaboración Propia)

CENTRO HISTÓRICO (kW) Tabla 22					
Escenarios	2013	2018	2023	2028	2033
Conservador		5.871,99	6.703,01	7.651,63	8.734,51
Esperado	5.144,00	6.282,87	7.673,89	9.372,87	11.448,01
Optimista		6.641,21	8.574,20	11.069,80	14.291,77

Se estima una tasa de crecimiento de 4.08% para el periodo 2013-2033

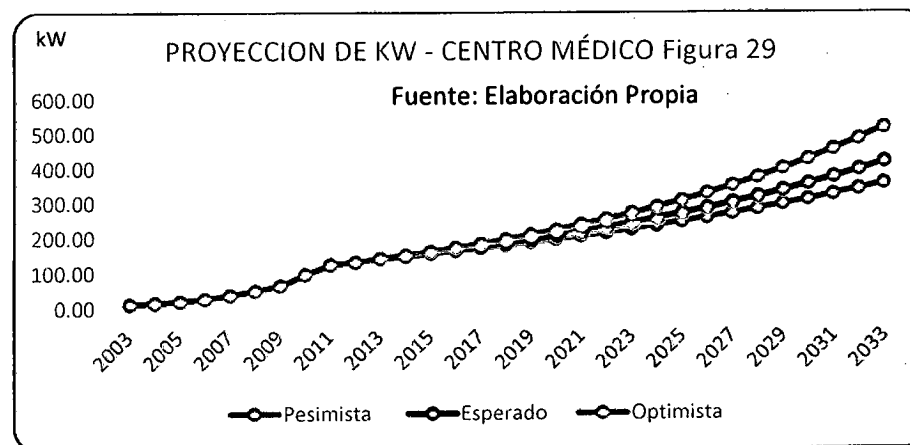


Representación gráfica de la proyección para centro histórico en sus tres escenarios

- **Proyección sector Centro Médico** (Fuente: Elaboración Propia)

CENTRO MÉDICO (kW) Tabla 23					
Escenarios	2013	2018	2023	2028	2033
Conservador		177,05	223,35	281,74	355,41
Esperado	140,35	184,35	242,14	318,04	417,73
Optimista		194,44	269,37	373,17	516,97

Se estima una tasa de crecimiento de 5.46% para el periodo 2013-2033

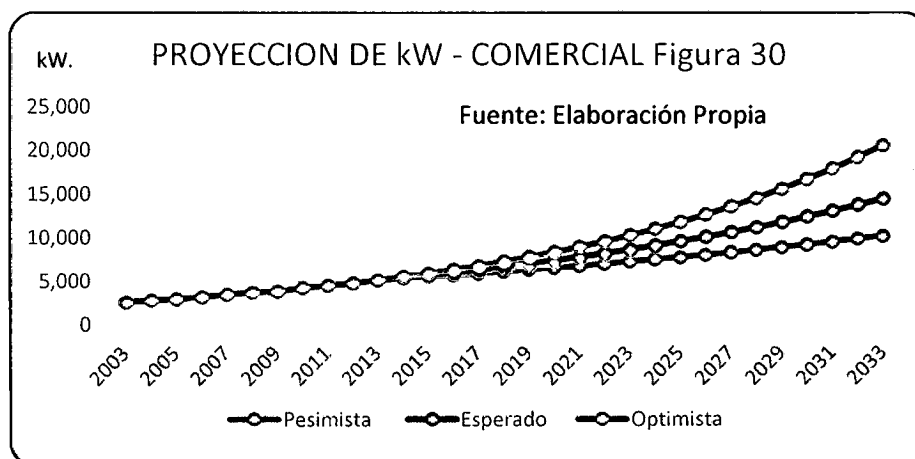


Representación gráfica de la proyección para centro médico en sus tres escenarios

• **Proyección sector Comercial** (Fuente: Elaboración Propia)

COMERCIAL (kW) tabla 24					
Escenarios	2013	2018	2023	2028	2033
Conservador		6.008,44	7.136,84	8.477,16	10.069,19
Esperado	5.058,00	6.568,67	8.529,78	11.076,38	14.383,28
Optimista		7.178,28	10.186,47	14.455,29	20.513,03

Se estima una tasa de crecimiento de 4.95% para el periodo 2013-2033

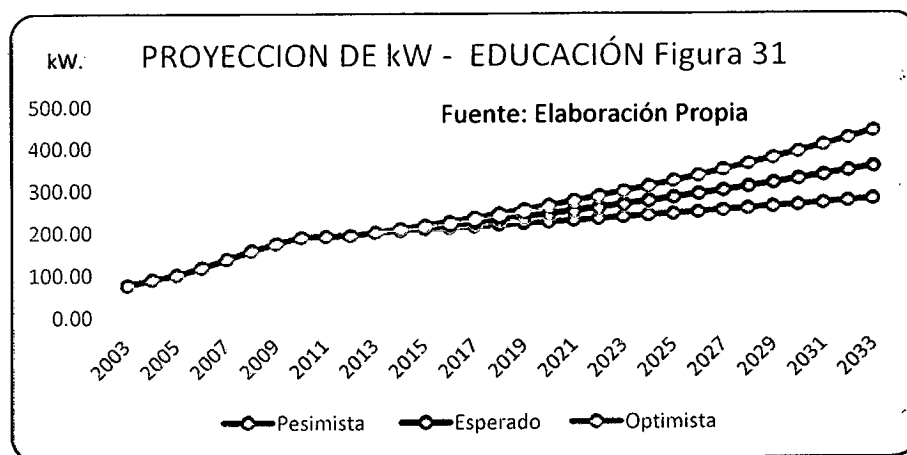


Representación gráfica de la proyección para el sector comercial en sus tres escenarios

• **Proyección sector Educación** (Fuente: Elaboración Propia)

EDUCACIÓN (kW) Tabla 25					
Escenarios	2013	2018	2023	2028	2033
Conservador		215,22	233,64	253,64	275,35
Esperado	198,25	229,09	264,74	305,93	353,54
Optimista		241,86	295,08	360,00	439,20

Se estima una tasa de crecimiento de 3.64% para el periodo 2013-2033

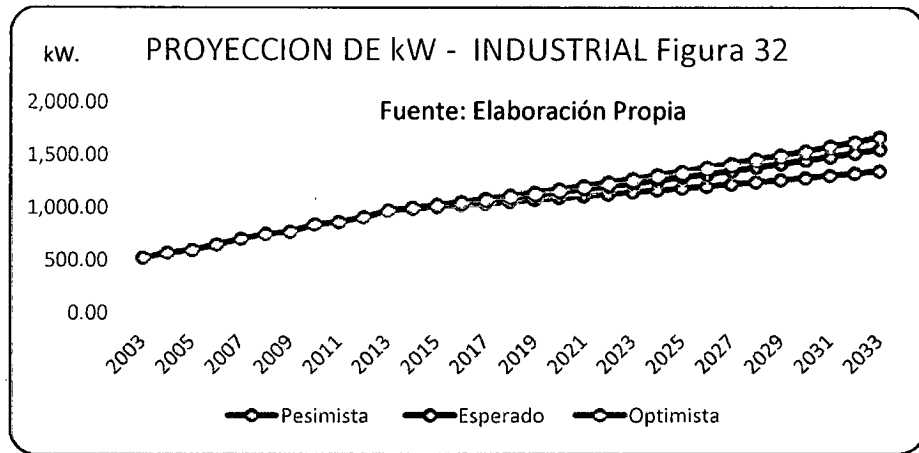


Representación gráfica de la proyección para el sector educación en sus tres escenarios

• **Proyección sector Industrial (Fuente: Elaboración Propia)**

<b>INDUSTRIAL (kW) Tabla 26</b>					
Escenarios	2013	2018	2023	2028	2033
Conservador		1.054,01	1.143,39	1.240,33	1.345,50
Esperado	961,73	1.092,11	1.227,53	1.379,74	1.550,82
Optimista		1.112,11	1.272,91	1.456,95	1.667,60

Se estima una tasa de crecimiento de 2.98% para el periodo 2013-2033

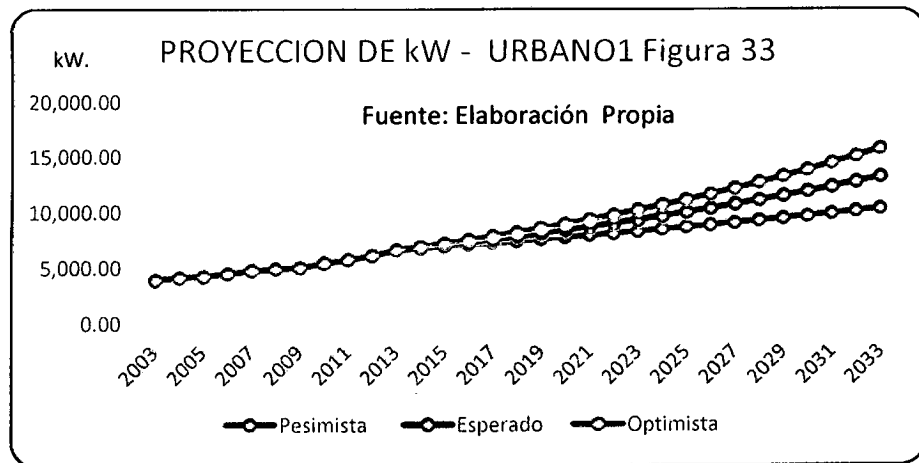


Representación gráfica de la proyección para el sector industrial en sus tres escenarios

• **Proyección sector Residencial (Urbano 1) (Fuente: Elaboración Propia)**

<b>URBANO 1 (kW) tabla 27</b>					
Escenarios	2013	2018	2023	2028	2033
Conservador		7.305,09	8.186,16	9.173,49	10.279,90
Esperado	6.518,85	7.770,56	9.262,62	11.041,17	13.161,23
Optimista		8.124,17	10.124,82	12.618,14	15.725,46

Se estima una tasa de crecimiento de 5.33% para el periodo 2013-2033

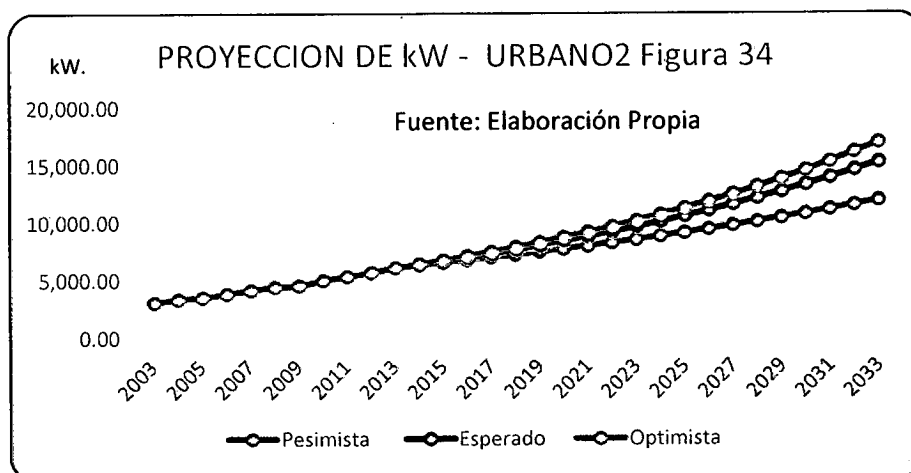


Representación gráfica de la proyección para el sector urbano 1 en sus tres escenarios

• **Proyección sector Residencial (Urbano 2)** (Fuente: Elaboración Propia)

URBANO 2 (kW) Tabla 23					
Escenarios	2013	2018	2023	2028	2033
Conservador		7.194,25	8.504,64	10.053,71	11.884,94
Esperado	6.085,76	7.652,81	9.623,36	12.101,31	15.217,33
Optimista		7.862,51	10.157,98	13.123,61	16.955,07

Se estima una tasa de crecimiento de 5.26% para el periodo 2013-2033

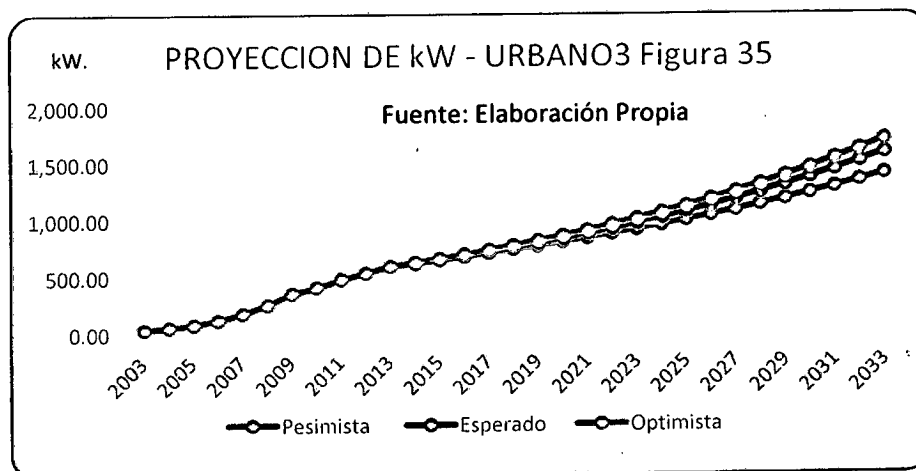


Representación gráfica de la proyección para el sector urbano 2 en sus tres escenarios

• **Proyección sector Rural (Urbano 3)** (Fuente: Elaboración Propia)

URBANO 3 (kW) tabla 29					
Escenarios	2013	2018	2023	2028	2033
Conservador		732,73	908,42	1.126,24	1.396,29
Esperado	591,02	756,66	968,72	1.240,22	1.587,82
Optimista		770,32	1.004,02	1.308,63	1.705,64

Se estima una tasa de crecimiento de 5.89% para el periodo 2013-2033



Representación gráfica de la proyección para sector urbano 3 en sus tres escenarios.

5.1.4 Balance de Oferta y Demanda por uso de suelos – Tabla 37 (Fuente: Elaboración Propia)

BALANCE DE OFERTA Y DEMANDA POR USO DE SUELOS (KW)															
Potencia Instalada (KW)		2013			2018			2023			2028			2033	
Alimentador	Pot. Inst.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.
Centro Histórico	24.213,13	10.489,13	0,46	12.158,70	0,53	14.850,61	0,65	18.138,51	0,79	22.154,34	0,96	27.770,74	1,11	30.264,59	1,41
Centro Médico	1.083,00	401,57	0,39	514,26	0,50	670,98	0,65	875,45	0,85	1.142,23	1,11	1.442,23	1,57	1.832,11	2,21
Comercial	18.669,40	10.466,15	0,59	13.113,51	0,74	16.839,99	0,95	21.625,42	1,22	27.770,74	1,57	30.264,59	1,91	33.433,54	2,21
Educación	1.890,50	510,61	0,28	609,06	0,34	728,33	0,41	870,96	0,48	1.041,52	0,58	1.264,59	0,96	1.514,23	1,11
Industrial	4.251,25	2.235,88	0,55	2.493,24	0,62	2.887,25	0,71	3.343,54	0,83	3.871,93	0,96	4.422,23	1,11	5.014,23	1,41
Residencial (Urbano 1)	2.2657,50	12.573,07	0,58	15.271,33	0,71	19.182,10	0,89	24.094,37	1,12	30.264,59	1,41	36.433,54	1,71	42.602,23	2,01
Residencial (Urbano 2)	26.413,80	12.501,89	0,50	16.668,12	0,66	22.526,15	0,90	30.442,98	1,21	41.142,18	1,54	50.142,18	1,84	58.842,18	2,17
Rural (Urbano 3)	67.92,03	1.786,68	0,28	2.529,50	0,39	3.686,80	0,57	5.373,59	0,83	7.832,11	1,21	10.287,11	1,71	12.742,11	2,21
						Operación Normal	>=0,50	Límite de Maniobra	>=0,70	Sobrecarga	>=1,00				

Pot. Inst. Potencia Instalada

Max. Dem. Máxima Demanda coincidente

Fact. Uti. Factor de utilización

El Balance de carga elaborado por SED y uso de suelos nos permite tener un panorama del sistema de distribución ELSE, tomando como base la carga instalada el consumo actual y futuro, en kW.

### 5.1.5 Balance de oferta y demanda por alimentador

Tabla 38 – Balance de Oferta y Demanda por Alimentador Dolorespata (Fuente: Elaboración Propia)

Cap. Alimentador MMV.		2013			2013			2013			2013			2013		
Alimentador	Pot. Afirm.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	
DO01	5.439,85	2.589,84	0,48	3.369,78	0,62	4.494,27	0,83	6.011,05	1,11	8.061,81	1,48	8.061,81	1,48	8.061,81	1,48	
DO02	5.439,85	2.865,76	0,53	2.305,49	0,42	2.942,23	0,54	3.761,75	0,69	4.818,50	0,89	4.818,50	0,89	4.818,50	0,89	
DO03	5.439,85	2.630,5	0,48	3.072,9	0,56	3.778,39	0,69	4.649,62	0,85	5.726,96	1,06	5.726,96	1,06	5.726,96	1,06	
DO04	5.439,85	4.549,65	0,84	5.796,33	1,07	7.486,42	1,38	9.696,03	1,78	12.592,09	2,31	12.592,09	2,31	12.592,09	2,31	
DO05	5.439,85	2.536,77	0,47	3.256,71	0,60	4.279,56	0,79	5.634,44	1,04	7.431,93	1,37	7.431,93	1,37	7.431,93	1,37	
DO06	5.439,85	4.392,12	0,81	5.422,36	1,00	6.889,6	1,27	8.759,89	1,61	11.145,44	2,06	11.145,44	2,06	11.145,44	2,06	
DO07	5.439,85	3.958,95	0,73	4.868,3	0,89	6.170,01	1,13	7.829,67	1,44	9.947,88	1,83	9.947,88	1,83	9.947,88	1,83	
DO08	5.314,8	2.835,03	0,53	3.529,89	0,66	4.522,3	0,85	5.800,13	1,09	7.447,60	1,40	7.447,60	1,40	7.447,60	1,40	
DO09	5.153,54	4.442,00	0,86	5.432,11	1,06	6.768,61	1,31	8.446,78	1,64	10.558,02	2,06	10.558,02	2,06	10.558,02	2,06	
					Operación Normal			>=0,50			Limite de Maniobra			>=0,70		
											Sobrecarga			>=1,00		

Cap. Alim.

Capacidad del Alimentador

Max. Dem.

Máxima Demanda coincidente

Fact. Uti.

Factor de utilización

Tabla 39 – Balance de Oferta – Demanda por Alimentador Quencoro (Fuente: Elaboración Propia)

Capacidad Alimentador (kW.)		2013			2014			2018			2023			2028			2033		
Alimentador	Cap. Alim.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.		
QU01	3.038,19	1.932,98	0,64	2.411,40	0,84	3.096,64	1,07	3.981,21	1,38	5.124,45	1,78	5.124,45	1,38	3.981,21	1,38	5.124,45	1,78		
QU02	3.038,19	1.353,53	0,45	1.620,74	0,56	2.011,93	0,70	2.504,97	0,87	3.128,11	1,08	3.128,11	0,87	2.504,97	0,87	3.128,11	1,08		
QU03	4.845,85	5.274,90	1,09	6.533,71	1,42	8.361,08	1,82	10.720,71	2,33	13.774,60	2,99	13.774,60	2,33	10.720,71	2,33	13.774,60	2,99		
QU04	3.038,19	3.497,96	1,15	4.376,79	1,52	5.646,54	1,96	7.297,70	2,53	9.449,31	3,27	9.449,31	2,53	7.297,70	2,53	9.449,31	3,27		
QU05	3.038,19	807,65	0,27	1.122,61	0,39	1.611,35	0,56	2.317,80	0,80	3.340,12	1,16	3.340,12	0,80	2.317,80	0,80	3.340,12	1,16		
QU06	3.038,19	2.318,66	0,76	2.848,78	0,99	3.608,16	1,25	4.570,49	1,58	5.790,16	2,01	5.790,16	1,58	4.570,49	1,58	5.790,16	2,01		
QU07	3.038,19	1.899,05	0,63	2.321,57	0,80	2.943,26	1,02	3.753,61	1,30	4.816,20	1,67	4.816,20	1,30	3.753,61	1,30	4.816,20	1,67		
						Operación Normal	>=0,50	Límite de Maniobra	>=0,70	Sobrecarga	>=1,00								

Cap. Alim. Capacidad del Alimentador

Max. Dem. Máxima Demanda coincidente

Fact. Uti. Factor de utilización

Nota: El Balance de alimentador muestra claramente que el sistema eléctrico de cusco ciudad necesitara una redistribución de cargas para el año 2018 ya que los valores superan el 100% del Límite de maniobra siendo más preocupante aun en años posteriores, esto tanto para los alimentadores de Dolorespata como para Quencoro (Tablas 38 y 39).



**5.1.6 Balance de oferta y demanda por Subestación de transformación y Sistema eléctrico ciudad Cusco**  
**Tabla 42 (Fuente: Elaboración Propia)**

CARGA INSTALADA	2013						2018			2023			2028			2033	
	Pot. Inst.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Pot. Inst. (*)	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	Max. Dem.	Fact. Uti.	
	Dolorespata	34,77	31,04	0,89	51,30	46,55	0,91	59,78	1,17	76,94	1,50	99,23	1,93	99,23	1,93	99,23	1,93
Quencoro	23,28	15,65	0,67	23,28	23,47	1,01	30,15	1,30	38,84	1,67	50,20	2,16	50,20	2,16	50,20	2,16	
CUSCO	60,50	46,70	0,77	78,50	70,02	0,89	89,92	1,15	115,78	1,47	149,43	1,90	149,43	1,90	149,43	1,90	
							Operación Normal	≥=0,50	Límite de Maniobra	≥=0,70	Sobrecarga	≥=1,00	Sobrecarga	≥=1,00	Sobrecarga	≥=1,00	

**Pot. Inst.** Potencia Instalada  
**Max. Dem.** Máxima Demanda coincidente  
**Fact. Uti.** Factor de utilización

Nota: El balance de carga por Subestación de Transmisión nos demuestra que el Sistema Eléctrico Cusco será susceptible a fallos en los años próximos.

(\*) Según el plan de inversiones EGEMSA se tiene programado el ingreso de 24Mw en capacidad instalada

## CONCLUSIONES

La tesis realizada tiene las siguientes conclusiones:

- Los modelos matemáticos desarrollados son: Modelo Econométrico que compila y combina información socioeconómica y el modelo de Series de Tiempo que usa las características de los antecedentes registrados. La combinación de estos modelos dan como resultado una proyección con alto grado de sensibilidad y por tanto aplicable en la planificación del sistema eléctrico de nuestra ciudad.
- El sistema eléctrico actual de la ciudad del Cusco es un sistema creciente, con un volumen de consumo de energía de 216,444.788 kW.h (consumo registrado al cierre del año 2013) y potencia 50.96MW con una tasa de crecimiento promedio de 3.09%, para los próximos 20 años.
- Se identifica el nivel de participación de cargas por utilización de suelos de cada sector en el sistema eléctrico, señalando al sector de mayor participación al Centro Histórico con 25,79% con un nivel de potencia de 11,93 MW. Y al sector de menor participación al Centro Médico con 0,34% de participación y 0,73MW. de potencia, tal como se observa a continuación.

Tabla 40 – Cargas eléctricas uso de suelos participación  
(Fuente: Elaboración Propia)

<b>Sectores</b>	<b>% de Participación</b>	<b>Potencia (MW)</b>
Centro Histórico	20,58%	10,49
Centro Médico	0,79%	0,40
Comercial	20,54%	10,47
Educación	1,00%	0,51
Industrial	4,39%	2,24
Residencial (Urbano 1)	24,67%	12,57
Residencial (Urbano 2)	24,53%	12,50
Rural (Urbano 3)	3,51%	1,79
Total	1,00	50,96

- Se realizó el Balance entre oferta y demanda del Sistema Eléctrico Cusco; con una oferta actual 60.5MW. y una demanda de 46.70MW. Estos resultados obtenidos evidencian que en la actualidad se tiene un sistema con niveles de operación cercanos a los límites de maniobra y para el año 2033 se proyecta una operación al 90% de sobrecarga.

## RECOMENDACIONES:

- ✓ Se recomienda a la empresa concesionaria ELSE el uso de los modelos desarrollados, en este estudio, en su planificación futura por ser de carácter novedoso y poseer un grado de sensibilidad alto.
- ✓ Redistribución de cargas en los principales alimentadores de las Subestaciones (Dolorespata y Quencoro) con el fin de aliviar las saturaciones de cargas identificadas en las tablas de balance de cargas (Pág. 91).
- ✓ Empezar con el proceso de cambio infraestructural que permita la migración del sistema a un nuevo nivel de tensión (22.9kV.) que sea capaz de responder a la demanda eléctrica proyectada (Pag. 79).
- ✓ En lo que respecta al Balance de carga por Subestación de Transmisión, los factores de utilización está muy comprometidos, por lo que se recomienda una nueva subestación dispuesta estratégicamente de modo que se puede redistribuir los alimentadores existentes y pensar en futuros alimentadores, desde el inicio del año en estudio (2013).
- ✓ Establecer un plan estratégico entre la empresa concesionaria y la municipalidad del Cusco que defina un crecimiento, tanto en desarrollo como expansión, ordenado y planificado de la ciudad. Per permita asegurar una fortaleza del sistema eléctrico que merece nuestra ciudad.

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1]. Fundamentos de Bases de Datos - 4ta Edición A. Silberschatz & H. F. Korth Julio 2003**
- [2]. Fundamentos de Sistemas de Bases de Datos - Elmasri & Navathe – Febrero 2009**
- [3]. Guía Práctica de Visual Fox Pro - Tito Nelson Arias Cordova 2011**
- [4]. Memoria del XXI Coloquio Mexicano de Economía Matemática y Econometría Tomo I - Unidad Académica de Economía de la Universidad Autónoma de Nayarit – 2010**
- [5]. Mercado eléctrico en el Perú: Balance de corto plazo y agenda pendiente Rafael Vera Tudela, Carlos E. Paredes, Enzo Defilippi UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES - MARZO 2013**
- [6]. Plan de Desarrollo Urbano Cusco al 2023 - ORDENANZA MUNICIPAL N° 032 - 2013 – MPC – Municipalidad Provincial del Cusco**
- [7]. Plan Referencial de Electricidad 2006 - 2015 - Metodología para la proyección de la demanda y expansión de la generación y transmisión – Ministerio de Energía y Minas**

## **ANEXOS**

- **Anexo 01**  
Planos y Mapas
- **Anexo 02**  
Tratamiento de proceso de Variables para el Modelo Econométrico
- **Anexo 03**  
Ecuaciones de proyección por Uso de Suelos
- **Anexo 04**  
Proyección por uso de suelos según escenarios (kW.h)
- **Anexo 05**  
Cuadros de Pérdidas de Energía y Potencia

## **ANEXO 01**

### **PLANOS Y MAPAS**

## **ANEXO 02**

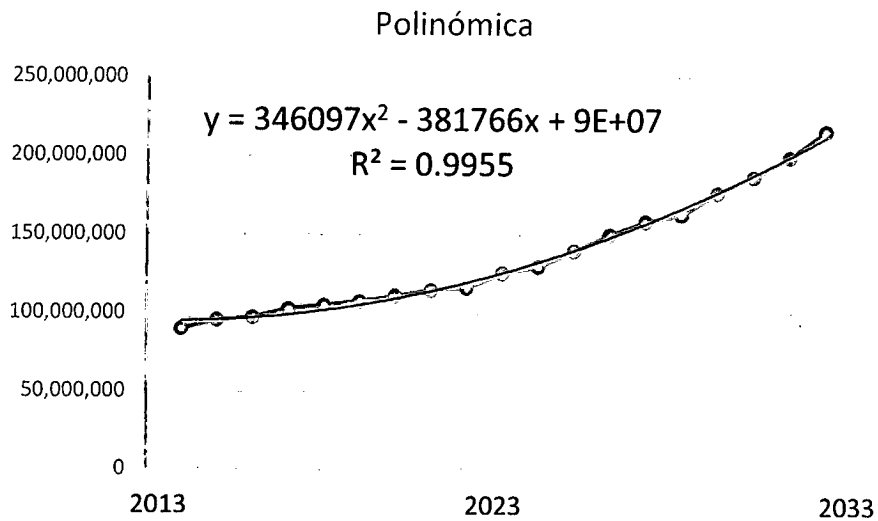
### Tratamiento de proceso de Variables para el Modelo Econométrico



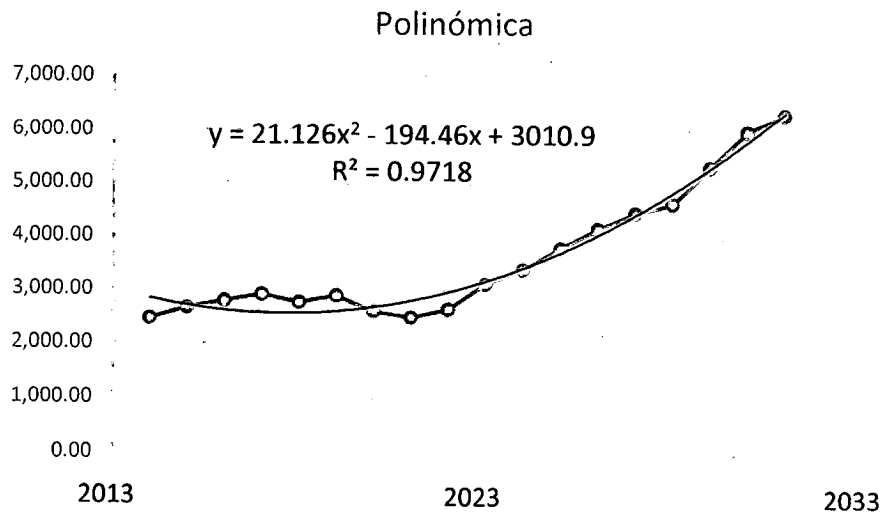
## ANEXO 02

### Tratamiento de proceso de Variables para el Modelo Econométrico

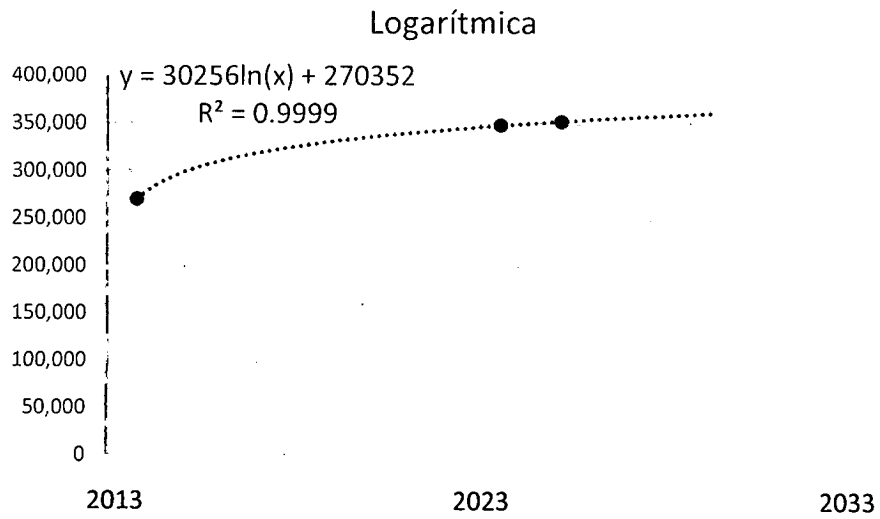
Consumo energético de la ciudad del Cusco kW.h



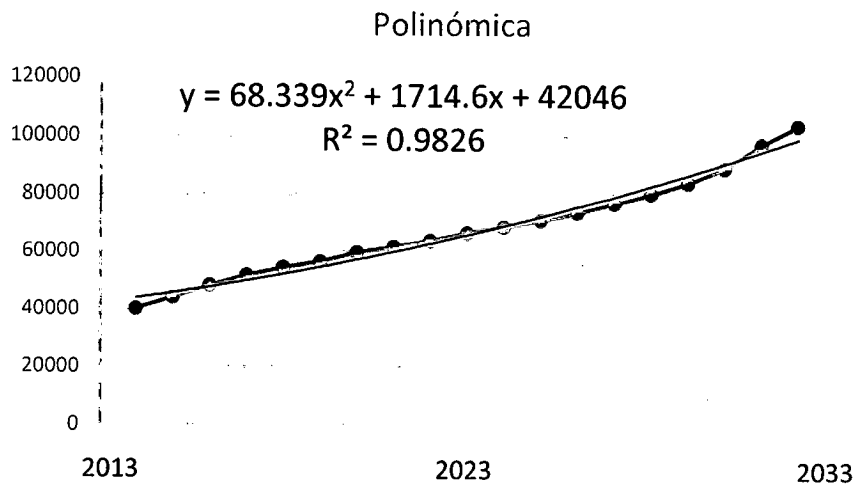
Producto Bruto Interno (S/.)



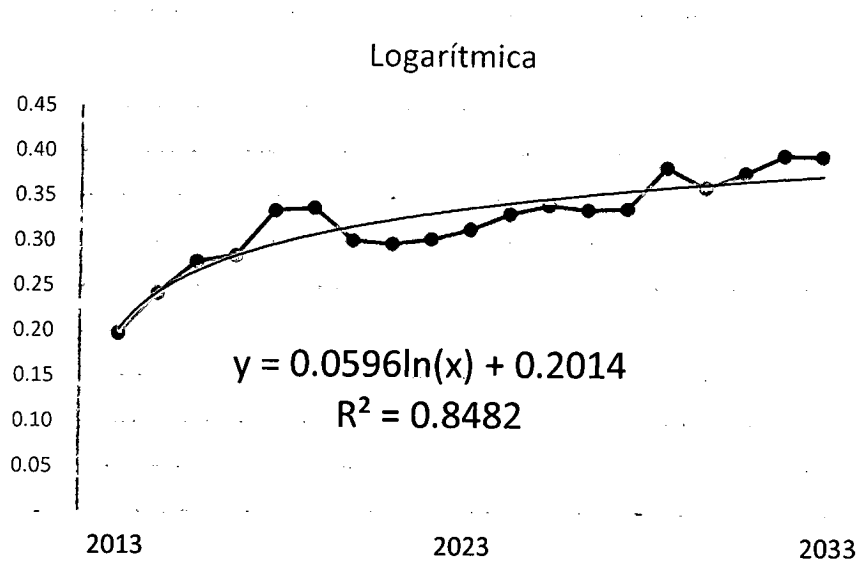
### Población (habitantes)



### Clientes



Precios



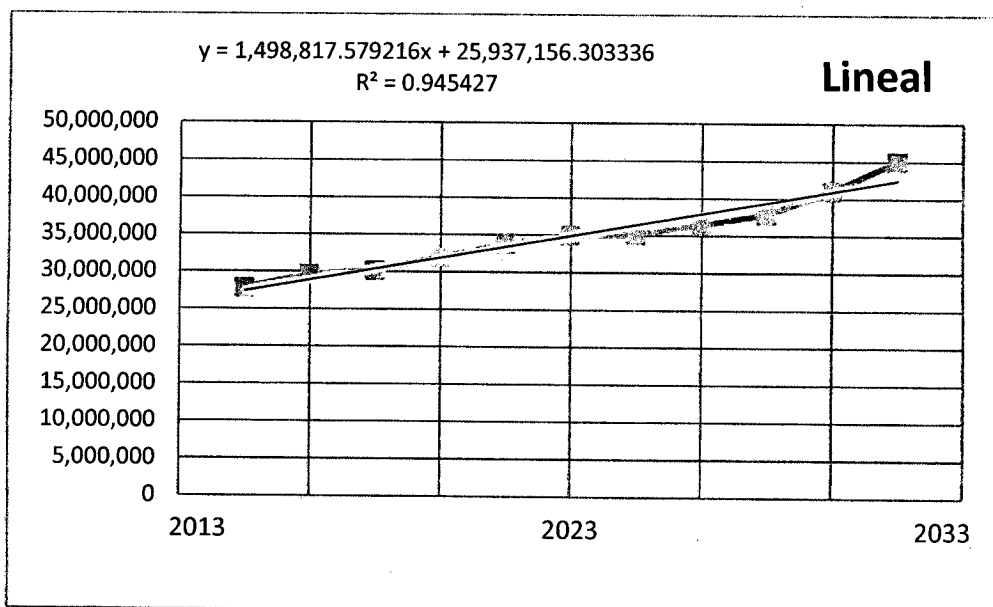
## **ANEXO 03**

### **Ecuaciones de proyección por Uso de Suelos**

### ANEXO 03

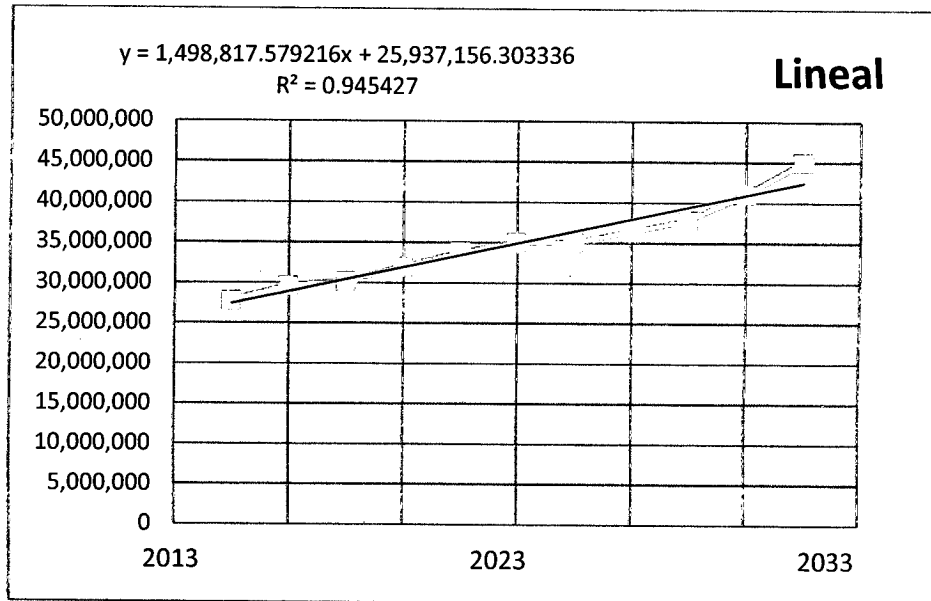
#### Ecuaciones de proyección por Uso de Suelos

#### Ecuación Centro Histórico



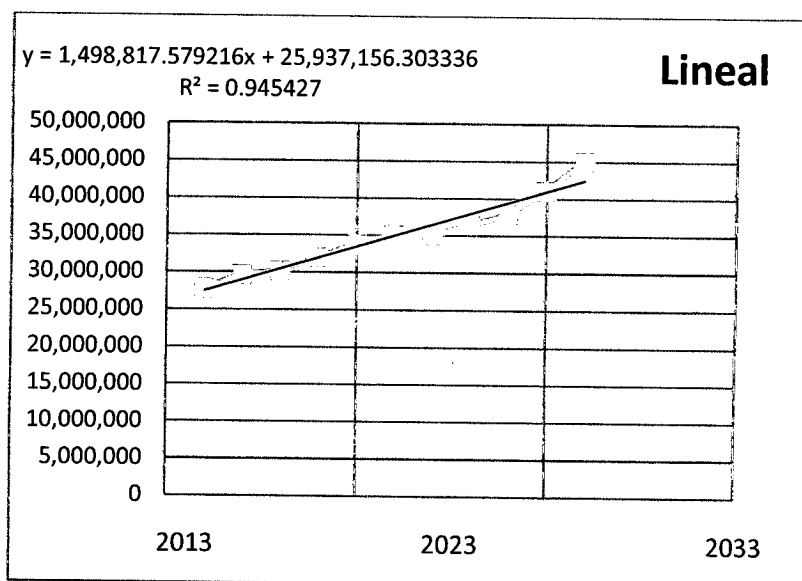
RESUMEN DEL MÉTODO TENDENCIAL PARA LAS VENTAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA (CENTRO HISTÓRICO 2003-2013)					
DESCRIPCIÓN	LINEAL	EXPONENCIAL	POLINÓMICA	LOGARÍTMICA	POTENCIAL
Valor Inicial (kW.h) <sub>2003</sub>	27.849.519	27.849.519	27.849.519	27.849.519	27.849.519
Valor Final (kW.h) <sub>2013</sub>	42.412.107	42.412.107	42.412.107	42.412.107	42.412.107
Tasa de Crecimiento Prom. (2003-2013)	4,46%	4,08%	4,30%	4,71%	4,41%
R <sup>2</sup>	0,945427	0,9761	0,9733	0,8	0,85
Tasa de Crecimiento (2014-2033)	2,47%	4,08%	5,00%	0,62%	0,80%
EVALUACIÓN DEL MODELO	ACEPTA	ACEPTA	ACEPTA	NO ACEPTA	NO ACEPTA

Ecuación Centro Médico



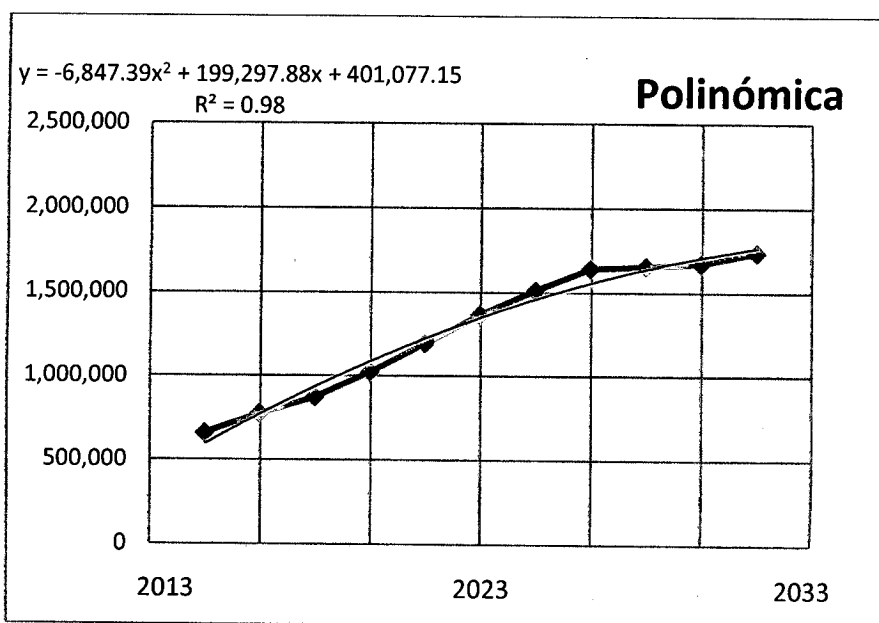
RESUMEN DEL MÉTODO TENDENCIAL PARA LAS VENTAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA (CENTRO MÉDICO 2003-2013)					
DESCRIPCIÓN	LINEAL	EXPONENCIAL	POLINÓMICA	LOGARÍTMICA	POTENCIAL
Valor Inicial (kW.h) 2003	91.992	91.992	91.992	91.992	91.992
Valor Final (kW.h) 2013	1.206.793	1.206.793	1.206.793	1.206.793	1.206.793
Tasa de Crecimiento Prom. (2003-2013)	32.30%	32,31%	35,08%	35.80%	33,34%
R <sup>2</sup>	0,9386	0,98	0,98	0,73	0,93
Tasa de Crecimiento (2014-2033)	4,92%	32,31%	8,74%	1,75%	5,46%
EVALUACIÓN DEL MODELO	ACEPTA	NO ACEPTA	ACEPTA	NO ACEPTA	ACEPTA

Ecuación Comercial



RESUMEN DEL MÉTODO TENDENCIAL PARA LAS VENTAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA (COMERCIAL 2003-2013)					
DESCRIPCIÓN	LINEAL	EXPONENCIAL	POLINÓMICA	LOGARÍTMICA	POTENCIAL
Valor Inicial (kW.h) <sub>2003</sub>	21.872.583	21.872.583	21.872.583	21.872.583	21.872.583
Valor Final (kW.h) <sub>2013</sub>	43.234.550	43.234.550	43.234.550	43.234.550	43.234.550
Tasa de Crecimiento Prom. (2003-2013)	7,41%	7,25%	6,79%	8,37%	7,46%
R <sup>2</sup>	0,9909	1	1	0,85	0,9121
Tasa de Crecimiento (2014-2033)	3,19%	7,25%	4,95%	0,89%	1,34%
EVALUACIÓN DEL MODELO	ACEPTA	ACEPTA	ACEPTA	NO ACEPTA	NO ACEPTA

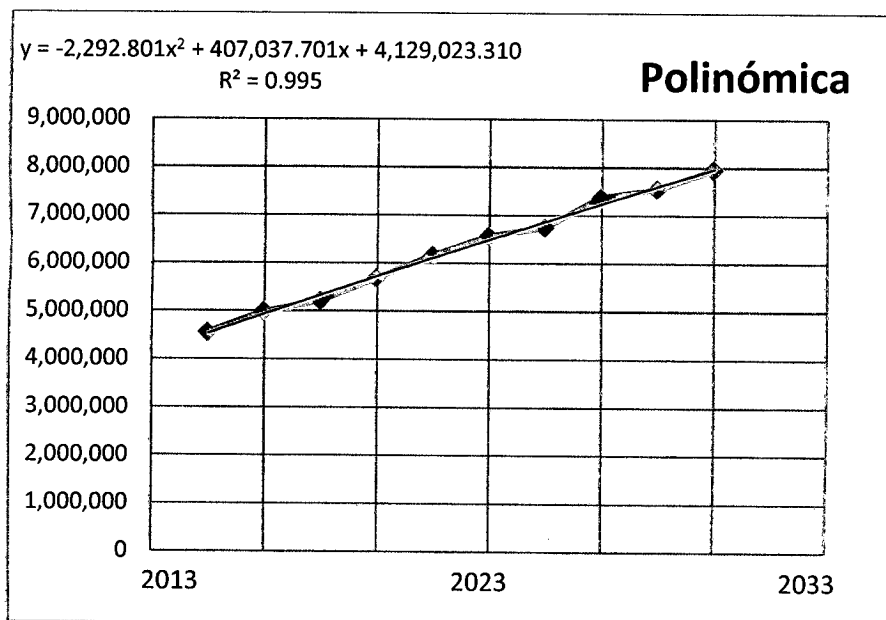
Ecuación Educación



RESUMEN DEL MÉTODO TENDENCIAL PARA LAS VENTAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA (EDUCACION 2003-2013)					
DESCRIPCIÓN	LINEAL	EXPONENCIAL	POLINÓMICA	LOGARÍTMICA	POTENCIAL
Valor Inicial (kW.h) <sub>2003</sub>	658.515	658.515	658.515	658.515	658.515
Valor Final (kW.h) <sub>2013</sub>	1.732.235	1.732.235	1.732.235	1.732.235	1.732.235
Tasa de Crecimiento Prom. (2003-2013)	10,37%	10,52%	11,51%	13,77%	10,07%
R <sup>2</sup>	0,96	0,93	0,98	0,92	0,9613
Tasa de Crecimiento (2014-2033)	3,64%	10,52%	3,80%	1,13%	1,79%
EVALUACIÓN DEL MODELO	ACEPTA	ACEPTA	NO ACEPTA	NO ACEPTA	ACEPTA

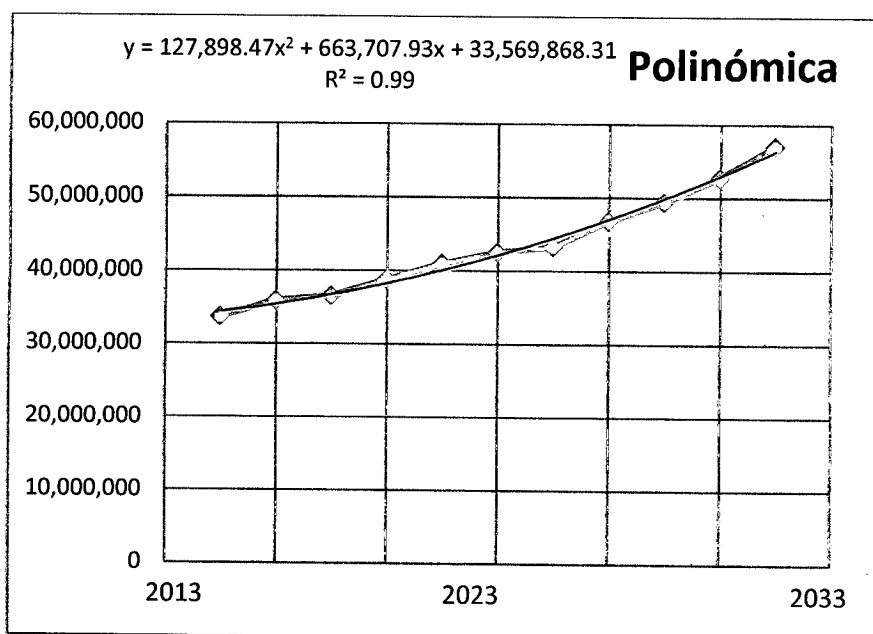


**Ecuación Industrial**



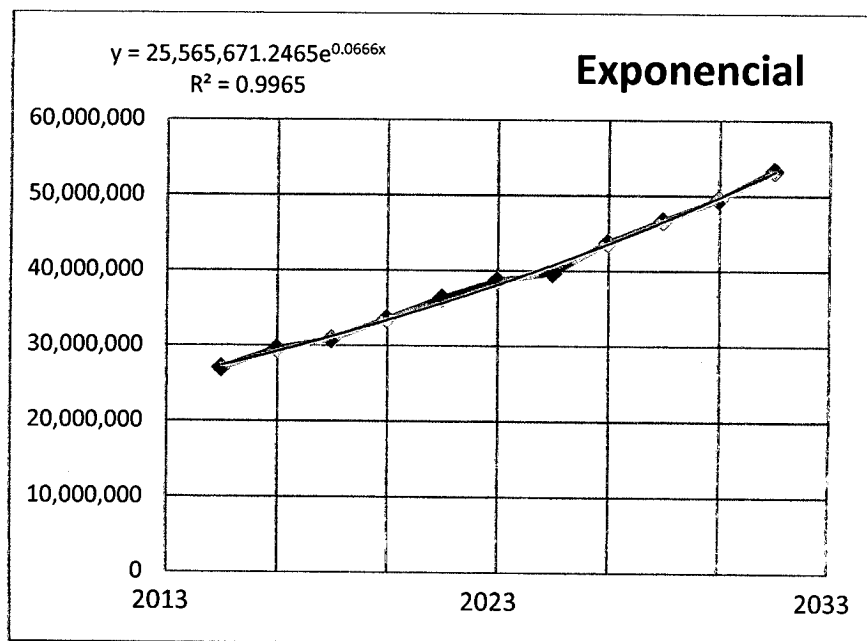
RESUMEN DEL MÉTODO TENDENCIAL PARA LAS VENTAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA (INDUSTRIAL 2003-2013)					
DESCRIPCIÓN	LINEAL	EXPONENCIAL	POLINÓMICA	LOGARÍTMICA	POTENCIAL
Valor Inicial (kW.h) <sub>2003</sub>	4.555.354	4.555.354	4.555.354	4.555.354	4.555.354
Valor Final (kW.h) <sub>2013</sub>	8.121.783	8.121.783	8.121.783	8.121.783	8.121.783
Tasa de Crecimiento Prom. (2003-2013)	6,37%	6,29%	6,27%	6,63%	6,18%
R <sup>2</sup>	0,995	0,99	0,9	0,94	0,94
Tasa de Crecimiento (2014-2033)	2,98%	6,29%	2,45%	0,78%	1,11%
EVALUACIÓN DEL MODELO	ACEPTA	ACEPTA	NO ACEPTA	NO ACEPTA	ACEPTA

Ecuación Residencial (Urbano 1)



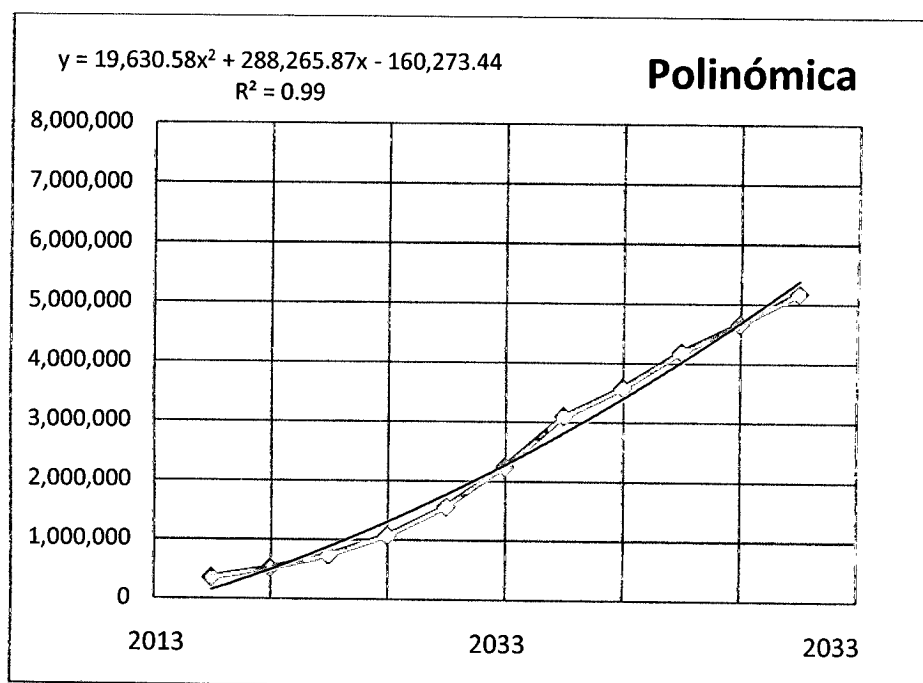
RESUMEN DEL MÉTODO TENDENCIAL PARA LAS VENTAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA (URBANO 1 2003-2013)					
DESCRIPCIÓN	LINEAL	EXPONENCIAL	POLINÓMICA	LOGARÍTMICA	POTENCIAL
Valor Inicial (kW.h) <sub>2003</sub>	33.648.397	33.648.397	33.648.397	33.648.397	33.648.397
Valor Final (kW.h) <sub>2013</sub>	55.219.407	55.219.407	55.219.407	55.219.407	55.219.407
Tasa de Crecimiento Prom. (2003-2013)	5,31%	5,13%	5,07%	5,62%	5,16%
R <sup>2</sup>	0,9700	0,9900	0,9900	0,8000	0,8500
Tasa de Crecimiento (2014-2033)	2,88%	5,33%	5,79%	0,76%	1,01%
EVALUACIÓN DEL MODELO	ACEPTA	ACEPTA	ACEPTA	NO ACEPTA	NO ACEPTA

Ecuación Residencial (Urbano 2)



RESUMEN DEL MÉTODO TENDENCIAL PARA LAS VENTAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA (URBANO 2 2003-2012)					
DESCRIPCIÓN	LINEAL	EXPONENCIAL	POLINÓMICA	LOGARÍTMICA	POTENCIAL
Valor Inicial (kW.h) <sub>2003</sub>	27.013.196	27.013.196	27.013.196	27.013.196	27.013.196
Valor Final (kW.h) <sub>2013</sub>	52.116.608	52.116.608	52.116.608	52.116.608	52.116.608
Tasa de Crecimiento Prom. (2003-2013)	7,09%	6,89%	6,86%	7,95%	6,94%
R <sup>2</sup>	0,99	0,9965	1	0,85	0,91
Tasa de Crecimiento (2013-2038)	3,32%	7,16%	5,26%	0,94%	1,34%
EVALUACIÓN DEL MODELO	ACEPTA	ACEPTA	ACEPTA	NO ACEPTA	NO ACEPTA

Ecuación Rural (Urbano 3)



RESUMEN DEL MÉTODO TENDENCIAL PARA LAS VENTAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA (URBANO 3 2003-2013)					
DESCRIPCIÓN	LINEAL	EXPONENCIAL	POLINÓMICA	LOGARÍTMICA	POTENCIAL
Valor Inicial (kW.h) <sub>2003</sub>	353.514	353.514	353.514	353.514	353.514
Valor Final (kW.h) <sub>2033</sub>	4.990.734	4.990.734	4.990.734	4.990.734	4.990.734
Tasa de Crecimiento Prom. (2003-2033)	34.50%	34,99%	34,28%	19,42%	33,34%
R <sup>2</sup>	0,9451	0,9755	0,994	0,7375	0,9956
Tasa de Crecimiento (2013-2038)	5,37%	36,55%	9,76%	1,38%	5,89%
EVALUACIÓN DEL MODELO	ACEPTA	NO ACEPTA	ACEPTA	NO ACEPTA	ACEPTA

## **ANEXO 4**

### Proyección por uso de suelos según escenarios (kW.h)

#### ANEXO 4

Proyección por uso de suelos según escenarios (kW.h)

##### Centro Histórico

<b>CENTRO HISTÓRICO(kW.h)</b>			
<b>AÑOS</b>	<b>Pesimista</b>	<b>Esperado</b>	<b>Optimista</b>
2003		27.849.519	
2004		29.674.562	
2005		30.207.853	
2006		32.031.351	
2007		33.816.112	
2008		35.069.113	
2009		35.104.644	
2010		36.430.777	
2011		37.896.475	
2012		41.088.841	
2013		42.412.107	
2014	43.146.043	43.777.989	44.338.744
2015	44.212.952	45.187.859	46.352.902
2016	45.306.244	46.643.134	48.458.556
2017	46.426.570	48.145.276	50.659.863
2018	47.574.600	49.695.794	52.961.168
2019	48.751.018	51.296.248	55.367.013
2020	49.956.526	52.948.243	57.882.148
2021	51.191.844	54.653.441	60.511.536
2022	52.457.709	56.413.555	63.260.369
2023	53.754.876	58.230.354	66.134.072
2024	55.084.119	60.105.663	69.138.317
2025	56.446.231	62.041.365	72.279.035
2026	57.842.025	64.039.408	75.562.425
2027	59.272.335	66.101.797	78.994.969
2028	60.738.013	68.230.605	82.583.441
2029	62.239.934	70.427.972	86.334.925
2030	63.778.994	72.696.105	90.256.826
2031	65.356.112	75.037.283	94.356.885
2032	66.972.228	77.453.858	98.643.197
2033	68.628.308	79.948.260	103.124.221

**Centro Médico**

<b>CENTRO MÉDICO (kW.h)</b>			
<b>AÑOS</b>	<b>Pesimista</b>	<b>Esperado</b>	<b>Optimista</b>
2003		91.992	
2004		127.170	
2005		167.954	
2006		231.055	
2007		316.470	
2008		425.798	
2009		553.016	
2010		830.323	
2011		1.080.323	
2012		1.144.268	
2013		1.206.793	
2014	1.259.694	1.272.733	1.312.622
2015	1.321.703	1.342.277	1.405.871
2016	1.386.764	1.415.620	1.505.745
2017	1.455.027	1.492.971	1.612.713
2018	1.526.651	1.574.549	1.727.281
2019	1.601.800	1.660.584	1.849.988
2020	1.680.649	1.751.321	1.981.412
2021	1.763.379	1.847.015	2.122.172
2022	1.850.181	1.947.938	2.272.932
2023	1.941.257	2.054.376	2.434.402
2024	2.036.815	2.166.629	2.607.343
2025	2.137.077	2.285.016	2.792.570
2026	2.242.275	2.409.872	2.990.956
2027	2.352.651	2.541.551	3.203.434
2028	2.468.460	2.680.424	3.431.008
2029	2.589.970	2.826.885	3.674.748
2030	2.717.462	2.981.350	3.935.804
2031	2.851.229	3.144.254	4.215.405
2032	2.991.581	3.316.060	4.514.869
2033	3.138.841	3.497.253	4.835.607

**Sector Comercial**

<b>COMERCIAL (kW.h)</b>			
<b>AÑOS</b>	<b>Pesimista</b>	<b>Esperado</b>	<b>Optimista</b>
2003		21.872.583	
2004		23.990.136	
2005		25.138.205	
2006		27.438.204	
2007		29.817.423	
2008		31.830.043	
2009		32.797.665	
2010		36.443.161	
2011		38.705.315	
2012		41.125.045	
2013		43.234.550	
2014	43.792.004	45.452.262	47.305.062
2015	45.189.655	47.783.732	50.735.066
2016	46.631.914	50.234.794	54.413.773
2017	48.120.204	52.811.582	58.359.217
2018	49.655.994	55.520.547	62.590.737
2019	51.240.799	58.368.469	67.129.078
2020	52.876.184	61.362.474	71.996.485
2021	54.563.764	64.510.056	77.216.819
2022	56.305.204	67.819.093	82.815.670
2023	58.102.224	71.297.867	88.820.484
2024	59.956.596	74.955.084	95.260.696
2025	61.870.152	78.799.898	102.167.876
2026	63.844.781	82.841.931	109.575.882
2027	65.882.431	87.091.300	117.521.030
2028	67.985.114	91.558.640	126.042.267
2029	70.154.906	96.255.132	135.181.362
2030	72.393.948	101.192.529	144.983.117
2031	74.704.451	106.383.190	155.495.579
2032	77.088.694	111.840.106	166.770.280
2033	79.549.033	117.576.933	178.862.490



**Sector Educación**

<b>EDUCACIÓN (kWh)</b>			
<b>AÑOS</b>	<b>Pesimista</b>	<b>Esperado</b>	<b>Optimista</b>
2003		658.515	
2004		775.300	
2005		872.051	
2006		1.021.726	
2007		1.191.845	
2008		1.365.709	
2009		1.510.549	
2010		1.640.851	
2011		1.656.176	
2012		1.671.370	
2013		1.732.235	
2014	1.731.713	1.795.315	1.853.792
2015	1.762.696	1.860.693	1.952.338
2016	1.794.234	1.928.451	2.056.124
2017	1.826.336	1.998.677	2.165.426
2018	1.859.012	2.071.460	2.280.539
2019	1.892.273	2.146.894	2.401.771
2020	1.926.129	2.225.075	2.529.448
2021	1.960.591	2.306.102	2.663.912
2022	1.995.669	2.390.081	2.805.524
2023	2.031.375	2.477.117	2.954.664
2024	2.067.720	2.567.323	3.111.732
2025	2.104.715	2.660.814	3.277.150
2026	2.142.371	2.757.709	3.451.362
2027	2.180.702	2.858.133	3.634.834
2028	2.219.719	2.962.214	3.828.060
2029	2.259.433	3.070.085	4.031.557
2030	2.299.858	3.181.884	4.245.873
2031	2.341.007	3.297.755	4.471.581
2032	2.382.891	3.417.845	4.709.288
2033	2.425.525	3.542.308	4.959.631

**Sector Industrial**

<b>INDUSTRIAL (kW.h)</b>			
<b>AÑOS</b>	<b>Pesimista</b>	<b>Esperado</b>	<b>Optimista</b>
2003		4.555.354	
2004		4.986.404	
2005		5.214.609	
2006		5.680.360	
2007		6.160.600	
2008		6.563.310	
2009		6.749.340	
2010		7.371.928	
2011		7.553.748	
2012		7.958.925	
2013		8.121.783	
2014	8.137.320	8.287.974	8.559.145
2015	8.228.011	8.457.565	8.876.022
2016	8.319.713	8.630.626	9.204.630
2017	8.412.437	8.807.228	9.545.404
2018	8.506.195	8.987.444	9.898.794
2019	8.600.997	9.171.348	10.265.267
2020	8.696.856	9.359.015	10.645.308
2021	8.793.784	9.550.522	11.039.418
2022	8.891.791	9.745.948	11.448.120
2023	8.990.891	9.945.372	11.871.952
2024	9.091.096	10.148.877	12.311.476
2025	9.192.417	10.356.547	12.767.271
2026	9.294.868	10.568.466	13.239.941
2027	9.398.460	10.784.721	13.730.111
2028	9.503.207	11.005.401	14.238.427
2029	9.609.121	11.230.597	14.765.562
2030	9.716.216	11.460.401	15.312.213
2031	9.824.504	11.694.907	15.879.102
2032	9.933.999	11.934.211	16.466.978
2033	10.044.714	12.178.413	17.076.619

Sector Residencial (Urbano 1)

<b>URBANO 1 (kW.h)</b>			
<b>AÑOS</b>	<b>Pesimista</b>	<b>Esperado</b>	<b>Optimista</b>
2003		33.648.397	
2004		35.880.027	
2005		36.551.909	
2006		38.787.093	
2007		40.978.627	
2008		42.528.520	
2009		43.287.024	
2010		46.835.703	
2011		49.429.497	
2012		52.757.946	
2013		55.219.407	
2014	55.837.267	57.795.709	58.787.588
2015	57.443.685	60.492.210	62.056.107
2016	59.096.318	63.314.519	65.506.351
2017	60.796.498	66.268.504	69.148.424
2018	62.545.591	69.360.310	72.992.993
2019	64.345.004	72.596.366	77.051.314
2020	66.196.187	75.983.403	81.335.274
2021	68.100.627	79.528.464	85.857.416
2022	70.059.857	83.238.923	90.630.984
2023	72.075.453	87.122.496	95.669.957
2024	74.149.037	91.187.260	100.989.090
2025	76.282.278	95.441.669	106.603.961
2026	78.476.891	99.894.570	112.531.012
2027	80.734.642	104.555.224	118.787.599
2028	83.057.348	109.433.325	125.392.045
2029	85.446.878	114.539.017	132.363.691
2030	87.905.153	119.882.919	139.722.951
2031	90.434.152	125.476.145	147.491.377
2032	93.035.910	131.330.326	155.691.719
2033	95.712.518	137.457.639	164.347.989

Sector Residencial (Urbano 2)

<b>URBANO 2 (kW.h)</b>			
<b>AÑOS</b>	<b>Pesimista</b>	<b>Esperado</b>	<b>Optimista</b>
2003		27.013.196	
2004		29.527.932	
2005		30.836.069	
2006		33.543.227	
2007		36.328.185	
2008		38.648.732	
2009		39.688.511	
2010		43.733.445	
2011		46.649.291	
2012		49.518.737	
2013	52.116.608	52.116.608	52.116.608
2014	52.862.738	54.850.771	55.858.548
2015	54.618.492	57.728.374	59.326.631
2016	56.432.560	60.756.943	63.010.037
2017	58.306.880	63.944.398	66.922.133
2018	60.243.452	67.299.075	71.077.119
2019	62.244.344	70.829.746	75.490.076
2020	64.311.693	74.545.645	80.177.019
2021	66.447.706	78.456.488	85.154.960
2022	68.654.664	82.572.504	90.441.966
2023	70.934.921	86.904.456	96.057.225
2024	73.290.914	91.463.672	102.021.119
2025	75.725.158	96.262.076	108.355.292
2026	78.240.252	101.312.216	115.082.734
2027	80.838.880	106.627.298	122.227.862
2028	83.523.817	112.221.222	129.816.608
2029	86.297.931	118.108.617	137.876.516
2030	89.164.183	124.304.878	146.436.839
2031	92.125.632	130.826.211	155.528.645
2032	95.185.442	137.689.668	165.184.934
2033	98.346.878	144.913.198	175.440.751

Sector Rural (Urbano 3)

<b>URBANO 3 (kW.h)</b>			
<b>AÑOS</b>	<b>Pesimista</b>	<b>Esperado</b>	<b>Optimista</b>
2003		353.514	
2004		520.426	
2005		731.949	
2006		1.072.314	
2007		1.564.071	
2008		2.241.008	
2009		3.099.341	
2010		3.581.449	
2011		4.190.271	
2012		4.663.966	
2013		4.990.734	
2014	5.178.030	5.340.396	5.422.519
2015	5.455.935	5.714.557	5.846.877
2016	5.748.755	6.114.932	6.304.445
2017	6.057.291	6.543.358	6.797.821
2018	6.382.385	7.001.801	7.329.808
2019	6.724.928	7.492.363	7.903.428
2020	7.085.855	8.017.296	8.521.938
2021	7.466.153	8.579.006	9.188.852
2022	7.866.861	9.180.071	9.907.958
2023	8.289.076	9.823.248	10.683.339
2024	8.733.950	10.511.488	11.519.401
2025	9.202.701	11.247.947	12.420.892
2026	9.696.610	12.036.004	13.392.932
2027	10.217.027	12.879.274	14.441.043
2028	10.765.375	13.781.626	15.571.177
2029	11.343.153	14.747.199	16.789.753
2030	11.951.940	15.780.422	18.103.694
2031	12.593.401	16.886.035	19.520.461
2032	13.269.288	18.069.109	21.048.103
2033	13.981.451	19.335.073	22.695.295

## **ANEXO 5**

### **Cuadros de Pérdidas de Energía y Potencia**

## ANEXO 5

- Cuadro de Pérdidas de Energía

Sectores	Pérdidas Energía kW.h				
	2013	2018	2023	2028	2033
Centro Histórico	1.212.152,52	1.405.092,46	1.716.177,43	2.096.136,05	2.560.216,83
Centro Médico	33.073,61	42.355,37	55.262,70	72.103,40	94.076,11
Comercial	1.191.993,48	1.493.502,73	1.917.912,62	2.462.927,41	3.162.819,51
Educación	46.715,46	55.722,28	66.634,45	79.683,56	95.288,09
Industrial	228.958,73	255.312,54	295.660,53	342.384,86	396.493,21
Residencial (Urbano 1)	1.536.128,68	1.865.792,33	2.343.595,14	2.943.756,44	3.697.610,49
Residencial (Urbano 2)	1.434.072,68	1.911.974,51	2.583.939,37	3.492.066,76	4.719.356,20
Rural (Urbano 3)	139.269,47	197.171,85	287.381,83	418.864,65	610.503,44
Total	5.822.364,62	7.226.924,08	9.266.564,07	11.907.923,13	15.336.363,88

- Cuadro de Pérdidas de Potencia

Sectores	Pérdidas Potencia kW				
	2013	2018	2023	2028	2033
Centro Histórico	1.720,40	1.994,24	2.435,76	2.975,03	3.633,70
Centro Médico	46,94	60,11	78,43	102,34	133,52
Comercial	1.691,79	2.119,72	2.722,08	3.495,62	4.488,97
Educación	66,30	79,09	94,57	113,09	135,24
Industrial	324,96	362,36	419,63	485,94	562,74
Residencial (Urbano 1)	2.180,22	2.648,11	3.326,25	4.178,06	5.248,00
Residencial (Urbano 2)	2.035,37	2.713,65	3.667,37	4.956,27	6.698,15
Rural (Urbano 3)	197,66	279,84	407,88	594,49	866,48
Total	8.263,65	10.257,13	13.151,98	16.900,85	21.766,81

Cuadro de pérdidas elaborado Según el informe N°0432-2013-GART, Fijación del Valor Agregado de Distribución (VAD) y Cargos Fijos 2013-2017

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

- A.- Amperio
- Adjusted R-squared: Permite medir el incremento neto de R cuadrado, cuando se incluye un nuevo regresor.
- Alimentador.- Línea Eléctrica, para el transporte de energía
- Arc-Gis.- Herramienta de Sistema de Información Georreferenciado
- BT.- Líneas de Media Tensión, cuyo voltaje es inferior a 440 V
- Centro Histórico.- al núcleo urbano originalmente construido del área urbana.
- Centro Médico.- Edificación destinada e implementada al servicio de la salud
- Clientes No Regulados: Clientes libres
- CNE-S.- Código Nacional de Electricidad Suministro
- CNE-U.- Código Nacional de Electricidad Utilización
- Código Nacional de Edificaciones
- Consumo de Energía.- Consumo energético relacionado a la venta de energía
- Data Base de Clientes de ELSE.- Información de consumos de energía Eléctrica en formato DBF.
- Data Base GIS ELSE.- Información de la topología del Sistema Eléctrico ELSE (Georreferenciado)
- Data Histórica.- Database almacenada.
- Demografía de la Zona.- Estudio estadístico de un área de terreno delimitada
- Diagrama de Caja.- son una presentación visual que describe varias características importantes, al mismo tiempo, tales como la dispersión y simetría.



- Durbin-Watson stat: Sirve para contrastar la hipótesis de incorrelación entre perturbaciones aleatorias frente a la presencia de auto correlación.
- Electro Sur Este S.A. (ELSE).- Empresa de Distribución de energía eléctrica de la ciudad del Cusco
- Energía Eléctrica.- Energía consumida que corresponde al consumo de potencia por unidad de tiempo
- Escenario de Crecimiento.- Perfil de crecimiento previsto
- E-views.- Plataforma para modulación de modelos matemáticos y estadísticos.
- Factor de Carga.- Relación Entre la máxima demanda en un periodo de tiempo y el promedio en el mismo periodo.
- Factor de Utilización.- relación entre demanda máxima y capacidad instalada
- Georreferenciado.- Se refiere al estudio de información asociada por regiones geográficas.
- Heterocedasticidad.- Los modelos deben ser homocedásticos, es decir, la varianza de los residuos, debe ser constante en el tiempo. Eviews permite realizar el test de White para detectar si existe heterocedasticidad o no.
- independientes del modelo. Por ello, se calcula la correlación entre ellas
- INEI.- Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Jarque Bera.- Es una prueba asintótica o de grandes muestras.
- kW.- kilovatios, representa la potencia
- kW.h.- Kilovatios hora, representa el consumo de energía
- Log likelihood: Representa el valor de la función de verosimilitud en los parámetros, útil para la interpretación del ratio de verosimilitud.

- **Máxima Demanda Coincidente.-** Máxima demanda de 2 o más alimentadores en un mismo punto
- **Máxima Demanda.-** Máxima potencia registrada en un periodo de tiempo
- **Mercado Eléctrico.-** Clientes del Sistema Eléctrico de Distribución ELSE
- **MT.-** Líneas de Media Tensión, cuyo voltaje es superior a 440 V
- **Multicolinealidad.-** Correlación entre las variables
- **MW.-** Megavatios, representa la potencia
- **MWh.-** Megavatios hora, representa el consumo de energía.
- **NTCSE.-** Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos
- **PBI.-** Producto Bruto Interno
- **Pliegos Tarifarios.-** Costos de energía según contrato (opciones tarifarias según el tipo de cliente)
- **Potencia Eléctrica.-** Cantidad de Energía entregada y absorbida
- **Precio Medio de Energía.-** Costo promedio (Energía eléctrica) del Kilovatio hora / nuevos soles.
- **Probabilidad:** Si los Valores son superiores al 5% ( $\alpha=5\%$ ) no se rechaza la hipótesis (significativa la variable) nula y la variable exógena sirve para explicar el modelo.
- **Quantile-Quantile.-** Es un método gráfico para el diagnóstico de diferencias entre la distribución de probabilidad
- **R squared:** Es el R cuadrado de la ecuación y representa el porcentaje de la variabilidad de la variable dependiente explicada por la variable independiente.
- **Ramal.-** Derivación de un Alimentador.
- **Regresores Estocásticos.-** la presentación del Modelo básico de Regresión Lineal obliga a que las variables exógenas sean de carácter determinista. El incumplimiento de esta restricción se denomina generalmente “presencia de regresores estocásticos”

- REP (Red de energía del Perú S.A.).- Empresa Transportadora de energía.
- Residencial (Urbano 1).- espacio designado a vivienda, alta densidad.
- Residencial (Urbano 2).- espacio designado a vivienda, media densidad.
- Rural (Urbano 3).- área de expansión urbana en proceso de habilitación.
- SE. Of regression: Sumatoria de los errores de regresión.
- Sector Comercial.- los clientes comerciales se refiere a aquellos que poseen una actividad económica comercial, es decir, el uso de la electricidad está orientado a la actividad comercial del cliente.
- Sector Educación.-
- Sector Industrial.- clientes industriales corresponden a industrias productivas. La clasificación la entrega el área comercial de la distribuidora.
- Sector.- Zona o áreas geográficas generalmente más pequeñas que una comuna, definidas internamente en una empresa distribuidora
- SED.- Subestación de Distribución
- SET Dolorespata.- Alimentador de Distribución de energía eléctrica
- SET Quencoro.- Alimentador de Distribución de energía eléctrica
- SET.- Subestación de Transformación
- SID ELSE
- STD. Error: Error estándar de los coeficientes estimar.
- Sum squared resid: Suma de los errores al cuadrado
- Suministro.- Define individualmente a un cliente.

- Tasa de Crecimiento.- Indicador en porcentaje que representa el crecimiento de un indicador
- Test Fisher.- Es una prueba de significación estadística utilizada en el análisis de tablas de contingencia.
- Test t-Student.- Se utiliza para determinar si hay una diferencia significativa entre las medias de dos grupos, es decir que se utiliza cuando deseamos comparar dos medias
- Transformador de Distribución.- Subestación Eléctrica que distribuye la energía eléctrica hacia los Suministros.
- Troncal.- Tramo determinado de un alimentador.
- T-Statistic: Valor del estadístico t, bajo la hipótesis individual que las variables ( $H_0: \beta_i = 0$ ). Con t-k grados de libertad, Indica que la variable contribuye a explicar la variable endógena.
- Vegetativo.- Crecimiento estable (etapa de saturación de un cliente o clase de cliente)
- Visual Fox Pro.- Herramienta computacional para manejo de base de datos.