

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



PROPUESTA DE ESTUDIO DE MERCADO ELÉCTRICO EN ELECTRIFICACIÓN RURAL

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

ELBIO LORENZO MEDINA HINOSTROZA

**PROMOCIÓN
2003- II**

**LIMA – PERÚ
2011**

**PROPUESTA DE ESTUDIO DE MERCADO ELÉCTRICO EN
ELECTRIFICACIÓN RURAL**

DEDICATORIA:

A mis padres eternamente agradecido
por haberme dado la vida.

SUMARIO

El presente trabajo se enmarca en el contexto del estudio de mercado eléctrico para proyectos de electrificación rural en nuestro país. El objetivo es desarrollar una metodología apropiada para este caso en particular, ya que los métodos aplicados hasta el momento no han dado los resultados esperados.

El desarrollo de esta metodología se centra en estudios econométricos para la planificación de la demanda a largo plazo teniendo como base el establecimiento de variables de ajuste. Estas variables en general son: ubicación geográfica, actividad económica y evolución socio cultural del medio, de los cuales se asocian a parámetros y se tomarán los más relevantes como base para efecto de estudio de la demanda.

Estas variables de ajuste, asociados a las ecuaciones de proyección de la demanda determinarán las variables explicativas y el resultado se denominará variable explicada.

Finalmente se realiza una aplicación en particular al S.E.R. Otuzco III Etapa y se hace una discusión de la diferencia de resultados.

Todo estudio de mercado obviamente debe ir acompañado de un estudio de rentabilidad para este caso en particular no se desarrolla ese aspecto por ser inversiones de tipo social.

ÍNDICE

PROLOGO	1
CAPÍTULO I	
INTRODUCCION	
1.1 Justificación del método propuesto.....	2
1.2 Objetivo del método propuesto.....	3
1.3 Alcances del método propuesto.....	3
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE MÉTODOS EMPLEADOS EN LOS ESTUDIOS DE MERCADO ELÉCTRICO	
2.1 Método Monenco Agra.....	4
2.1.1 Proyección de la demanda por series históricas.....	4
2.1.2 Horizonte de proyección.....	4
2.1.3 Verificación estadística.....	4
2.2 Método CIPESA.....	4
2.3 Método S & Z CONSULTORES.....	5
2.4 Método MACROCONSULT.....	5
CAPÍTULO III	
METODOLOGIA PROPUESTA	
3.1 Componentes Para El Estudio del Mercado Eléctrico Rural.....	7
3.1.1 La oferta.....	7
3.1.2 La demanda.....	7
3.1.3 El mercado.....	7
3.1.4 Marco legal normativo.....	7
3.2 Componentes a ser estudiados objetivo del presente informe.....	8
3.2.1 El estudio del medio.....	8
3.2.2 La demanda.....	9
3.3 Análisis conceptual.....	11
3.3.1 Análisis estructural.....	12

3.3.2	Predicción.....	12
3.3.3	Simulación.....	12
3.4	Comportamiento y evolución del medio.....	12
3.4.1	Observación objetiva del medio.....	13
3.4.2	Observación subjetiva del medio.....	15
3.4.3	Influencia de factores externos al medio.....	16
3.4.4	Encuesta de campo.....	16
3.4.5	Ponderación de los resultados del procedimiento metodológico.....	18
	Ejemplos.....	20
3.5	Proyección de la Demanda.....	25
3.5.1	Métodos para la proyección de la demanda eléctrica.....	26
3.5.2	Selección del método a emplear.....	27
3.5.3	Demanda eléctrica en poblaciones de tipo rural.....	27
3.5.4	Metodología a emplear en la proyección de poblaciones.....	28
3.5.5	Determinación y estimación del tipo de cargas.....	30
3.5.6	Parámetros adicionales para la estimación de la demanda.....	32
3.5.7	Diagrama de flujo para ajuste de datos.....	32
3.5	Restricción de variables explicativas.....	35
3.5.1	Valores χ	35
3.5.2	Valores β	35

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN S.E.R. OTUZCO III ETAPA CON EL METODO MONENCO

4.1	Introducción.....	36
4.1.1	Oferta eléctrica.....	36
4.1.2	Demanda.....	36
4.2	Base de Datos Utilizada.....	36
4.3	Metodología Para La Proyección de la Demanda.....	37
4.4	Datos de Campo.....	37
4.5	Proyección de Población.....	38
4.6	Categorización de Localidades.....	38
4.7	Priorización de Localidades.....	38
4.8	Proyección del Número de Viviendas.....	39
4.9	Proyección del Número de Abonados Domésticos.....	39

4.10	Proyección del Consumo de Energía en el Sector Doméstico.....	40
4.10.1	Consumo unitario de energía doméstica.....	40
4.10.2	Cálculo de las constantes α y β	41
4.10.3	Proyección del consumo de energía doméstica.....	42
4.11	Proyección del Consumo del Alumbrado Público.....	42
4.12	Proyección de Abonados Comerciales.....	43
4.13	Consumo Neto de Energía en el Sector Comercia.....	43
4.14	Consumo Neto de Energía en el Sector Industrial.....	44
4.15	Consumo Neto de Energía Debido a Cargas de Uso General.....	44
4.16	Consumo Neto de Energía Debido a Cargas Especiales.....	44
4.17	Consumo Neto Total de Energía.....	44
4.18	Consumo Bruto Total de Energía.....	44
4.19	Horas de Utilización.....	44
4.20	Máxima Demanda de Potencia.....	44
4.21	Consumo del Sistema o Energía Total Requerida.....	45
4.22	Máxima Demanda Bruta.....	45
4.23	Máxima Demanda del Sistema.....	45
4.24	Tabla resumida de resultados de los cálculos de potencia y energía.....	46

CAPÍTULO V

APLICACIÓN DEL S.E.R OTUZCO III ETAPA CON EL METODO PROPUESTO

5.1	Introducción.....	47
5.2	Fuentes de información.....	47
5.2.1	Información básica.....	47
5.2.2	Información secundaria.....	47
5.2.3	Fuente de datos INEI.....	48
5.2.4	Banco de datos propio.....	48
5.3	Determinación de las variables Explicativas.....	48
5.3.1	Ubicación geográfica.....	48
5.3.2	Actividad económica.....	48
5.4	Cuantificación de los Parámetros de Ajuste.....	49
5.5	Determinación de las ecuaciones de proyección.....	50
5.5.1	Ecuación β_1	50
5.5.2	Ecuación β_2	51

5.5.3	Ecuación β_3	52
5.6	Proyección de la demanda.....	52
5.6.1	Proyección de población.....	53
5.6.2	Proyección del número de viviendas.....	53
5.6.3	Proyección del número de abonados domésticos.....	54
5.6.4	Proyección del consumo de energía doméstico.....	55
5.6.5	Proyección del consumo de alumbrado público.....	56
5.6.6	Proyección de abonados comerciales.....	57
5.6.7	Consumo neto de energía en el sector comercial.....	58
5.6.8	Consumo neto de energía en el sector industrial.....	58
5.6.9	Consumo neto de energía debido a cargas de uso general.....	59
5.6.10	Consumo neto de energía debido a cargas especiales.....	60
5.6.11	Consumo neto total de energía.....	60
5.6.12	Consumo bruto total de energía.....	61
5.6.13	Horas de utilización.....	61
5.6.14	Máxima demanda de potencia.....	61
5.6.15	Consumo del sistema o energía total requerida.....	61
5.6.16	Máxima demanda bruta.....	62
5.6.17	Máxima demanda del sistema.....	62
5.6.18	Proyección de la demanda de potencia y energía.....	63
5.7	Discusión de resultados.....	63
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
	ANEXO A	
	FICHA TÉCNICA DE LISTADO DE LOCALIDADES.....	68
	ANEXO B	
	OFERTA ELÉCTRICA.....	71
	ANEXO C	
	DEMANDA ELÉCTRICA METODO MONENCO.....	76
	ANEXO D	
	DEMANDA ELÉCTRICA METODO PROPUESTO.....	81
	BIBLIOGRAFÍA.....	85

PROLOGO

La planificación de las inversiones en el sector eléctrico y en particular en el ámbito rural, es una necesidad primordial, ya que es menester sentar bases sólidas para el desarrollo de las zonas mas deprimidas del país

El presente trabajo pretende cumplir con ese objetivo proponiendo cómo se debe establecer una metodología para el estudio de mercado eléctrico para el ámbito rural ya que tenemos las herramientas para hacerlo debido al desarrollo de la tecnología computacional y por ende nuevos algoritmos de cálculo.

Luego de describir la metodología vamos hacer una aplicación a un determinado caso en particular y luego haremos una comparación de resultados con el método aplicado hasta el momento y explicaremos las diferencias

Los modelos econométricos son una buena herramienta de planificación y a esto le agregamos un estudio concienzudo del medio entonces tendremos un trabajo debidamente sustentado.

Debido a que no hay mucha información de estudios en esta materia en el sector rural se ha tenido que apelar a trabajos realizados en Chile, Ecuador y Colombia y que, estudiando la forma como lo desarrollan hacemos las variantes apropiadas que permitan ser aplicables a la realidad de nuestro país de acuerdo a la experiencia de campo realizados por mas de cinco años.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El estudio del Mercado Eléctrico en las Zonas Rurales de Nuestro País es hoy un tema de discusión porque en la mayoría de los casos con los métodos usados hasta el momento, no ha alcanzado los resultados esperados.

El Ministerio de Energía y Minas como ente Rector del Sector Energía, ha establecido una metodología de estudio, pero dicha metodología es una aplicación general sistemática.

La razón principal puede ser que siempre que se hacen los diseños eléctricos rurales se enfoca básicamente al suministro de electricidad en viviendas a la vez tomándose estos como semejanza de viviendas de zonas urbano marginales, no considerando para nada la densidad demográfica y la ubicación relativa de viviendas.

Asimismo las actividades económicas rurales basadas básicamente en la agricultura y ganadería (minera en pequeña escala) se realizan en el campo, en parcelas y en cada parcela puede haber una vivienda integrada a un espacio territorial de actividad económica.

El crecimiento económico del País que hoy se presenta a ritmo acelerado tiene que ser acompañado con el crecimiento energético en particular eléctrico para así cubrir la demanda.

Las redes eléctricas diseñadas para electrificación rural están básicamente orientadas para satisfacer la demanda doméstica no se toma en cuenta el uso intensivo de este¹⁴. Lo cierto es que las metodologías empleadas en la actualidad en la estimación del estudio de Mercado Eléctrico para zonas rurales del país, no ha reflejado la realidad y es ahí donde nos centraremos en el presente estudio.

El presente trabajo se desarrolla en el contexto de las zonas rurales del país, donde la participación del estado es decisiva para así garantizar el desarrollo sostenible del país y promover la descentralización efectiva que detenga el flujo migratorio.

En la primera parte abordamos la forma tradicional de Estudio de Mercado, su marco conceptual y sus limitaciones tomando como base los Modelos Econométricos establecidos como son:

AGRA – MONENCO (1996), CIPESA (1998), S & Z Consultores (1999) y MACROCONSULT (2000) además de los Métodos ARIMA o ARMA.

En la Segunda Parte describiremos el Método Propuesto el cual a la vez lo dividimos en dos temas los cuales son, La influencia del medio objeto de Estudio y La Proyección de La Demanda ya que son los dos temas que nos definen el Mercado Eléctrico

En la Tercera Parte haremos una aplicación a un caso real con el Método Tradicional y estos resultados compararlos con el Método Propuesto.

Finalmente en la Cuarta Parte haremos la misma aplicación pero con el Método Propuesto y de esta manera contrastar las diferencias sustanciales entre uno y otro método.

1.1 Justificación del método propuesto

La experiencia ha demostrado que los Métodos aplicados hasta ahora no han dado los resultados esperados prueba de ello es la Demanda de Energía que sufren los Centros Poblados que ya cuentan con servicio eléctrico. Un ejemplo, el Centro Poblado Boquerón en la Provincia de Padre Abad, Ucayali demanda en la actualidad de un 20% de energía adicional que no puede ser cubierto por la concesionaria, energía básicamente que demandan los palmicultores ya que necesitan darle un valor agregado a la palma aceitera además de los agricultores piñeros. El Centro Poblado de Monte Alegre de Neshuya de la misma Provincia demanda hasta un 60% de energía adicional a la ya existente debido que se ha convertido en una población cluster, esto es pues una prueba palpable que los estudios de demanda de carga futura no han sido los mas apropiados.

1.2 Objetivo del método propuesto

Implementar un modelo de análisis estructural para el Estudio de Mercado Eléctrico en el Sector Rural de País tanto en la base de estudio como en la proyección de la demanda y de esta manera tener una base para el estudio del comportamiento de este sector en lo que a la parte rural se refiere.

1.3 Alcances del método propuesto

Los alcances del presente trabajo son los siguientes:

Realizar una revisión de los métodos empleados hasta el momento

Proponer una Nueva Metodología.

Aplicar a un caso real comparando con los métodos tradicionales

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE MÉTODOS EMPLEADOS EN LOS ESTUDIOS DE MERCADO ELÉCTRICO

Antes de describir la propuesta, se hace una revisión de todos los métodos empleados hasta el momento que nos servirá de base y diagnóstico para la metodología que propondremos en el presente informe.

Siendo los métodos econométricos, una alternativa de solución, el resultado de la revisión y análisis breve, nos dirá el porqué no se pueden aplicar estos métodos, además del porqué no han dado los resultados esperados. Aquí describimos brevemente estos métodos.

2.1 Método Monenco-Agra

Implementado en 1996 como método para determinar la proyección de la Demanda Eléctrica cuyos fundamentos se centran en los siguientes conceptos:

2.1.1 Proyección de la demanda por series históricas

La venta de electricidad con proyección de series históricas a partir del PBI, el tamaño de la carga (población) y la tarifa promedio por mes. No hace un estudio estadístico que sustente o justifique la utilización de sus variables.

2.1.2 Horizonte de Proyección

El horizonte de proyección en base al horizonte histórico siendo muy pequeño el horizonte histórico con lo cual la proyección futura consideramos altamente riesgosa. Siempre es buen apelar a información histórica más grande.

2.1.3 Verificación estadística

La verificación de los (mínimos cuadrados) resultados estadísticos no pasa por una evaluación rigurosa.

2.2 Método CIPESA

El Método CISEPA, mejora la estructura de las variables, incorporando componentes dinámicos en el proceso de ajuste ecuacional. Se fundamenta en dos partes, una denominada Ajuste funcional instantáneo y la otra denominada de Ajuste parcial. Este

modelo es más elaborado y permite realizar proyecciones para diferentes tipos de usuarios, empleándose variables dummy en los procedimientos.

2.3 Método S & Z CONSULTORES

El Método desarrollado por S&Z CONSULTORES, esta basado en el modelo anterior, trata de corregir dos problemas que posee, así determina una suavización de la estacionalidad, al acercar los períodos de análisis a trimestres y segundo, aumenta el nivel de agregación y reduce así las funciones a un número menor de ecuaciones. Se le critica por tener muestras muy reducidas, debido a la adopción de los trimestres como base de tiempo.

2.4 Método MACROCONSULT

El Método desarrollado por MACROCONSULT, esta basado en el modelo de Monenco - Agra, trata de mejorar la estacionalidad y desarrolla los regresores de modo tal que no sean influenciados por las variables internas. Sin embargo se le critica precisamente por el carácter de exogeneidad de los regresores y por tener una muestra reducida

Conclusiones

Las Metodologías se basan en la proyección de la demanda, no hace un análisis riguroso del comportamiento del medio objeto de estudio que nos permita sustentar el porque se establecen ciertos parámetros.

No discrimina el ámbito urbano del ámbito rural principalmente cuyo comportamiento es muy diferente a lo ya mencionado.

No hay un Análisis Objetivo a saber, de donde toma los datos primarios o básicos solo se basa en información estadística proporcionada por el estado.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA PROPUESTA

Introducción

Todos los mercados funcionan equilibrando la oferta y la demanda, pero el mercado eléctrico tiene una complicación añadida, casi no puede almacenar stocks para venderlos mas adelante sobre todo cuando la demanda aumente, debe de venderse en forma continua las 24 horas del día y garantizando buena calidad del servicio. Ahora, tratándose de zonas rurales tenemos otra complicación mas es que no se puede ofertar a buen precio, es mas ni siquiera el precio establecido puede ser cubierto por el consumidor final.

Estos conceptos así vertidos nos van definiendo los componentes de un mercado eléctrico que son, la oferta, la demanda y el consumidor final y si a esto le añadimos una tarifa social y una buena calidad del servicio (más no establecido por la oferta y la demanda que es la ley del mercado) estamos hablando de un marco normativo.

Dado que el comportamiento del mercado eléctrico sea cual fuera su zona de acción este se comporta de forma dinámica, entonces se han establecido modelos econométricos para el estudio y se vienen aplicando con relativo éxito desde la década de los 90.

Para efectos del presente trabajo se da por descontado la viabilidad del estudio.

Pero porque fallan los métodos de estudio empleados hasta el momento?

Fallan porque en la actualidad se aplican métodos diseñados para otro tipo de realidad como es el de zonas urbanas o urbano marginales y la otra razón que al ser localidades poco accesibles o dificilmente accesibles no se hace un estudio minucioso de la zona a electrificar, mejor dicho no se hace una investigación exhaustiva del mercado⁹.

Además los Métodos tradicionales empleados no discrimina el ámbito rural con todas sus peculiaridades, solo utiliza el método general que obviamente inducirá siempre a error. Además se nota claramente que los estudios que se realizan solo tratan a la larga de sustituir velas y mecheros por electricidad sin considerar otras potencialidades de su uso, como es, y que para eso se creó la electricidad y así alentar el desarrollo de las zonas deprimidas del país.

3.1 Componentes para el estudio del mercado eléctrico rural

Los componentes para los estudios de mercados en general tienen como base tres componentes fundamentales: La oferta, La demanda y El mercado.

Para el caso de la electrificación en general se tiene que adicionar un nuevo componente que es el marco regulatorio³. Describiremos brevemente cada uno de estos componentes.

3.1.1 La oferta

Sabemos que en las circunstancias actuales hablar de oferta eléctrica resulta un poco irónico debido a que las generadoras aun no logran satisfacer plenamente la demanda del mercado en general, menos para usuarios que no representa una renta importante para el concesionario, por lo que la oferta quedará restringido a la disponibilidad de potencia de las sub estaciones cercanas o de pequeños centros de generación si se disponen de fuentes de energía y esto con todo el costo de instalación, operación y mantenimiento de estos centros de generación para un mercado poco atractivo económicamente.

3.1.2 La demanda

La demanda de electricidad es una constante en nuestro país y con mayor razón en las zonas rurales, no se puede hacer un estudio de demanda sin proyección dado que el vehículo de transporte del producto (electricidad) será el mismo por lo menos hasta que se recupere la inversión, no se pueden estar cambiando postes, cables ni transformadores constantemente, es por ello que se hace un estudio de la demanda con proyección futura para así garantizar la calidad del servicio de un mercado que se supone se irá ampliando constantemente (para eso se hace el estudio) hasta llegar a un nivel casi constante de abastecimiento.

3.1.3 El mercado

Son los poblados rurales del país tales como, centros poblados, anexos, sectores, lugares donde aun no llega la electricidad y que no es atractivo para los inversionistas (concesionarios) porque no es rentable por los altos costos de inversión de infraestructura, costos de operación y mantenimiento y que no se ven reflejados en las tarifas por ser este de orden social, por ende es decisiva la participación del estado.

3.1.4 Marco legal normativo

Como en este caso y como en el caso de la electricidad en general no existe una competencia real de actores (generadores, transmisores, distribuidores) basados en las leyes del mercado, tiene que existir un marco normativo para evitar los monopolios u oligopolios.

De esta manera no se distorsionan los precios y la calidad del servicio y tratándose de poblados rurales con mayor razón, el marco normativo establece las reglas de juego.

3.2 Componentes a ser estudiados objetivo del presente informe

En el presente trabajo se excluyen los estudios de la oferta de electricidad y de marco legal normativo.

Se excluye la oferta porque la electrificación rural carece de oferta porque no es atractivo para los inversionistas.

Se excluye el marco normativo porque ya existe un marco normativo y corresponde a un análisis multi disciplinario hacer los cambios o mejoras pertinentes.

Solo nos centraremos en:

El mercado (o estudio del medio)

La demanda

Tampoco se hará un estudio de rentabilidad debido a que es muy difícil que retorne la inversión de toda la infraestructura a instalarse debido a los bajos costos de las tarifas, mas si se hará un estudio de la demanda futura para garantizar la calidad y ampliación futura del servicio (a 20 años) sin tener que cambiar las redes por sobrecarga.

3.2.1 El estudio del medio

El Estudio del Medio; estará basada en la información del que hacer diario, tanto en la parte interna y como se relaciona con la parte externa ya sea físicamente, socialmente y económicamente y nos dará una base para el posterior estudio de la Demanda Eléctrica.

El Estudio del Medio nos dará una base del porqué es necesaria la electrificación rural o sea, será el sustento básico para justificar el porque se debe electrificar dicha zona ya que seguro no disponemos de mas información que el que observaremos in situ ya que la experiencia nos muestra que en la mayoría de los casos no se encuentran registros de la zona por parte de los órganos de control estatal y si los hay muchas veces no se ajustan a la verdad.

Para el Medio: Objeto de Estudio establecemos cuatro parámetros para el Estudio:

La Observación Objetiva

La Observación Subjetiva

Grado de Influencia de Factores Externos al Medio (Mapeo GIS)

La Encuesta de Campo

La Observación Objetiva será la observación de la realidad del objeto de estudio y establecerá bases sólidas para sustentar el porque se debe electrificar la localidad.

La Observación Subjetiva establecerá la base para la Proyección de cargas, sobre todo cargas de uso general y cargas especiales (cuyos tipos describiremos mas adelante) y así proyectar la demanda futura.

El Grado de Influencia de Factores Externos al Medio proporcionará una información de cuanto es la influencia de factores externos llámese este, Influencia de una zona aledaña Minera, o zona aledaña a un poblado donde se realiza intercambio comercial mediana o grandemente intensa (Mapeo GIS de Polo Urbano o Cluster), si esta cerca de una zona agro industrial, etc. Esta influencia establecerá un parámetro del porque se debe o no electrificar la localidad, puede que esta influencia sea temporal o permanente.

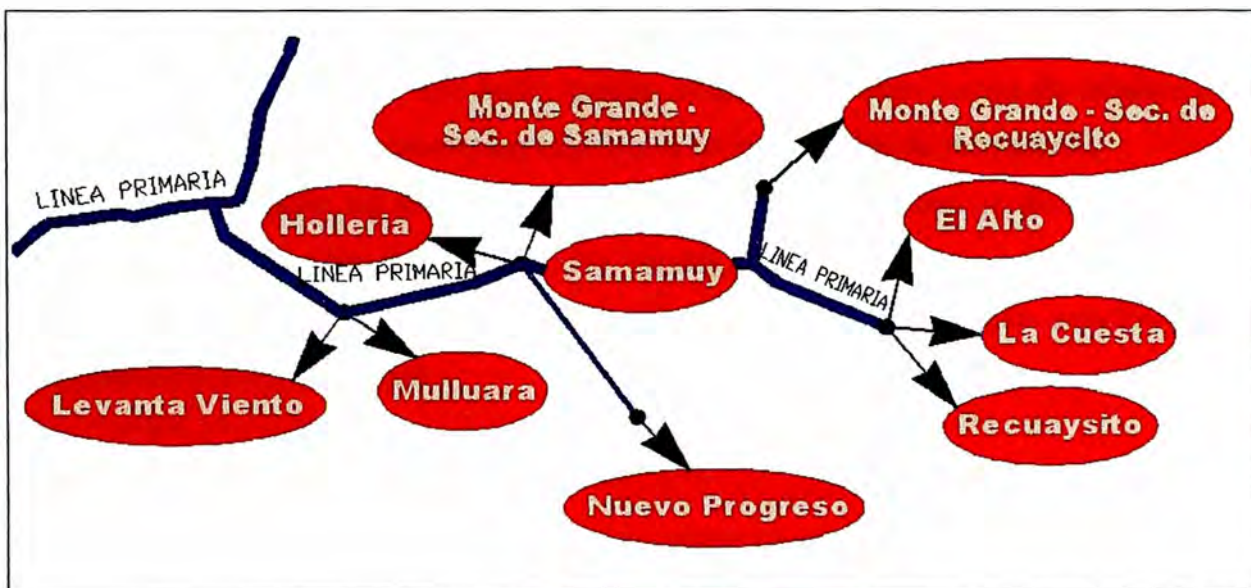


Fig. N° 3.1 Localidades de un mismo eje económico

La Encuesta de Campo será el aporte de los entre beneficiados del porque requiere contar con el servicio dicha localidad.

Para cada uno de estos parámetros establecidos se describirán los métodos y se establecerán ponderaciones específicas y luego se asignará un valor ponderado debidamente sustentado.

3.2.2 La demanda

Como se estableció líneas arriba, la demanda de electricidad es una constante, mejor dicho, es una variable dinámica, se da por descontado que existe demanda, es mas, la demanda es insatisfecha, por ello que se está proponiendo un estudio riguroso del mercado eléctrico, al margen de los costos, este trabajo se centrará en la:

Demanda actual

Demanda futura

a) Demanda actual

La demanda actual estará dado por el estudio el medio cuyo método de estudio ya se explicó en la sección 3.2.1. Además, puede que esta demanda no pueda ser cubierta por la oferta actual del sistema, tema que no será cubierto en este presente informe.

b) Demanda futura

Teniendo como base el comportamiento del medio se puede implementar el método óptimo de proyección de la demanda en un horizonte de 20 años.

La experiencia ha enseñado que hay ciertas curvas de tendencia característica de proyección de la demanda independiente del método a emplear. Esta curva se muestra en la figura 3.1 pero como ya dijimos, el mercado eléctrico es un mercado dinámico y muchas veces impredecible tenemos que hacer ajustes necesarios a estas curvas de tendencia que nos permitan hacer una aproximación real futura en los estudios de proyección.

Justamente el objetivo del presente informe es eso, por esa razón se diseña este nuevo método como alternativa de solución, los ajustes se harán en base a la experiencia de localidades similares a las que estamos estudiando que con los análisis estadísticos nos darán resultados satisfactorios

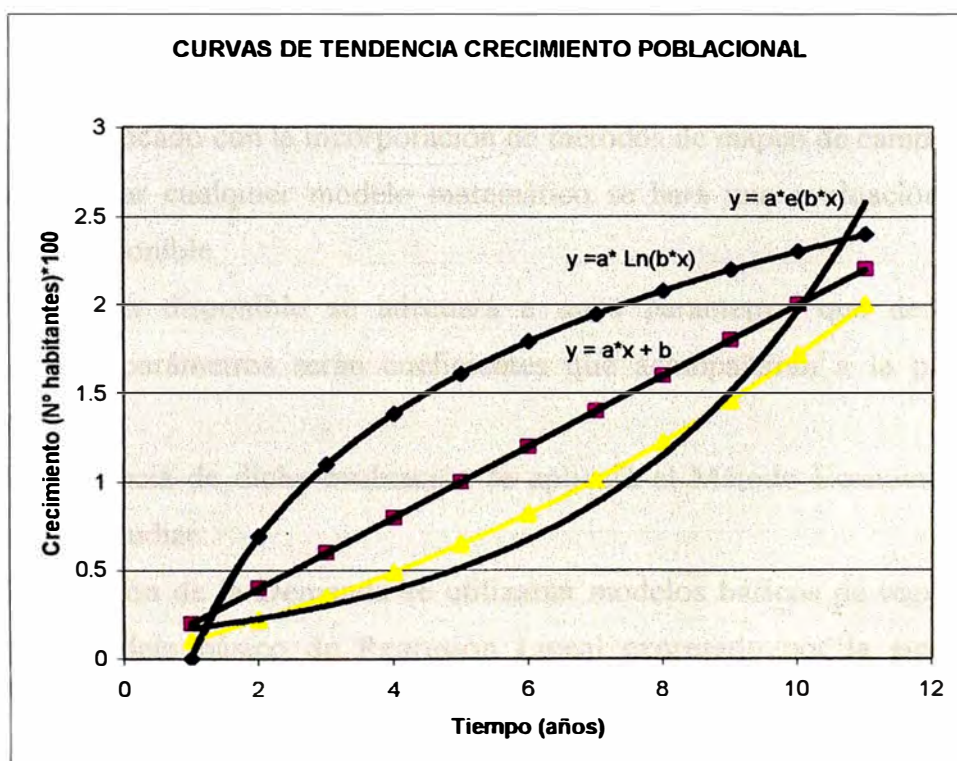


Fig. N° 3.2 Curvas de tendencia de proyección de la demanda

Entonces tenemos tres tipos de Curvas de tendencia los cuales son en forma lineal, exponencial y logarítmica. Lo común que muestra cada una de estas curvas es que siempre

tienen dos asíntotas horizontales que son la velocidad de tendencia de crecimiento de la demanda con lo cual se dice que esta ya no se incrementará más.

Inicialmente cuando se instala un servicio de electricidad, la población experimentará un cambio en su crecimiento poblacional debido al servicio, pero este tendrá un límite por razones que son objeto de estudio (ejm. los servicios adicionales ya no dan para más) es ahí donde el crecimiento se hace lento y constante.

c) Límite de crecimiento poblacional

La población llegará a un límite de crecimiento tal que si bien puede haber oferta de energía eléctrica o pasará lo mismo con las ofertas de saneamiento (agua, desagüe) o de espacios para el confort. Por eso se dice que la oferta eléctrica llegó a su límite.

d) Decrecimiento de la demanda eléctrica

Ahora viendo el caso inverso, es decir empieza a escasear la oferta eléctrica y este será demandada en una magnitud tal que será más económico desturbar el medio que hacer el tendido de nuevas redes que serán altamente costosas.

Notar que estas curvas tienen al menos un punto de inflexión, este punto de inflexión nos da una medida de cómo se incrementa o decrecienta la demanda eléctrica.

3.3 Análisis conceptual

La Metodología Propuesta se basará en Modelos Econométricos como herramienta de análisis y simplificado con la incorporación de métodos de mapeo de campo o GIS.

Antes de emplear cualquier modelo matemático se hará una evaluación rigurosa de la información disponible.

Esta información disponible se adecuará a unos parámetros que describiremos más adelante, estos parámetros serán coeficientes que acompañarán a la proyección de la demanda.

Como consecuencia de dicha evaluación se aplicará el Método Económico apropiado para el caso a estudiar.

Para la Proyección de la Demanda se utilizarán modelos básicos de regresión como por ejemplo un modelo básico de Regresión Lineal expresado por la siguiente ecuación general¹¹:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_n X_{ni} + u_i \quad (3.1)$$

Donde:

Y : Variable explicada

X : Variable cualitativa a determinar

β : Valor esperado

u : Perturbación Aleatoria

i : Subíndice que hace referencia a diversas observaciones. (años proyectados)

Este valor i quedará truncado cuando se incorporen nuevas inversiones que afecten el normal crecimiento de la localidad y que a partir de ahí se cambiarán los parámetros de estudio (Observación Subjetiva)

El presente Modelo econométrico tendrá tres utilidades principales:

3.3.1 Análisis estructural

Se hará una cuantificación de las relaciones que entre el periodo analizado ha existido entre las variables implicadas, a través del conocimiento del signo y valor de los parámetros estimados. Es decir, servirá para conocer como inciden en la variable explicada variaciones de las variables explicativas.

3.3.2 Predicción

Dados unos valores a futuro para las variables explicativas y conociendo la expresión matemática que relaciona las variables explicativas y la variable explicada, es posible predecir los valores que tomará a futuro la variable objeto de estudio.

3.3.3 Simulación

Efectos que tienen sobre la variable explicada diferentes estrategias que se planteen de las variables explicativas. Por ejemplo si se analiza las ventas de una empresa en función de los precios del producto y del nivel de gasto realizado en publicidad, podríamos estar interesados en analizar cuanto incrementarían las unidades vendidas si se mantienen los precios fijos y se incrementa el gasto en publicidad en un porcentaje determinado.

La Proyección de la Demanda dará una base para la inversión a futuro ya que al ser esta muy costosa deberá servir para que al año de proyección puede revertir esa inversión aunque no en su totalidad pero si compensar de alguna manera la inversión que se hace en el momento y así reducir el gasto que se hace en esta inversión.

3.4 Comportamiento y evolución del medio

Son todas las variables que se emplearán como base de estudio como por ejemplo: Ubicación Geográfica, Estado Socio Cultural, Desarrollo Económico, Migración e Inmigración.

Para el estudio del Comportamiento y Evolución del medio emplearemos la siguiente metodología:

Observación Objetiva del Medio

Observación Subjetiva del Medio

Grado de Influencia de Factores Externos al Medio

Encuesta de Campo

Ponderación de los resultados del procedimiento metodológico

3.4.1 Observación objetiva del medio

La observación objetiva del medio tiene que ver con el estado actual de cómo se presenta el medio objeto de estudio.

Los parámetros a establecer son:

Condiciones Geográficas y Físicas del Medio

Evaluación Socio Cultural del Medio

Evaluación Socio Económica del Medio

a) Condiciones geográficas y físicas del medio

Una condicionante para determinar el potencial mercado es la ubicación geográfica y si esta presenta asimetrías que condicionarán el tendido de las redes eléctricas.

Observar la situación geográfica del medio será decisivo en la determinación de uno de los parámetros del mercado eléctrico en cuanto si cuenta con el recurso agua, eso es básico para el asentamiento y desarrollo de personas en un lugar, la disponibilidad de agua en mayor o menor cantidad nos dará una muestra de la demanda futura de electricidad. Ahora si este lugar que cuenta con suficiente agua y a la vez es la confluencia de diversos pequeños poblados o sectores (o sea es un cluster) estamos ante un potencial eje de desarrollo de la zona de estudio. Caso contrario si se trata de un anexo o villorio estamos ante una población satélite al algún centro poblado principal que en un futuro cercano si bien o alcanzará el desarrollo del cluster podría ser un poblado alternativo a este. Ver figura 3.3.

El Criterio de selección de número de localidades involucradas estará dado por su ubicación geográfica básicamente y que pertenecen a un mismo eje económico donde se llevará la Línea Primaria, debido a la existencia de una interacción entre el Sistema Eléctrico (SER) y el Mercado Eléctrico. Dentro de estos SER se discriminarán dos tipos de localidades por su ubicación geográfica: Cluster y Satélite.

Dentro de las condiciones físicas del medio, observar los accesos hacia el lugar objeto de estudio, si tiene trocha carrozable su estado de conservación, plan de conservación y proyecto de mejoras futuras, si tiene camino de herradura cual es el proyecto futuro para una trocha.

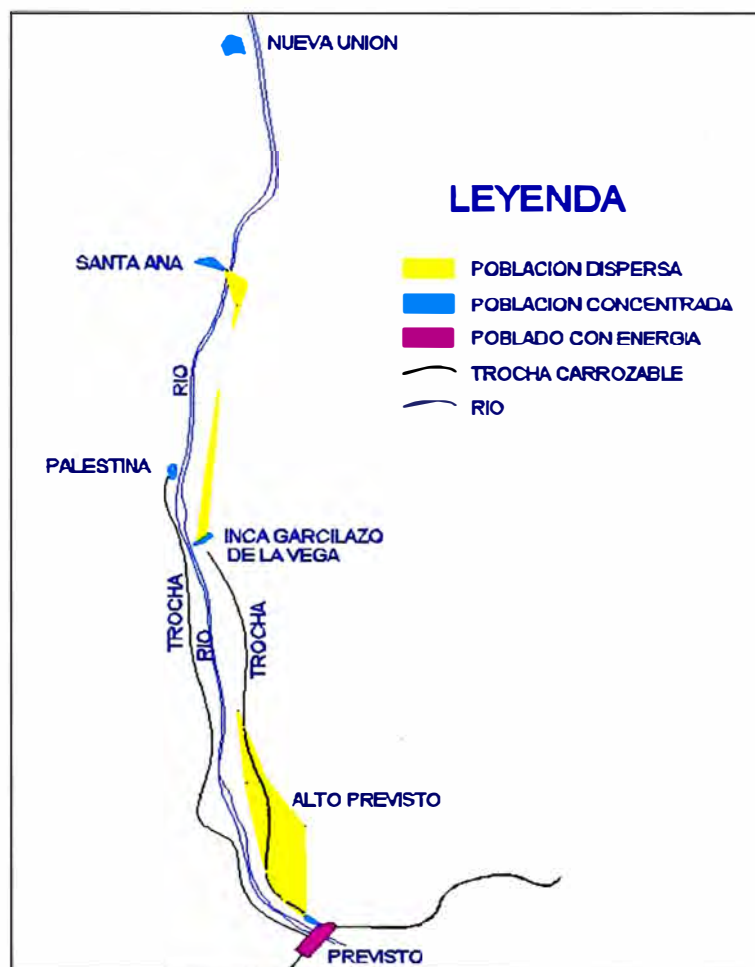


Fig. N° 3.3 Modelo de población cluster mediante mapeo GIS

Las trochas carrozables, caminos de herradura, son índices de progreso del medio, una línea primaria trazadas paralela a este, representará un ahorro e cuanto a lo que se refiere costos por franja de servidumbre y transporte de materiales para el montaje y sobre todo transporte de materiales para el mantenimiento posterior. Los accesos nos garantizarán el mantenimiento de las redes eléctricas, sin este, se corre el riesgo de perder la inversión como es el caso del Centro Poblado Nativo Santa Rosa de Aguaytía, que por ser el acceso por vía fluvial, quedó paralizado el funcionamiento de la red eléctrica por los costos que implica el transporte de combustible para el funcionamiento de los grupos electrógenos y transporte de materiales eléctricos para mantenimiento.

Nota.- Para la evaluación de las condiciones físicas del medio se da por descontado los estudios o informes de defensa civil favorable, es decir que no estamos en zonas de riesgo o de alto riesgo, ya sea por ser zonas inundables, deslizamientos constantes o fallas geológicas. Solo se tomará en cuenta la posibilidad que se de este caso en caso extremo o en poblaciones de la amazonía.

La región selva tanto baja como alta es la más vulnerable es por ello se hace difícil hacer estudios en esta zona.

b) Evaluación socio cultural del medio

Tomar nota de las obras de infraestructura ya sea locales comunales, talleres artesanales, posta médica, botiquín, etc. Ver si estos atienden permanentemente o están cerrados y listos para cualquier eventualidad.

El trato con las personas o sus dirigentes nos da el grado de organización de la población, percibir si hay una estrecha coordinación o coordinación constante o adolece de esta, es una variable importante ya que el grado de organización representará una seguridad que la inversión que hará el estado redundará en el uso eficiente de la energía a entregar.

c) Evaluación socio económica del medio

Siendo nuestro país un país netamente centralista la renta que se genera por la producción de bienes en la zona de estudio generalmente no se re invierten en la zona sino son utilizados para obtener bienestar exterior al medio, solo se invierte en lo básico para asegurar su base económica. Es por ello que es conveniente realizar una evaluación de la evolución per cápita de la población objeto de estudio.

3.4.2 Observación subjetiva del medio

La observación subjetiva tiene que ver con todo lo que se puede suponer que justificará la implementación de la energía eléctrica en el medio tales como proyectos de inversión a futuro en coordinación con entidades estatales o de apoyo pueden ser estas entidades de cooperación nacional o internacional, como por ejemplo, el Gobierno Regional, ONG's, etc.

La observación subjetiva se basa en supuestos que obviamente tendrán un peso menor en la ponderación que la observación objetiva.

Metodología de la Observación

De establecen los siguientes parámetros:

Proyectos de inversión en infraestructura básica

Presencia de entidades de apoyo o cooperación

a) Proyectos de inversión en infraestructura básica

Puede ser una trocha carrozable, un canal de irrigación, una edificación, llámese esta posta médica, escuela, etc. Las entidades de cooperación o los gobiernos en sus tres niveles puede que tengan información al respecto.

Informarse si estos proyectos cuentan con expediente técnico, y si cuentan incluirlos en el informe, si no cuentan informarse como garantizarán su ejecución ya sea en el corto o mediano plazo y si es posible, definir la fecha tentativa de ejecución, esto para incluirlo como carga especial futura.

Si esta inversión que se dará en un corto o mediano plazo, esto atraerá la presencia de habitantes (incremento de población) lo cual hará que se incremente el uso de la energía eléctrica en un plazo inmediato, por lo tanto es un parámetro que justificará la inversión en infraestructura eléctrica y su inclusión en el estudio de la demanda como carga especial futura.

b) Presencia de entidades de apoyo o cooperación

Verificar la presencia de Entidades de Apoyo o Cooperación Mutua. Consultar con la autoridad local el grado de coordinación que existe con estas entidades y sus proyectos futuros y el porque aun no se realizan. Coordinar en lo posible con las mismas entidades y recabar información de ellas para incluirlos en los estudios.

3.4.3 Influencia de factores externos al medio

La presencia de zonas mineras, zonas ganaderas, haciendas agrícolas o grandes ciudades o localidades cluster (ya electrificadas), generan influencia en el medio ya que muchos de sus habitantes laboran formal o informalmente en estas zonas.

La experiencia ha demostrado que la minería (muchas veces informal) genera una fuerte influencia, un ejemplo, la localidad de Charco Quiroz en el distrito de Yanaquihua provincia de Condesuyos Arequipa, sufre de constantes apagones en hora punta, debido a la sobre población ocasionada por la minería informal.

3.4.4 Encuesta de campo

La encuesta de campo será el grado de medición instantánea de la población (habitantes), número de viviendas y situación socioeconómica de la localidad.

La encuesta de campo representará el grado de confiabilidad hacia los inversores acerca de si la información recabada o adquirida es tan cierta o no. Una buena encuesta de campo ayudará a disponer de una buena información para los estudios justificativos del porque la implementación eléctrica.

Por lo tanto la Encuesta de Campo deberá reflejar lo siguiente:

- La cantidad de habitantes de la localidad

- El número de viviendas

- Los accesos

Economía familiar

Condiciones ambientales

a) Cantidad de habitantes de la localidad (catastro local)

La cantidad de habitantes de la localidad se determina mediante el catastro o censo realizado en el momento de hacer los estudios, por ser esta información una fotografía real y básica para los estudios de ingeniería, pero esta información puede ser errónea ya que al momento del catastro o están todos los pobladores por ello que la cantidad de habitantes se determina de la siguiente manera:

Cantidad de habitantes por catastro realizado

Cantidad de habitantes por registro de otras entidades (minsa, ugel, etc)

Ponderación de la cantidad de habitantes de acuerdo a la fiabilidad de los mismos.

La experiencia ha demostrado que el rigor de la cantidad de habitantes o viviendas censada no garantiza la efectividad de los estudios por lo que los estudios de población y vivienda se contrastarán con la información que manejan otras entidades tales como el MINSA, Vaso de Leche, UGEL y otros que llevan registros de población dado sus intereses.

A esta información adicional se le otorgará un peso relativo a la nuestra propia y se hará una ponderación para incorporarla con la nuestra.

La información adicional se pondera de la siguiente manera:

Si tenemos información de 5 entidades diferentes alguna de ellas tiene mayor presencia o lleva registros mas actualizados e históricos. Sobre la base de 5 puntos otorgada a cada entidad realizamos un promedio ponderado.

Ejemplo. En el estudio SER Requena III Etapa se encontró que 3 entidades diversas manejan información de población y vivienda, la UGEL, el Vaso de Leche y el MINSA, de ellos el que tiene una información mas confiable es el Vaso de Leche ya que cada mes actualizan sus padrones, en segundo lugar la UGEL cuyos padrones actualizan cada periodo escolar (semestre) y en tercer lugar el MINSA que si bien es cierto también actualizan sus padrones cada semestre su información no es muy confiable.

A la información de cada entidad se le otorgó un puntaje sobre la base de 5 puntos, es decir a la información del vaso de leche 5 puntos a la de la UGEL 3 puntos y del MINSA 1 punto, se hace la ponderación de la siguiente manera:

$$N^{\circ} \text{ Prom} = (5 * \text{Vaso de Leche} + 3 * \text{UGEL} + 1 * \text{MINSA}) / 9 \quad (3.2)$$

Este resultado nos dará un promedio ya sea en población o en vivienda que nos servirá como referencia para nuestro trabajo.

Esto con el propósito de acercarnos mas a la realidad ya que al momento de hacer nuestro trabajo muchas de las personas no se encuentran en sus viviendas y no sabemos a ciencia cierta si son o no habitantes actuales.

La cantidad de habitantes de la localidad dividida entre el número de viviendas establece una muestra de la densidad de la población y de acuerdo a este un factor de kw/vivienda.

La cantidad de habitantes deberá ser discriminada entre población en edad escolar, menores de 5 años y población adulta, esto para la cuantificación del consumo promedio y la proyección futura.

b) Número de viviendas

El Número de viviendas dividida entre la cantidad de habitantes calcula el parámetro de densidad poblacional además deberá discriminarse entre viviendas en buen estado de conservación, viviendas electrificables o no y el tipo de construcción.

La distribución espacial de las viviendas, cuantas viviendas están concentradas y cuantas dispersas a lo largo del eje geográfico de la localidad.

c) Accesos

Cuales son las principales vías de acceso y el tiempo que toma llegar hacia ellas.

d) Economía familiar

Cual es la principal fuente de ingresos de los pobladores, cual es su producción mensual o por campaña, esta medida dará el sustento de la población hasta que punto puede asumir el pago por consumo de electricidad.

e) Condiciones ambientales

Las Condiciones Ambientales proporcionará una medida del grado de exposición de la localidad hacia eventuales efectos de la naturaleza y nos permitirán hacer los diseños tomando estas precauciones, como por ejemplo, presencia de tormentas eléctricas estacionales, vientos huracanados etc.

3.4.5 Ponderación de los resultados del procedimiento metodológico

Todo lo mencionado en los puntos 3.3.1 al 3.3.4 deberá ponderarse de acuerdo con los criterios de Variables Explicativas descritos a continuación:

Se usarán las siguientes Variables Explicativas para su ponderación:

a) Según situación geográfica

Accesos (Trocha Carrozable/Camino de Herradura)...	G1
Disponibilidad de Agua	G2
Población Cluster	G3

-	Mínimo Riesgo de Desastres	G4
b)	Según actividad económica	
-	Zona Agrícola Predominante	E1
-	Zona Ganadera	E2
-	Minería Artesanal	E3
-	Comercio (Hub)	E4
c)	Según evolución socio cultural	
-	Locales Escolares	C1
-	Pequeñas Plantas de Industria Artesanal	C2
-	Edificación de Uso Comunal	C3
-	Posta Médica/Botiquín	C4

Se pueden adicionar variables, según podamos observar mas condiciones, pero consideramos estos los parámetros principales.

Se definen ecuaciones de la siguiente manera¹¹:

Según Evolución Socio Cultural:

$$X_i = \alpha_1 + \alpha_2 * C1_i + \alpha_3 * C2_i + \alpha_4 * C3_i + \alpha_5 * C4_i + u_i \quad (3.3)$$

Según Actividad Económica:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 * E1_i + \beta_3 * E2_i + \beta_4 * E3_i + \beta_5 * E4_i + v_i \quad (3.4)$$

Según Situación Geográfica

$$Z_i = \gamma_1 + \gamma_2 * G1_i + \gamma_3 * G2_i + \gamma_4 * G3_i + \gamma_5 * G4_i + w_i \quad (3.5)$$

La ecuación general que resume a las anteriores será:

$$T_i = X_i + Y_i + Z_i + t_i \quad (3.6)$$

La ponderación de las variables explicativas esta relacionado con el valor específico que cada uno de los parámetros involucrados tomará al momento de hacer los análisis y de las proyecciones.

Los valores esperados α_1 , β_1 y γ_1 , vienen a ser los cálculos de función de tendencia, aplicadas en donde la función de regresión se comporta en forma lineal.

Los parámetros C, E y G, vienen a ser los coeficientes de ajuste de las curvas de tendencia de cada una de las variables explicativas involucrada.

Los coeficientes u, v, w y t son valores iniciales de ajuste o perturbaciones aleatorias que modifican cada función en un momento dado.

Se tiene que estar en capacidad de identificar donde la función tiene un comportamiento lineal para poder aplicar el método. Para ello es aparente la Serie de Tiempos.

Si por ejemplo vamos a determinar la población de acuerdo con la situación geográfica tenemos:

Si no se considera los factores de ajuste, de acuerdo con la ecuación (3.5) tenemos la ecuación:

$$Z_i = \gamma_1 + w_i \quad (3.7)$$

Donde:

w_i : es el valor inicial o población inicial calculada al momento de hacer el estudio.¹⁶

γ_1 : Proyección de la población que puede ser calculado por algún modelo econométrico convencional.

i : Año de proyección (puede ser de 0 - 20)

Ahora si se aplica una variable de ajuste como por ejemplo G_1 referido a Trocha carrozable, entonces, de acuerdo con la misma ecuación (3.5) tenemos:

$$Z_i = \gamma_1 + \gamma_2 * G_{1i} + w_i \quad (3.8)$$

Donde:

G_{1i} : es una variable cualitativa que puede tomar el valor de "1" si es un análisis elemental, pero que puede determinarse estadísticamente.

γ_2 : Proyección de población si se dispone de trocha carrozable.

Como γ_2 será un valor diferente a γ_1 , la variable cualitativa tomará un valor decimal entre 0 y 1 que hará que el valor Z_i sea ajustado de acuerdo con la característica.

Determinación de la proyección γ_2 :

Si se asume que G_{1i} va a tomar el valor de "1" (mas adelante se describirá que valores puede tomar G), entonces γ_2 se calcula de la siguiente manera:

Ejemplo 1 que ilustra el método

Se toma un trabajo estadístico de una población semejante, por ejemplo tenemos la siguiente información de estudio de proyecto futuro para una localidad x:

Tabla N° 3.1 Crecimiento poblacional

Año	Población
1	80
2	90
3	100
4	110
5	120
6	130
7	140
8	150
9	160

10	170
11	180

La curva de proyección será la siguiente:

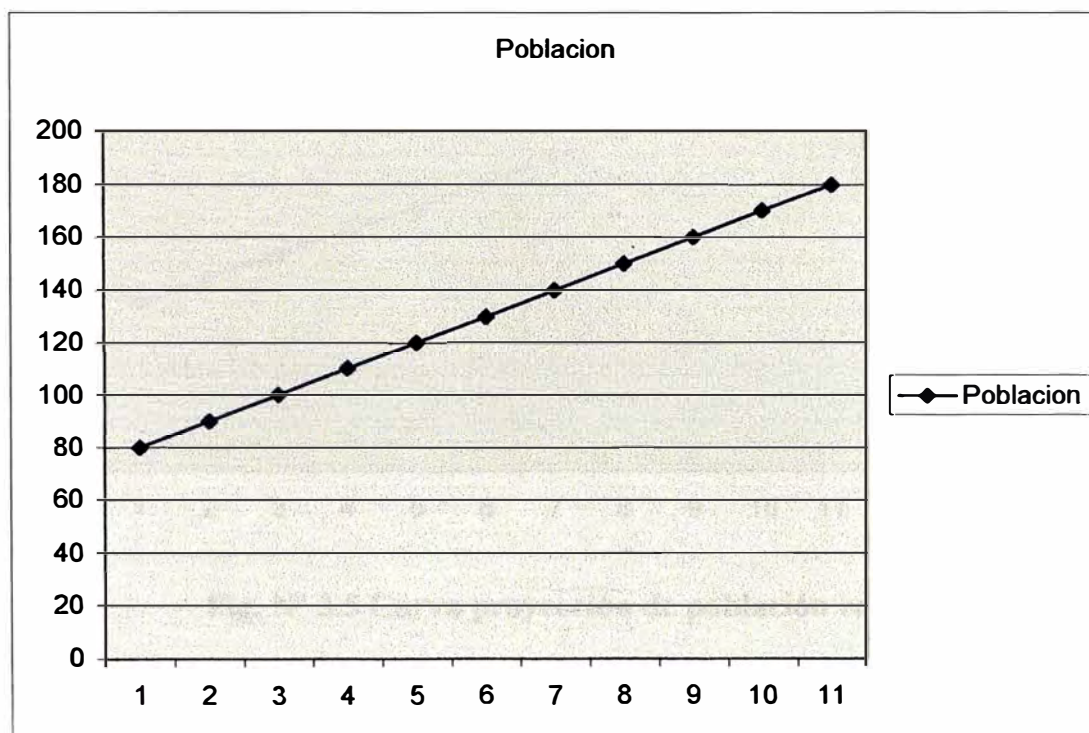


Fig. N° 3.4 Curva proyección de población proyectada

Su ecuación de proyección será:

$$Y = 10 * X + 70 \quad (3.9)$$

Este primer intento de crecimiento poblacional se contrasta con el crecimiento real de la población* de estudio o sea la realidad resultó lo siguiente:

Tabla 3.2 Crecimiento real de población

Año	Población
1	80
2	91
3	103
4	114
5	126
6	138
7	149
8	161
9	173
10	184
11	196

* Datos tomados de registros del INEI

Se hace la gráfica estos datos tal como se muestra e la siguiente figura:

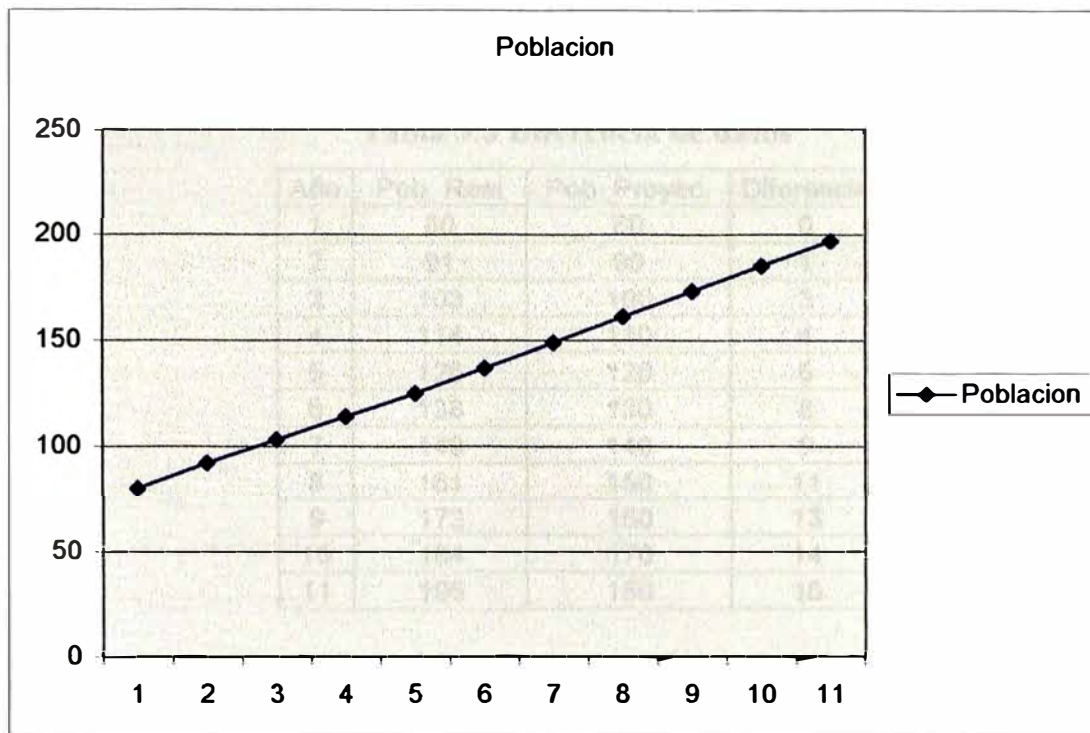


Fig. N° 3.5 Curva proyección de población real

Cuya ecuación es:

$$Y = 11.68 * X + 67.73 \quad (3.10)$$

Se realiza una superposición de gráficas para ver las diferencias en los resultados real y proyectado, analizar las mismas y hacer los arreglos necesarios en las ecuaciones.

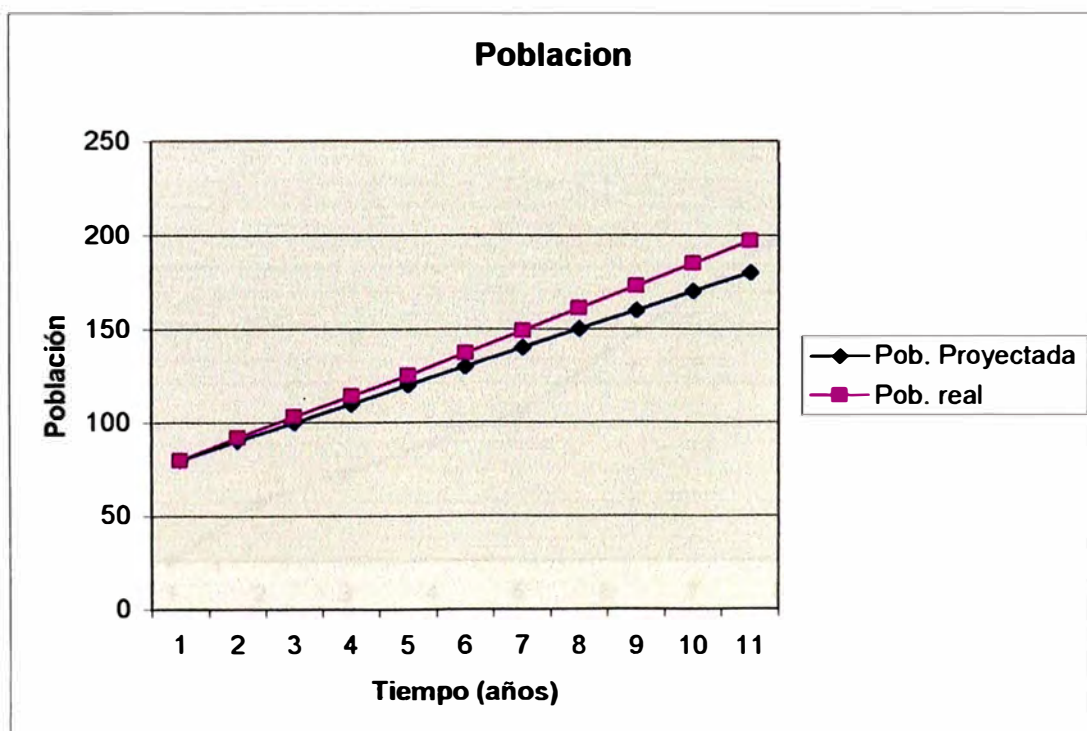


Fig. N° 3.6 Superposición de curvas de proyección

Ahora se construye una tabla para observar la diferencia entre la población real y población proyectada.

Tabla 3.3 Diferencia de datos

Año	Pob. Real	Pob. Proyec.	Diferencia
1	80	80	0
2	91	90	1
3	103	100	3
4	114	110	4
5	126	120	6
6	138	130	8
7	149	140	9
8	161	150	11
9	173	160	13
10	184	170	14
11	196	180	16

Esta diferencia se lleva a una gráfica en base al año de proyección (desde el año 1 hasta el año 11), esto es importante porque de ahí se obtendrá una ecuación diferencia de ajuste a la ecuación de nuestro modelo econométrico (ec. 3.8).

La gráfica se denomina Población incrementada como función del año de proyección y se muestra a continuación:

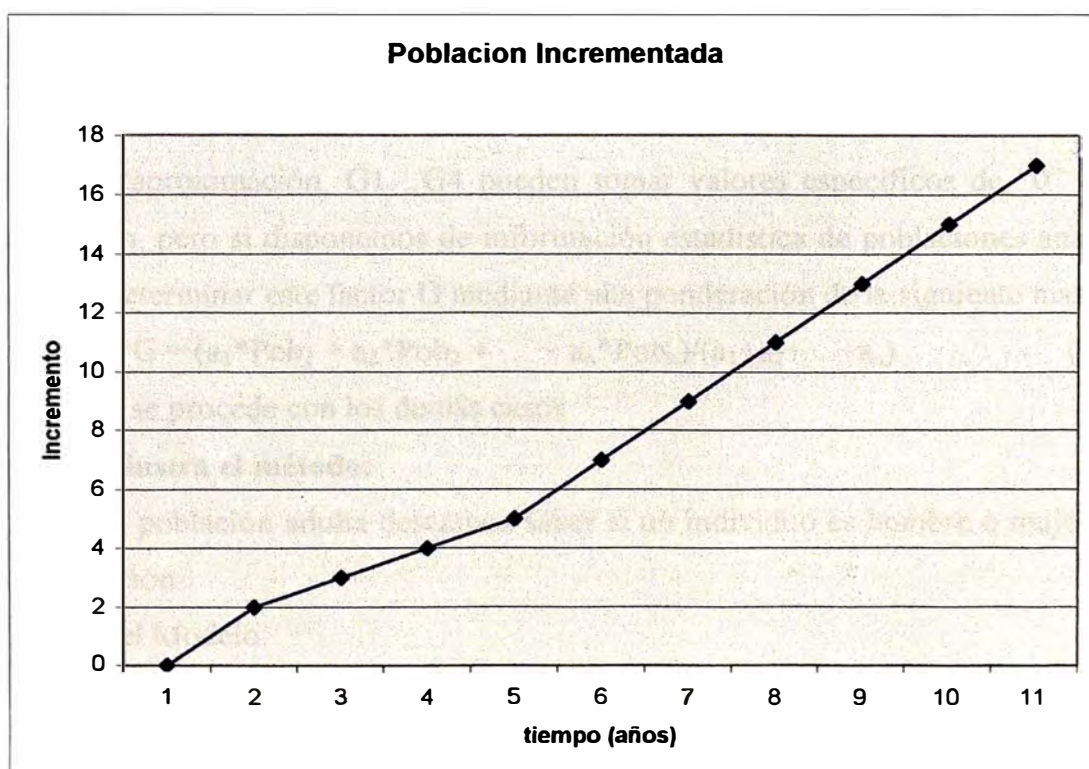


Fig. N° 3.7 Superposición de curvas de proyección

Cuya ecuación de la curva linealizada será:

$$Y = 1.68 * X - 2.27$$

que representará la función γ_2

$$\gamma_2 = Y = 1.68 * X - 2.27 \quad (3.11)$$

Por lo tanto nuestra ecuación (3.8) queda:

$$Z_i = \gamma_1 + G_{1i} * (1.68 * X - 2.27) + w_i \quad (3.12)$$

De esta manera se ajusta la proyección de acuerdo con la influencia de la trocha carrozable.

Generalización de las variables explicativas

Se puede generalizar las variables explicativas adecuándolas al método de Series DUMMY¹¹.

Se toma como ejemplo el caso anterior en el cual incluimos cuatro variables que son:

G1 = Zona de riesgo

G2 = Población cluster

G3 = Factor Agua

G4 = Trocha carrozable

Se define una Matriz de variables en primera aproximación de la siguiente manera:

Tabla 3.4 Matriz de variables

	Z	Intercepto	G1	G2	G3	G4
Trocha	Z1	1	0	0	0	1
Agua	Z2	1	0	0	1	0
Cluster	Z3	1	0	1	0	0
Riesgo	Z4	1	1	0	0	0

En una primera aproximación, G1...G4 pueden tomar valores específicos de “0” o “1” según sea el caso, pero si disponemos de información estadística de poblaciones análogas es conveniente determinar este factor G mediante una ponderación de la siguiente manera:

$$G = (a_1 * P_{ob1} + a_2 * P_{ob2} + \dots + a_n * P_{obn}) / (a_1 + a_2 + \dots + a_n) \quad (3.13)$$

De igual manera se procede con los demás casos

Ejemplo 2 que ilustra el método:

En un sondeo de población adulta deseamos saber si un individuo es hombre o mujer y su grado de instrucción.

Podremos crear el Modelo:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 * D_i + \beta_3 * X_i + v_i \quad (3.13.a)$$

Donde: Y_i = Promedio Población Adulta Estimada

D_i = 1 si es varón, 0 si no;

X_i = Puntaje si tiene algún grado de instrucción, (PGI).

Si $\beta_3 > 0$, el puntaje de la PGI tiene un efecto positivo sobre la promedio de población estimada adulta, cualquiera sea éste. Si además el parámetro β_2 resulta positivo y estadísticamente significativo, ser un individuo masculino tiene también un efecto positivo sobre el promedio de población.

La inclusión de la variable cualitativa permite distinguir entre dos grupos de individuos. El parámetro β_2 se denomina "intercepto diferencial".

Gráficamente:

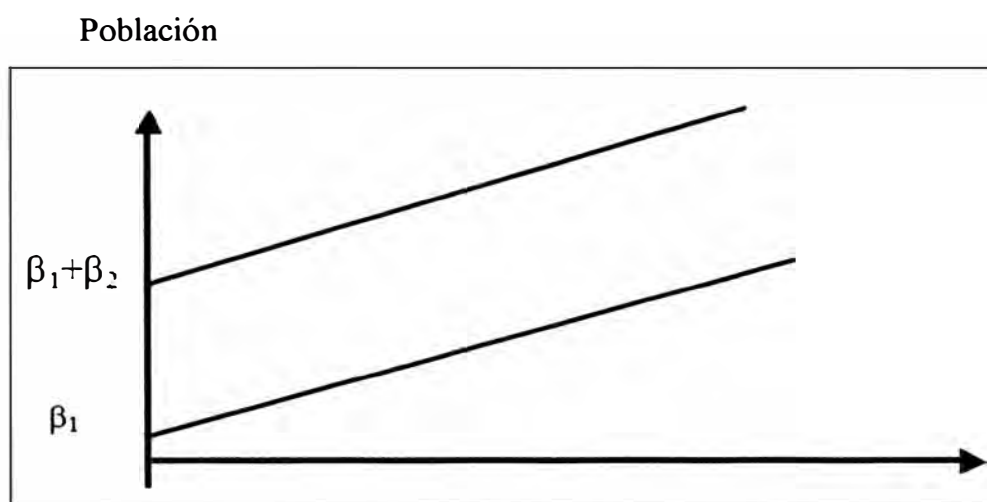


Fig. N° 3.8 Grado de Instrucción

La interpretación de los resultados de la regresión es la siguiente:

El Valor Esperado de los individuos que tienen grado de instrucción (dado su puntuación si es varón o mujer):

$$E(Y_i|D_i=1, X_i) = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 X_i. \quad (3.13.b)$$

El Valor Esperado de la nota de los alumnos que NO tienen grado de instrucción (dado su puntaje en la calificación de sexo):

$$E(Y_i|D_i=0, X_i) = \beta_1 + \beta_3 X_i. \quad (3.13.c)$$

3.5 Proyección de la demanda

Otro de los Componentes para esta presente Propuesta de Estudio de Mercado Eléctrico en Electrificación Rural es la Proyección de la Demanda Eléctrica cuya metodología a emplear será descrito a continuación.

La proyección de la demanda estará íntimamente ligado a los parámetros anteriormente descritos y es que en base a estos se harán las proyecciones.

Una vez definido los parámetros econométricos ya podemos estimar o proyectar la demanda en base a la proyección del crecimiento de los abonados que a su vez está estrechamente ligado al crecimiento de la población.

3.5.1 Métodos para la proyección de la demanda eléctrica

Tenemos 3 métodos definidos para hacer el estudio de la proyección de la demanda, el Método a emplear estará condicionado a las características de localidades similares y de acuerdo con el mapeo GIS del mismo, es decir deberá asemejarse además físicamente.

Los Métodos pueden ser:

- Métodos Perspectivos
- Métodos Normativos
- Métodos de Confrontación Oferta – Demanda

a) Métodos perspectivos

Se denominan así porque sus proyecciones futuras se basan en necesidades pasadas de localidades similares.

Pueden ser:

- Métodos estadísticos o
- Métodos econométricos

i) Métodos estadísticos

Se basa en la proyección de la demanda futura basado en la ocurrencia pasada de una localidad similar utilizando la información disponible. Para esto se utilizan las Series de Tiempo o Regresiones y Extrapolaciones.

i1) Serie de tiempos

Se utiliza cuando la información es escasa, donde la única variable independiente es el tiempo. Los resultados obtenidos pueden ser satisfactorios para pronósticos de corto plazo, pero para plazos grandes no puede ser tan acertado.

i2) Regresiones y extrapolaciones

Al igual que el caso anterior presenta como variable independiente el tiempo pero determina la demanda futura extrapolando la tendencia de la información pasada, este método se ha demostrado que es fallido en la mayoría de los casos.

ii) Métodos econométricos

En este método se trata de destacar las cualidades de algunas de las variables económicas. Un ejemplo típico de modelo econométrico será:

$$E(i,t) = f(N,Y,PE(i),PC(j),E(i,t-1),S) \quad (3.13d)$$

Donde:

- | | |
|----------|--|
| $E(i,t)$ | Demanda de energía del sector i en el periodo t. |
| N | Número de abonados. |

Y	Ingreso por abonado.
PE(i)	Precio de energía en el sector i.
PC(j)	Precio del combustible competitivo j.
E(i,t-1):	Demanda de energía del sector i en el periodo t-1.
S	Vector de saturación de los principales artefactos eléctricos.

b) Métodos normativos

Trata de normar la proyección de la demanda con el objeto de homogenizar el método de proyección. Este método no puede ser aplicable por la diversidad económica y geográfica de nuestro país.

c) Métodos de confrontación oferta - demanda

Utiliza modelos de proyección muy complejos porque emplean muchas variables tanto para la oferta como para la demanda de potencia y energía eléctrica. Puede ser de dos tipos:

Por Sectores de Aplicación.- Puede ser sectoriales empresariales, para sistemas energéticos nacionales, macro modelos, donde la energía es solo una parte de estudio. No aplicable para nuestro propósito.

Por las Técnicas Empleadas.- Se han desarrollado modelos computacionales muy complejos usando algoritmos matemáticos, también puede simular el sistema eléctrico sobre todo para condiciones futuras.

3.5.2 Selección del método a emplear

Para el presente trabajo se selecciona los métodos prospectivos tanto del tipo econométrico con el uso de variables ficticias cuantitativas con mas de dos categorías (Modelo Dummy¹¹) y en casos extremos los métodos estadísticos con serie de tiempos.

El uso de variables ficticias nos permite hacer un test de estabilidad de los parámetros (sobre todo poblacionales) para detectar algún cambio en los parámetros el modelo.

3.5.3 Demanda eléctrica en poblaciones de tipo rural

La Demanda Eléctrica en las poblaciones rurales estará determinada básicamente por el crecimiento poblacional pero no es determinante, como la realidad muchas veces lo viene demostrando.

Los antiguos economistas consideraban a la población como variable dependiente y pensaban que el crecimiento de la población era un resultado del mejoramiento de las condiciones económicas. Incluso tomaban el crecimiento de la población como un índice de prosperidad incrementada. De forma paulatina los economistas fueron perdiendo

relación con el tema de la población al no encontrar explicaciones económicas a ciertos fenómenos demográficos, dejaron de contribuir a la teoría de la población y comenzaron a tratar a la población como una variable independiente. Al estimar que la variación de la fecundidad es función de la costumbre, el hábito social, la civilización, etc., se infiere que poco puede contribuir el economista a la comprensión de la dinámica del crecimiento de la población, de forma que, si bien el economista permanece interesado en la población, ahora debe acostumbrarse a considerarla como un dato, algo que se da para el análisis, en suma una variable exógena (independiente).

3.5.4 Metodología a emplear en la proyección de poblaciones

Se puede emplear cualquiera de las metodologías seleccionadas o una simple metodología de proyección, observando la forma de la curva de tendencia de los datos iniciales, luego se hará los ajustes de dichas curvas con los conceptos arriba expuestos.

La metodología de trabajo será la siguiente:

Recopilación de información primaria básica

Determinación de la tasa de crecimiento

Recopilación histórica de consumo eléctrico de localidades similares

a) Recopilación de información primaria básica

El procedimiento ya se explicó en la sección 3.3.4.a. Siempre es bueno corroborar que la información recabada sea confiable, de no serlo, a cada información recabada se dará un peso específico a criterio propio, determinado por el grado de confianza, luego se procesará esta información.

La cantidad de viviendas determinará el tipo de calificación de la población. El MEM recomienda la siguiente calificación por cantidad de habitantes:

$500 < \text{población} < 1000$ Tipo I

$0 < \text{población} \leq 500$ Tipo II

Debido a lo expuesto en 3.4.3 y además porque el coeficiente de electrificación rural ha mejorado, se va a redefinir el tipo de población de la siguiente manera:

$100 < \text{población} < 500$ Tipo I

$0 < \text{población} \leq 100$ Tipo II

Debido a que en la actualidad no existen poblaciones mayores a 500 habitantes que no estén electrificados. En el Perú casi el 100% de las capitales distritales y centros poblados ya cuentan con servicio eléctrico, solo quedan por electrificar los anexos, sectores, villorios, y nuevos poblados que van creándose.

b) Determinación de la tasa de crecimiento poblacional

Se determinará con los datos del INEI de los censos poblacionales, de no contarse con esta información se recurrirá a los métodos estadísticos.

Se recalca que siempre el factor electricidad modifica la tasa de crecimiento poblacional y no es la misma tasa de crecimiento proyectada que cuando no se contaba con el servicio eléctrico.

Los ajustes a la tasa de crecimiento se realizan de acuerdo con la metodología empleada en los cálculos de proyección y con la incorporación de las variables explicativas.

Para mejorar el rango de error se alternará con las variables explicativas hasta alcanzar una buena confiabilidad.

Como por ejemplo si vemos que la ubicación geográfica puede ser decisivo en el crecimiento de la población se usará principalmente este parámetro como variable explicativa en la proyección de la demanda.

El siguiente diagrama de flujo nos ilustra el procedimiento a seguir para cada caso que se presente durante los estudios.

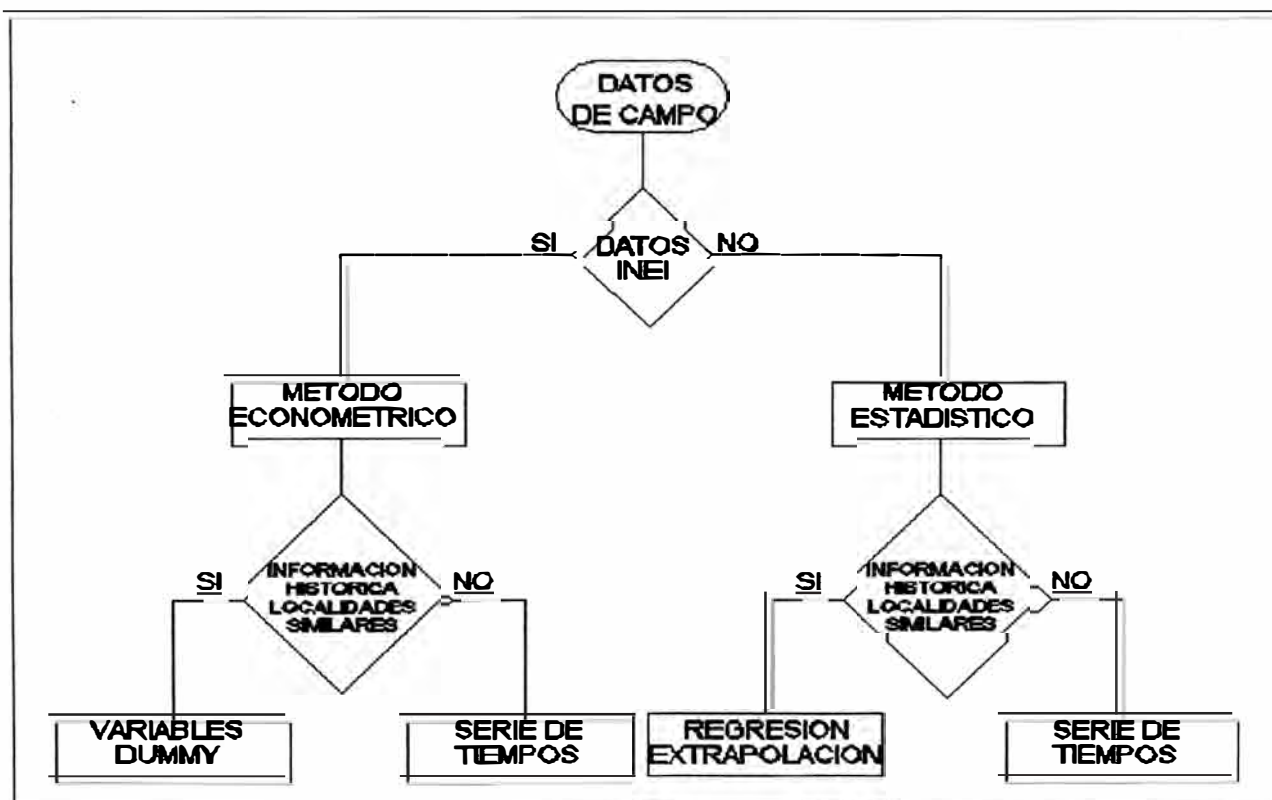


Fig. N° 3.9 Diagrama de flujo

c) Recopilación histórica de abonados de localidades similares

Obtenida del administrador de la red eléctrica de una zona similar, esta entidad puede ser la municipalidad, la concesionaria o un administrador independiente.

3.5.5 Determinación y estimación del tipo de cargas

Dado por la entidad concesionaria de no existir esta se tomará como base lo dispuesto por el M.E.M.

Las cargas se resumen en 4 tipos

Cargas domésticas (tipo vivienda)

Cargas comerciales

Cargas industriales

Cargas de uso general

Cada una de estas cargas tiene un valor referencial de kW/hr en electrificación rural para objeto de estudio de la demanda.

a) Cargas domésticas (tipo vivienda)

Las cargas tipo vivienda ya tienen una demanda preestablecida por las NORMAS DGER para electrificación rural, pero aquí asumiremos la demanda de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 3.5 Carga Doméstica (W)

Carga / Localidad	Tipo I	Tipo II
Vivienda	350	300

b) Cargas comerciales

De acuerdo con lo establecido por tipo de localidad se considera el siguiente cuadro para la demanda de cargas de tipo comercial.

Tabla 3.6 Cargas Comerciales (W)

Carga / Localidad	Tipo I	Tipo II
Mercado	750	500
Restaurant	600	400
Centro Comercial	600	400
Ferias	600	400
Tienda Bodega	600	400
Hospedaje Hotel	600	400
Botica	600	400
Otros	600	400

c) Cargas industriales

De la misma forma que en el caso anterior se considera el siguiente cuadro para las cargas industriales:

Tabla 3.7 Cargas industriales (W)

Carga / Localidad	Tipo I	Tipo II
Molino Rústico	900	600
Quesería Rústica	400	400
Panadería Rústica	500	400
Taller Textil	500	400
Taller de Soldadura	400	300
Servicio Técnico	2,500	2,500
Grifo Rústico	1,500	1,500
Taller de Carpintería	1,200	1,000
Piscigranja	900	600
Otros	2,000	1,750

d) Cargas de uso general

Son de dos tipos: Estos se agrupan de acuerdo a la cantidad de personas que puedan ocupar.

Tabla 3.8 Cargas de uso general tipo I (W)

Carga / Localidad	Tipo I	Tipo II
Iglesia/Capilla	1,200	400
Municipio	1,200	400
Estación Policial	600	400
Local Comunal	1,200	400
Juez de Paz	500	400
Comedor Popular	1,300	400
Gobernación	500	400
Club de Madres	600	400
Otros	600	400

Tabla 3.9 Cargas de uso general tipo II (W)

Carga / Localidad	Tipo I	Tipo II
Centro de Salud	400	300
Posta Médica	400	300
Instituto Superior	600	500
Colegio Secundario	2,000	1,500
Escuela Primaria	2,000	1,500
Pronoei/C.E.I.	2,000	1,500
Alfabetización	400	200
Telefónica	400	200
Otros	400	200

3.5.6 Parámetros adicionales para la estimación de la demanda

Los parámetros adicionales para la proyección de la demanda tales como, factor de carga, horas de utilización, coeficiente de electrificación, calificación eléctrica, etc., que se tengan que asumir se harán directamente en el proceso de cálculo y se da por descontado que se tiene los criterios básicos para ello.

3.5.7 Diagrama de flujo para ajuste de datos

El método de Proyección de Demanda a emplearse serán los mismos ya establecidos dejando a criterio del proyectista, solo enfatizaremos que el Método Específico, estará condicionado por la condición de la localidad, si estas condiciones cambian, obviamente cambiarán los parámetros de proyección. Por eso es conveniente emplear el método apropiado, (para nuestro caso: Serie de Tiempos o Variables DUMMY).

En las proyecciones estadísticas tener presente las perturbaciones, si se prevé que se presentarán estos sería conveniente trabajar con series de tiempo.

Si en alguna de las proyecciones solo usó un método estadístico puro y si posteriormente se encontró una información adicional que podría mejorar los resultados, es recomendable hacer los ajustes mas no rehacer todo el cálculo, (seguir el siguiente esquema).

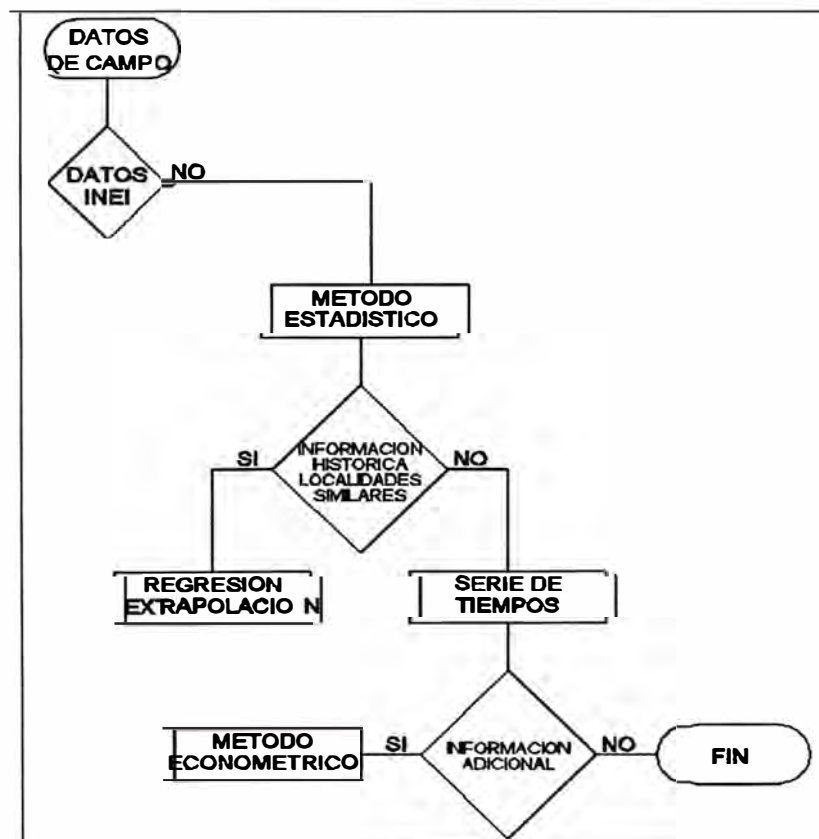


Fig. N° 3.10 Diagrama de flujo para ajuste en caso de información adicional

Es recomendable ajustar la proyección a los modelos ya conocidos, como son: proyección lineal, exponencial o logarítmica.

Ilustraremos brevemente las gráficas de cada una de ellas para que no quede dudas al respecto.

a) Modelo de proyección lineal

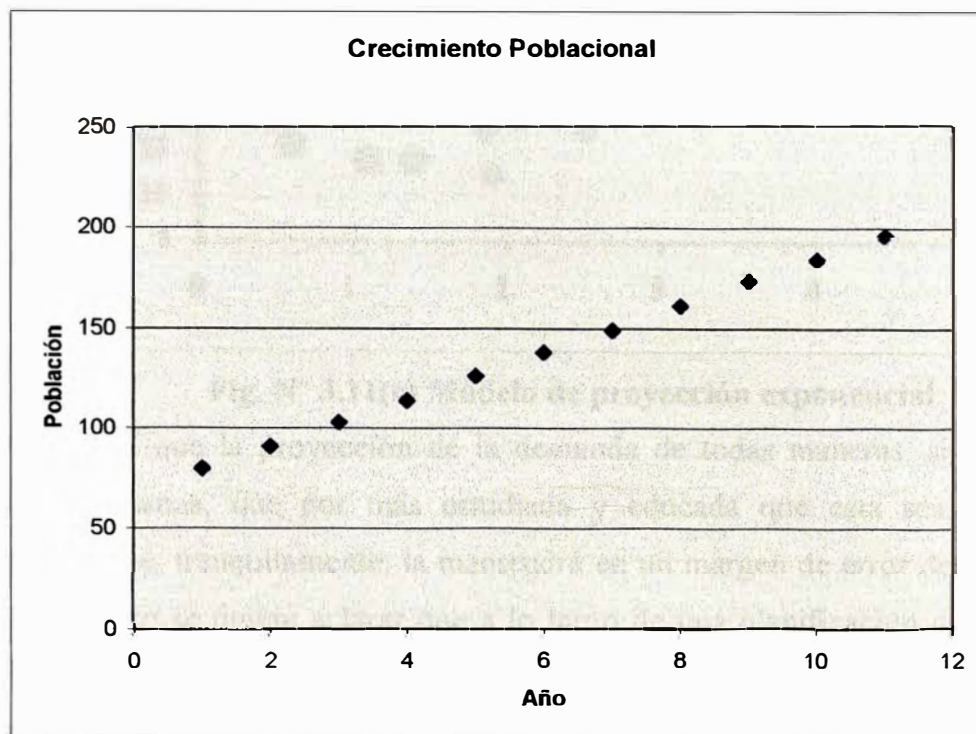


Fig. N° 3.11(a) Modelo de proyección lineal

b) Modelo de proyección logarítmico

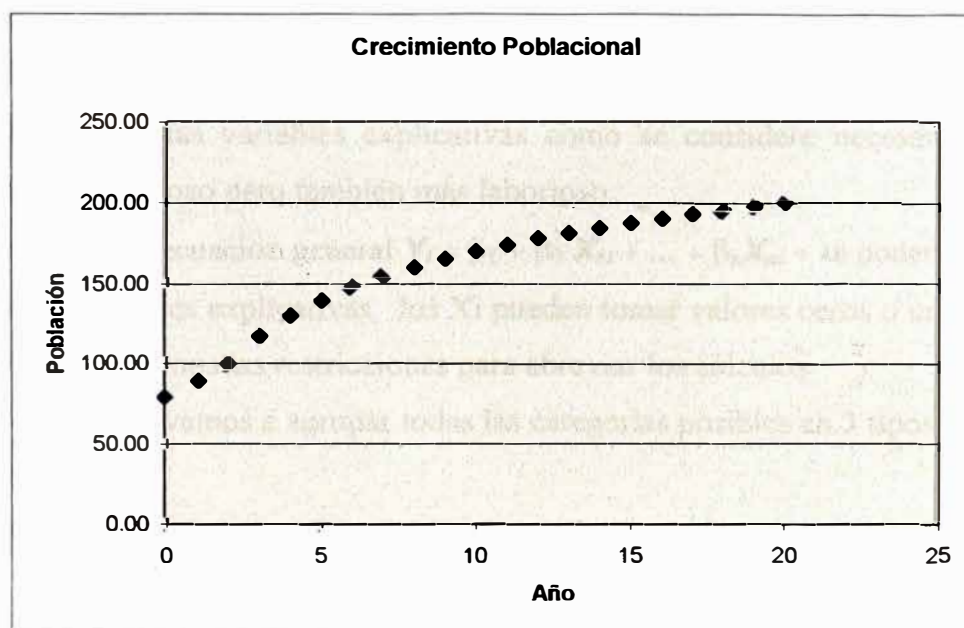


Fig. N° 3.11(b) Modelo de proyección logarítmico

c) Modelo de proyección exponencial

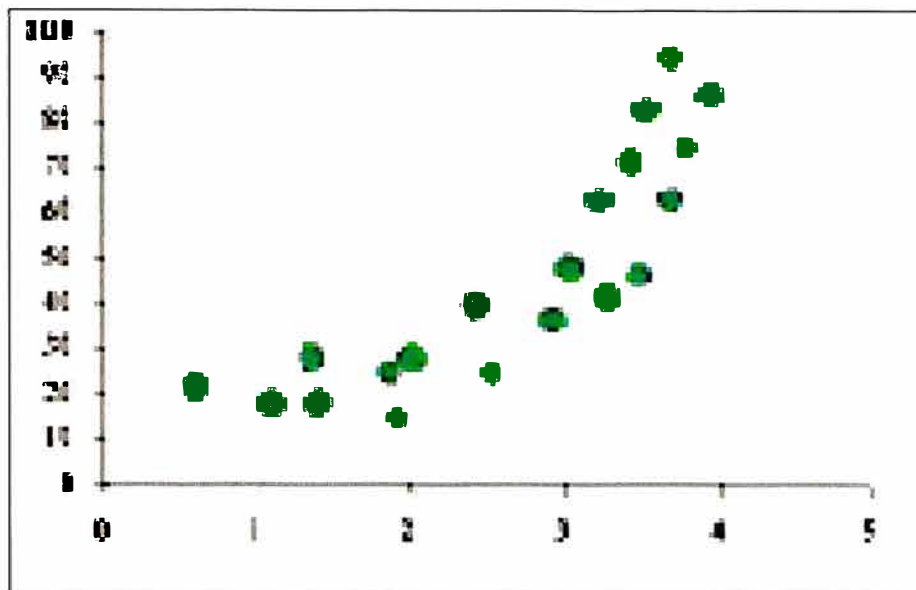


Fig. N° 3.11(c) Modelo de proyección exponencial

Hacemos énfasis que la proyección de la demanda de todas maneras, sigue siendo una suerte de adivinanza, que por más estudiada y educada que ésta sea, mantiene una incertidumbre que, tranquilamente, la mantendrá en un margen de error de acuerdo con la realidad. Con esto se quiere aclarar que a lo largo de una planificación debe mantenerse presente la posibilidad de la necesidad futura de adelantar o retrasar obras previstas para cierta época específica, lo cual será determinado con suficiente anticipación, siempre y cuando, se mantenga un seguimiento continuo de la evolución real de la demanda.

Con la información básica recopilada anteriormente y con las ponderaciones establecidas se determina la Metodología a emplear en la proyección de la demanda.

3.5 Restricción de cantidad de variables explicativas

Se puede usar tantas variables explicativas como se considere necesario, esto hará el cálculo más minucioso pero también más laborioso.

De acuerdo con la ecuación general $Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{1i} + \dots + \beta_n X_{ni} + u_i$ podemos usar muchas categorías o variables explicativas, los X_i pueden tomar valores ceros o uno según se de el caso, nosotros haremos las restricciones para abreviar los cálculos.

En primer término vamos a agrupar todas las categorías posibles en 3 tipos por su afinidad, los cuales son:

- Actividad económica
- Ubicación geográfica
- Evolución socio cultural

Cualquiera de las categorías asumidas, se agruparán en alguna de estas 3 categorías, por consiguiente solo tendremos 3 valores de X_i .

3.5.1 Valores X_i

Los valores de X_i en este caso ya no será cero o uno, sino tomarán valores entre cero y uno según la cantidad de categorías fusionadas y categoría de valor predominante.

Esto queda a criterio del proyectista y se hará una tabla de valores X_i para cada caso en particular. La forma como se eligen estos valores se ilustra en la aplicación del método propuesto en la sección 5.4.

Ahora bien, como se ha restringido la cantidad de variables explicativas, obviamente quedará restringido, la cantidad de ecuaciones β .

Entonces la ecuación restringida será:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{1i} + \beta_3 X_{3i} + u_i \quad (3.14)$$

3.5.2 Valores β

Los valores β son las ecuaciones de proyección vienen dado por las proyecciones estadísticas, β_1 tomará el valor que le corresponda según sea la función proyección que le toque, mas bien las ecuaciones de ajuste β_2 y β_3 serán estimadas de alguna manera.

Una de las formas de determinar estas ecuaciones de ajuste es con el contraste con la ecuación diferencia de crecimiento de una población similar proyectada cuando no contaba con servicio eléctrico y cuando cuenta con servicio. Esto ya se ilustró en el ejemplo en 3.4.5.c.

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN: SER OTUZCO III ETAPA CON EL METODO MONENCO

4.1 Introducción

El proyecto tiene por objetivo desarrollar los “Estudio de Perfiles Integrados del Sistema Eléctrico Rural - SER Otuzco III Etapa”, para la electrificación de 129 localidades ubicadas en las provincias de Gran Chimú y Otuzco pertenecientes al departamento de La Libertad siguiendo los lineamientos del SNIP². Ver anexo A.

4.1.1 Oferta eléctrica

La energía es proporcionada por la Subestaciones Otuzco y Charat, con los transformadores 33/13,2kV-2MVA y 33/13,2kV-1,6MVA respectivamente, que se encuentran interconectados al SEIN. Ver anexo B.

4.1.2 Demanda

Las instalaciones que se implementarán con el presente proyecto permitirán satisfacer la demanda de la zona de proyecto beneficiando a 16 569 habitantes y 4 071 abonados totales.

La conformación del área del proyecto de la Elaboración del Estudio Definitivo del Proyecto “SER OTUZCO III ETAPA” ha obedecido, tanto a factores técnicos como económicos, siendo finalmente estos factores traducidos en una mayor optimización, los que determinaron la conformación más conveniente de la cobertura eléctrica del Sistema Eléctrico.

4.2 Base de datos utilizada

Tomando como base la información poblacional proporcionada por los Censos Nacionales de Población y Vivienda, de Junio de 1993 y Censo 2005, la información recopilada en campo y de acuerdo a lo recomendado por las Normas MEM/DGE, para Sistemas de Distribución Eléctrica de localidades Aisladas y Rurales.

Para la elaboración del estudio de mercado y estimación de las cargas especiales y otras cargas adicionales se coordinó, con las diferentes instituciones relacionadas con el estudio, tales como:

Dirección General de Electrificación Rural del Ministerio de Energía y Minas, HIDRANDINA S.A., Municipalidades, autoridades representativas de cada localidad y jefes de los Centros de Salud.

4.3 Metodología para la Proyección de la Demanda

La metodología a utilizarse para el cálculo del pronóstico de Energía y Máxima Demanda de las localidades incluidas en el presente estudio de Ingeniería Definitiva es la formulada por el Proyecto de Energía Eléctrica del Perú dado por la Compañía Consultora Canadiense “Montreal Engeneering Consultants” (OVERSEAS) LIMITED-MONENCO, válida para localidades de menos de 20 000 habitantes; debido a que el componente principal de mayor incidencia en la demanda total es el consumo creciente de energía del sector domestico en la zona, se ha introducido algunas modificaciones a la metodología indicada, esto con el fin de adecuarla a la información existente y a la realidad socioeconómica de las localidades pertenecientes a la zona de estudio.

Según la metodología a emplearse, la demanda del sector comercial, industrial, uso general, alumbrado publico está relacionado funcionalmente con el sector domestico, tal como se describirán en las fórmulas de relación.

El pronóstico se efectúa para el análisis de los siguientes rubros:

- ❖ Proyección de la Población.
- ❖ Proyección del número de Viviendas.
- ❖ Proyección del número de abonados domésticos
- ❖ Proyección del número de abonados comerciales
- ❖ Proyección de los consumos de energía unitario y neto en el sector doméstico.
- ❖ Proyección del consumo de energía en el sector comercial.
- ❖ Proyección del consumo de energía en el sector Alumbrado Público.
- ❖ Proyección del consumo de energía en el sector industrial
- ❖ Proyección de consumo de energía de cargas especiales
- ❖ Proyección del consumo neto total
- ❖ Proyección de la máxima demanda

4.4 Datos de campo

Las encuestas (catastros) fueron realizadas durante el mes de Septiembre del año 2009, utilizando planillas de acuerdo con los formatos indicados en los términos de referencia, utilizándose esta como banco de datos para la elaboración del presente informe, mas la información recabada de otras entidades.

De la información obtenida se puede deducir que en todo el ámbito del proyecto las poblaciones de mayor relevancia son las 129 localidades consideradas en el presente estudio.

De acuerdo a la información obtenida en el banco de datos del INEI, se puede observar que algunas localidades tienen tasas de crecimiento negativas, las mismas que han sido confirmadas con las visitas de campo, así como también existen localidades reubicadas debido a los fenómenos geográficos afectando algunas zonas, en algunos casos los pobladores han abandonado sus viviendas como consecuencia de este problema y en otros casos, por problemas sociales.

4.5 Proyección de población

Para la proyección de la demanda eléctrica aplicando la metodología MONENCO, de acuerdo a los resultados prácticos obtenidos y según la encuesta de campo realizada, el pronóstico de la población se hará utilizando la proyección exponencial:

$$P_f = P * (1 + i)^t \quad (4.1)$$

Donde:

P_f : Población final

P : Población Inicial

i : Tasa de crecimiento Anual

t : Número de años de la proyección

En donde la tasa de crecimiento promedio para cada una de las localidades inmersas, se han definido considerando los trabajos de campo realizados y al análisis de las tasas de crecimiento intercensal.

4.6 Categorización de localidades

De acuerdo a la población actual censada en sitio, se han determinado dos categorías de localidades:

Tabla 4.1 Tipo de localidad

Tipo de localidad	Población
I	Mayor o igual a 501 y menor de 1000 habitantes.
II	Menor de 500 habitantes.

4.7 Priorización de localidades

Se ha tomado como base las localidades indicadas en los Términos de Referencia entregados por MEM/DGE las cuales se han priorizado; luego de haber visitado a todas las

localidades se ha tomado en cuenta las cargas existentes (Cargas especiales, comerciales, industriales y de uso general), también se ha tomado en cuenta los tipos de acceso a cada localidad.

4.8 Proyección del número de viviendas:

El número de viviendas para cada localidad se evalúa tomando como base la proyección de la población y la densidad familiar que se encontró en los trabajos de campo, confrontándolos con los datos de población y vivienda proporcionados por el INEI. El número de habitantes por vivienda varía mayormente entre 4 y 6 para zonas rurales, la misma que se mantiene constante en todo el periodo de proyección. Los valores asumidos de la densidad familiar para el análisis de la demanda, se mantiene constante para todo el periodo de análisis y se encuentra dentro de los márgenes siguientes:

$$1,65 < \text{HAB} / \text{VIV} < 6,50 \quad (4.2)$$

El número de viviendas se determina en función a la siguiente relación:

$$\text{N}^\circ \text{VIV} = \frac{\text{N}^\circ \text{HABITANTES}}{\text{HAB/VIV}} \quad (4.3)$$

Cabe mencionar también, que la densidad familiar ha sido obtenida tomando como referencia los Censos de Vivienda Nacionales del año 1993 y 2005, y de datos de campo obtenidos de las visitas a cada localidad.

4.9 Proyección del Número Abonados Domésticos

La proyección del Número de Abonados Domésticos se ha establecido sobre la base de las curvas del Coeficiente de Electrificación, durante el periodo de estudio.

Las curvas del Coeficiente de Electrificación han sido estimadas de acuerdo al grado de dispersión de las viviendas y a las condiciones socioeconómicas y a las vías de acceso de cada localidad; con las cuales se estimaron los Coeficientes de Electrificación para las localidades proyectadas que en su mayoría son del tipo "II".

También se tomaron en cuenta la Información estadística del número de Usuarios alcanzados por HIDRANDINA S.A. de las localidades similares a Otuzco, Charat, Compín y Lucma.

Con las consideraciones mencionadas y las expectativas percibidas en campo se han estimado los Coeficientes de Electrificación para el proyecto.

Tabla 4.2 Coeficiente de electrificación

Tipo de localidad	Valor inicial año 2009	Valor final Año 2029
I	0,97	1
II	0,97	1

De acuerdo a las posibilidades de consumo de la energía eléctrica actual y futura; se han definido valores inicial y final para el coeficiente de electrificación, según las características socioeconómicas de las localidades.

El crecimiento del coeficiente de electrificación depende del tipo de localidad, por lo tanto, las localidades que cuenten con mayores recursos económicos, es lógico el incremento del número de abonados sea acelerado con respecto a las demás localidades en los primeros años.

El número de abonados domésticos se determina multiplicando el número de viviendas por el coeficiente de electrificación de la forma siguiente:

$$N^{\circ}AD = CE * N^{\circ}VIV \quad (4.4)$$

$N^{\circ}AD$: N° de Abonados del Sector Domestico.

CE : Coeficiente de Electrificación.

$N^{\circ} VIV$: N° Total de Viviendas por localidad.

4.10 Proyección del consumo de energía en el sector doméstico

4.10.1 Consumo unitario de energía domestica.

El consumo de energía del sector doméstico tiene mucha importancia en el desarrollo del estudio de la proyección de la máxima demanda no solo por su participación en la proyección de demanda de energía consumida, sino que también que esta sirve como base para la proyección de las demás cargas.

Para la evaluación se seguirá según el procedimiento MONENCO, para localidades que forman parte del sector eléctrico de la zona Norte de nuestro país, y de acuerdo a las categorías de centros poblados se utilizará las curvas típicas del tipo potencial de crecimiento del consumo unitario domestico:

$$Y = \alpha * X^{\beta} \quad (4.5)$$

Donde:

Y : Consumo unitario doméstico anual, CUD en kW-h/año.

X : Número de abonados domésticos.

α y β : Constante.

Para nuestro caso el consumo unitario domestico anual estaría expresado por la siguiente ecuación:

$$CUD = \alpha * N^{\beta} \quad (4.6)$$

Tenemos unos coeficientes α y β , que son propios del tipo de proyección a emplear que es el mas clásico y general empleado.

Se ha procedido a calcular para cada localidad de los grupos típicos B y C, las constantes α y β de la curva de crecimiento del consumo, tomando como estado final el consumo proyectado.

Así, para las localidades se determinaron cada fórmula aplicando los datos a ambos estados, inicial (1) y final (2) de energía y cantidad abonada. Para simplificación del cálculo usaremos los términos siguientes:

Tabla 4.3 Estado inicial y final

N_2	NAD en el estado final
N_1	NAD en el estado inicial
E_2	CUD en el estado final
E_1	CUD en el estado inicial

4.10.2 Cálculo de las constantes α y β

La metodología para la proyección del consumo doméstico y máxima demanda se sostiene en las siguientes consideraciones:

La primera consideración es de índole general, aplicada a cada localidad de los dos tipos clasificados como I y II. Aplicamos los consumos unitarios anuales calculados para el inicio E_1 y, al final del período de 20 años E_2 .

Los criterios para estimar los rangos de los consumos unitarios anuales según el tipo de localidad, se han calculado de acuerdo al consumo de localidades similares.

La segunda consideración es de índole particular, se aplica para cada localidad, para lo cual se conoce el volumen de población actual empadronada en sitio y su tasa de crecimiento poblacional calculada a partir de la tasa del censo de 2005, la cual se aplicará para calcular la población y vivienda al final del período.

Luego se calcula para el año inicial y final el número de viviendas, aplicando la tasa de crecimiento poblacional según lo indicado en ítem anterior del presente capítulo, tomando como referencia el censo de 2005.

Posteriormente calculamos el número de abonados aplicando los correspondientes coeficientes de electrificación inicial N_1 y final N_2 . Contando con los parámetros N_1 , N_2 , E_1 , E_2 , se puede obtener la constante β y α de la siguiente fórmula:

$$\beta = \frac{\text{Log} (E_2 / E_1)}{\text{Log} (N_2 / N_1)} \quad (4.7a)$$

$$\alpha = \frac{E_2}{(N_2)^\beta} \quad (4.7b)$$

Se muestran los coeficientes α y β para cada localidad, Con estos valores y la tasa de crecimiento encontrada para cada localidad, se calcula los consumos y demandas para el horizonte de 20 años.

4.10.3 Proyección de consumo de energía domestica

La metodología para la proyección del consumo doméstico se sostiene en las siguientes consideraciones:

Teniendo en cuenta el consumo domestico ya sea el tipo I y II.

Para calcular el consumo de Energía Domestica se utiliza la siguiente ecuación:

$$E_i = N_i \times C_u D_i \quad (4.8)$$

Donde:

E_i : Consumo de Energía Domestica.

N_i : Número de Abonados.

$C_u D_i$: Consumo unitario Domestico.

4.11 Proyección del Consumo de Alumbrado Público

Para el cálculo del número de luminarias se debe cumplir con la Norma DGE “Alumbrado de Vías Publicas en Áreas Rurales” establecido en la Ley N° 27744 “Ley de Electrificación Rural y de Localidades Aisladas y de Frontera”.

La cantidad de puntos de iluminación en una localidad se debe determinar con el procedimiento mostrado a continuación:

- ✓ Se determina un consumo de energía mensual por alumbrado publico de acuerdo a la formula:

$$CMAP = KALP \times UN \quad (4.9)$$

Donde:

CMAP Consumo mensual de alumbrado público en kWh

KALP Factor de AP en kWh / usuario-mes

NU Numero de usuarios de la localidad

El factor KALP es el correspondiente al Sector Típico 4: $KALP = 3,3$

- ✓ Para calcular el número de puntos de iluminación se debe considerar una potencia promedio de lámpara de alumbrado y el número de horas de servicio mensuales del alumbrado público (NHMAP). Se aplica la siguiente fórmula:

$$PI = (CMAP \times 1000) / (NHMAP \times PPL) \quad (4.10)$$

Donde:

PI Puntos de iluminación

CMAP	:	Consumo mensual de alumbrado público en kWh
NHMAP	:	Numero de horas mensuales del servicio alumbrado público (Horas / mes)
PPL	:	Potencia nominal promedio la lámpara de alumbrado público en watts.

4.12 Proyección de Abonados Comerciales

Para la proyección de los abonados comerciales se toma en consideración la información obtenida en campo, en esta carga están considerados las tiendas y pequeñas bodegas existentes en las localidades beneficiadas, esta actividad esta orientada básicamente a la venta de artículos de primera necesidad para satisfacer las necesidades inmediatas de la población.

Para fines de diseño, se considera la siguiente relación.

$$\frac{N^{\circ} \text{abonado} - \text{comercial} (NAC)}{N^{\circ} \text{abonado} - \text{doméstico} (NAD)} = K1 \quad (4.11)$$

K: Representa a la constante de proporcionalidad entre Abonados Domésticos y Comerciales, la misma que es calculado para cada localidad y se mantiene constante en todo el periodo de estudio.

4.13 Consumo neto de energía en el sector comercial

Para la estimación del consumo del sector Comercial será mayor en un 10%, 5% al consumo Unitario Domestico de cada localidad de tipo, I y II respectivamente, de acuerdo a los datos obtenidos en HIDRANDINA S.A. y encuestas de campo. Los valores asumidos para el cálculo son los siguientes:

El consumo anual de energía eléctrica del sector comercial se calcula a partir de la relación siguiente:

$$C_{AC} = N^{\circ}_{AC} * C_{UAC} \quad (4.12)$$

Donde:

C_{AC} : Consumo de Energía Eléctrica anual del sector Comercial.

N°_{AC} : Número de Abonados del sector Comercial.

C_{UAC} : Consumo Unitario del Abonado del sector Comercial.

En el análisis del consumo de energía del sector comercial se ha considerado que los comercios funcionan en la misma casa, el cual es típico de éstas localidades, tal como se pudo observar, en los trabajos de campo realizados, para efectos de calculo estos consumos son calculados de forma separada como abonados del sector comercial.

4.14 Consumo neto de energía en el sector industrial

Se ha considerado para la proyección el porcentaje según a lo encontrado en cada localidad. Para las localidades menores no se han encontrado consumos para la pequeña industria, por lo que se ha considerado 2% para el año inicial, esto para las localidades del tipo II, pero para las localidades tipo I sus porcentajes son de 5% del consumo domestico para ambos.

4.15 Consumo neto de energía debido a cargas de uso general

Para calcular el consumo neto de Energía debido a las cargas de uso general se esta considerando en dos usos generales los cuales son:

Tabla 4.4 Cargas de uso general

General 1	General 2
Iglesia/Capilla	Centro de Salud
Municipio	Posta Médica
Estación Policial	Instituto Superior
Local Comunal	Colegio Secundario
Juez de Paz	Escuela Primaria
Comedor Popular	Pronoei/C.E.I.
Gobernación	Alfabetización
Club de Madres	Casa de profesores
Otros	Otros

4.16 Consumo neto de energía debido a cargas especiales

Las cargas consideradas son: Escuelas, Colegios, PRONOI, Posta Médica, Centro de Salud, Teléfono Publico, etc.

4.17 Consumo neto total de energía

Es la suma aritmética de los consumos netos anteriormente estimados.

4.18 Consumo bruto total de energía

Resulta de adicionar al consumo neto total las pérdidas de energía, las mismas que han sido estimadas en 9% del consumo neto total.

4.19 Horas de utilización

Del diagrama de carga de las localidades asumido por semejanza, las horas de utilización que corresponden a sus respectivos factores de carga para cada localidad.

4.20 Máxima demanda de potencia

Se calcula a partir del consumo bruto de energía y el número de horas de utilización respectiva. La experiencia en la aplicación de la metodología MONENCO ha permitido encontrar valores de sensibilidad de $\pm 5\%$ que garantizan la evaluación del presente estudio de demanda.

4.21 Consumo del sistema o energía total requerida

El cual es el resultado de añadir a la sumatoria de los consumos brutos totales de las localidades del Sistema un porcentaje de este, por concepto de pérdidas en la línea primaria. La determinación de estas pérdidas se hace utilizando la conocida ecuación:

$$ppi = pppi*(0.7*fc_i+0.3) \quad (4.13)$$

Donde:

ppi = porcentaje de pérdidas de energía en la línea primaria al año i - ésimo.

pppi = porcentaje de pérdidas de potencia en la línea primaria al año i - ésimo.

fc_i = Factor de carga del año i - ésimo.

Los valores que se den a pppi dependerán de la configuración del futuro sistema eléctrico y de la longitud total de líneas de primarias

4.22 Máxima Demanda Bruta

Es la que se obtiene al adicionar a la Demanda Neta las pérdidas de potencia en la distribución, las cuales se determinan utilizando la siguiente ecuación:

$$ppd_i = \left(\frac{ped * 100}{70 * fc_i + 30} \right) \quad (4.14)$$

Donde:

Ppdi : porcentaje de pérdida de potencia en distribución al año i - ésimo.

ped : porcentaje de pérdidas de energía en distribución

fc_i : Factor de carga del año i - ésimo

4.23 Máxima demanda del sistema

Se determina empleando la siguiente ecuación:

$$MDS = \left(\sum_{t=1}^{t=n} DS_i * FSL_I + \sum_{t=1}^{t=n} DC_i \right) * (1 + FDP_i) * (1 + FPT_i) \quad (4.15)$$

Donde:

MDSi : Máxima Demanda del sistema al año i - ésimo

DSi : Máxima Demanda por Servicios al año i- ésimo correspondiente al pueblo t.

Dci : Demanda de Potencia por cargas especiales correspondiente a la hora de punta del Sector Servicios para el año i - ésimo del pueblo t.

FSLi : Factor de simultaneidad entre los "n" pueblos el año i – ésimo

DAPi : Demanda por Alumbrado Público al año i - ésimo del pueblo t

FPTi : Factor de pérdidas en la línea primaria por el año i- ésimo valor que se asume generalmente entre el 2% y el 5%.

FDP_i : Factor de pérdidas en distribución obtenido a partir de la siguiente ecuación:

$$FDP_i = \left(\frac{FPE}{70 * fc_i + 30} \right) \quad (4.16)$$

Donde:

FPE : Factor de pérdidas de energía en distribución

fc_i : Factor de carga del año i - ésimo

4.24 Tabla resumida de resultados de los cálculos de potencia y energía

Tabla 4.5 Proyección de la Máxima Demanda de Potencia

Descripción	2 009	2 014	2 019	2 024	2 029
Proyecto	603.17	674.53	743.14	808.62	881.21
Total (kW)	603.17	674.53	743.14	808.62	881.21

Tabla 4.6 Resumen de la Proyección de la Energía Total

Descripción	2 009	2 014	2 019	2 024	2 029
Proyecto	982.37	1154.45	1303.61	1398.61	1624.36
Total (kWh)	982.37	1154.45	1303.61	1398.61	1624.36

CAPÍTULO V

APLICACIÓN: SER OTUZCO III ETAPA CON EL METODO PROPUESTO

5.1 Introducción

Para la aplicación del Método Propuesto al SER Otuzco III Etapa, se ha ordenado las 129 localidades de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 5.1 Distritos involucrados

Ítem	Provincia	Distrito
1	Gran Chimú	Lucma
		Marmot
2	Otuzco	Agallpampa
		Charat
		La Cuesta
		Otuzco
		Sinsicap
		Usquil
3	Trujillo	Simbal

Son en total 8 distritos pertenecientes a diversas provincias de acuerdo con la tabla 5.1. Todas las capitales de distrito tienen vías de acceso carrozables y cuentan con suministro eléctrico.

5.2 Fuente de Información

Siguiendo los conceptos de estudios de mercado en general, se definen las siguientes fuentes de información para el presente estudio

- Información primaria o básica
- Información secundaria
- Fuente de Datos externa (INEI)
- Fuentes Internas (Banco de datos propio)

5.2.1 Información básica

Se realizó el catastro a las 129 localidades teniendo la siguiente cantidad de población (ver anexo A) y se ha trabajado de acuerdo a lo recomendado por las Normas MEM/DGE, para Sistemas de Distribución Eléctrica de localidades Aisladas y Rurales.

5.2.2 Información secundaria

Solo se recaudó información secundaria de localidades afines que nos sirven como referencia para lo calidades donde no se cuente con mayor información (ver anexo V-II).

5.2.3 Fuente de datos INEI.

Siempre se toma en cuenta como base la información poblacional proporcionada por los Censos Nacionales de Población y Vivienda, de Junio de 1993 y Censo 2005. (ver anexo V-III).

Nota: Algunas localidades no muestran información censal, no hay registros en el INEI por lo tanto se procederá como lo establecido en el método.

5.2.4 Banco de datos propio

Información existente en el expediente del perfil del proyecto. El perfil que obra en nuestro poder, muestra un censo y tiene que ser corroborado con nuestra información.

5.3 Determinación de las Variables Explicativas

Para este caso en particular solo se definen dos parámetros y por ende solo dos variables explicativas:

Situación geográfica

Actividad económica

5.3.1 Ubicación geográfica

Se tomaron los siguientes parámetros:

Accesos con trochas carrozables.- Todas las localidades cuentan con accesos carrozables a excepción de las localidades: Hollería, Levanta Viento, Llature, Lucmayacu, Monte Grande, Pallares, Pampa del Rio, Samamuy, Recuaycito y Chugur.

Poblaciones cluster.- Llaugueda, Compín, Lucma, Pachín Bajo, Chanchayllo, Pango, Voladora y Chuite. De estas poblaciones dos de ellos (Compín y Lucma) cuenta con suministro eléctrico.

5.3.2 Actividad económica

Se considera los siguientes parámetros:

Comercio.- Lucma y Compín, Levanta Viento.

Zona agrícola.- Llaugueda, Pachin Bajo, Chanchayllo, Pango, Voladora y Chuite

Zona ganadera.- No hay poblados con ganadería predominante.

Minería artesanal.- Marmot, Llature, Compín y Lucma

Solo se considerarán estos dos criterios. El tercer criterio planteado en los conceptos no es destacable en ninguno de los cluster y no se tomará en cuenta como algo decisivo que modifique la proyección de la demanda.

La ecuación de DUMMY será entonces:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 * X_{i1} + \beta_3 * X_{i2} + v_i \quad (5.1)$$

Donde:

Variable Explicada:

Y_i = Crecimiento Poblacional.

Variabes cualitativas:

X_{i1} = Variable cualitativa por Situación Geográfica

X_{i2} = Variable cualitativa por Actividad Económica

Ecuación de proyección:

β_1 = Proyección de población por fuentes de información

β_2 = Ajuste de proyección de población según Situación Geográfica.

β_3 = Ajuste de proyección de población según Actividad Económica.

v_i = Población censada ajustada

Observar que la ecuación general (3.1) queda restringida en (5.1).

5.4 Cuantificación de los Parámetros de Ajuste

Parámetro v_1

El Parámetro de ajuste de población se refiere a la información de población que manejan algunas entidades que operan en la zona llámese estos ONG's, MINSA, vaso de leche, etc. En nuestro caso no se dispone de esta información por lo cual se considera cero.

$$v_1 = 0 \quad (5.1a)$$

Con lo que la ecuación queda:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 * X_{i1} + \beta_3 * X_{i2} \quad (5.2)$$

Parámetro X_1

El Parámetro de ajuste de Proyección de Demanda según su situación geográfica se determina (si no se cuenta con registros históricos) por la siguiente tabla:

Tabla 5.2 Valores de X_1 por su ubicación geográfica

trocha carrozable	cluster	X_1
No	Si	0.50
Si	No	0.25
Si	Si	1.00
No	No	0.00

Parámetro X_2

El Parámetro de ajuste de Proyección de Demanda según su actividad económica se determina de la siguiente manera:

En la siguiente tabla definimos los valores que puede tomar X_2 (ya que no se cuenta con registros) de acuerdo con esta actividad.

Tabla 5.3 Valores de X_2 por su actividad económica

comercio	minería	agricultura	ganadería	X_2
No	No	No	Si	0.25
No	No	Si	No	0.25
No	Si	No	No	0.50
Si	No	No	No	0.50
No	No	Si	Si	0.25
No	Si	No	Si	0.50
Si	No	No	Si	0.50
No	Si	Si	No	0.50
Si	No	Si	No	0.50
Si	Si	No	No	1.00
No	Si	Si	Si	0.50
Si	Si	Si	No	1.00
Si	Si	No	Si	1.00
Si	No	Si	Si	0.50
Si	Si	Si	Si	1.00

5.5 Determinación de las ecuaciones de proyección

Para ilustrar mejor el método se hace el estudio para una localidad, en este caso se toma como ejemplo la localidad de Agua Agria en el distrito: Lucma, provincia: Gran Chimú Departamento: La Libertad, comprendido en el S.E.R. Otuzco III Etapa.

5.5.1 Ecuación β_1

Es la ecuación proyección de población, esta ecuación se obtiene en base a lo datos censales de INEI cuya gráfica de puntos: año – población, se confrontará con las ecuaciones de tendencia establecidas.

Según datos del INEI se tiene el siguiente cuadro:

Tabla 5.4 Población según INEI

Censo 1993	Censo 2005	Catastro 2009
55	105	185

Ahora se define la siguiente tabla en cantidad de años versus población.

Tabla 5.5 Año vs Población

Año	0	12	16
Población	55	105	185

Se hace la gráfica de esta tabla, viendo la gráfica de puntos vemos que podemos ajustarlo a una ecuación exponencial

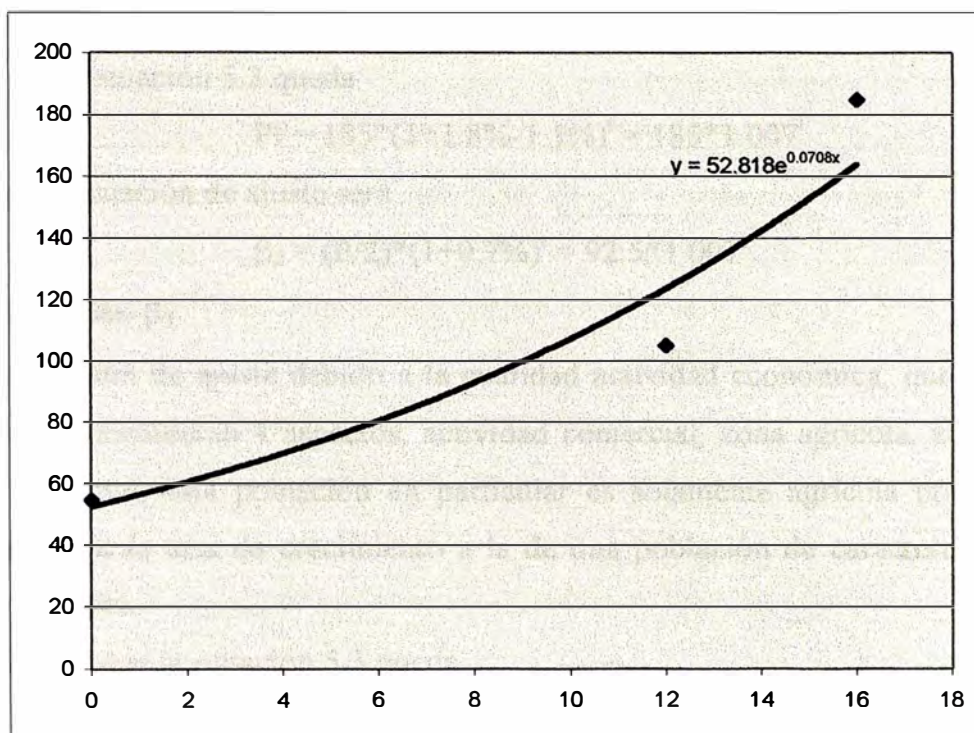


Fig. 5.1 Curva de tendencia de crecimiento poblacional

Aplicando la ecuación 4.1 tenemos que la tasa de crecimiento anual es de 7.96% anual.

Por lo que la ecuación 4.1 queda:

$$P_f = 185 \cdot (1 + 7.96\%)^t = 185 \cdot 8.96^t \quad (5.3)$$

Si observamos bien esta ecuación tenemos una tasa de crecimiento alta que no concuerda con la realidad, y si por ahí sucede que puede cumplirse con esta predicción los fenómenos migratorios va a amortiguar este crecimiento debido a que la zona no ofrece muchos recursos de subsistencia, por lo tanto se tienen que hacer los ajustes a esta tasa de crecimiento. Una recomendación estadística es que si las tasas halladas difieren mayor del 5% se asuma una tasa uniforme del 1.1% anual.

Con lo que la ecuación 5.3 queda:

$$P_f = 185 \cdot (1 + 1.1\%)^t = 185 \cdot 1.011^t \quad (5.4)$$

Entonces:

$$\beta_1 = 185 \cdot (1 + 1.1\%)^t = 185 \cdot 1.011^t \quad (5.5)$$

5.5.2 Ecuación β_2

β_2 es la ecuación de ajuste debido a la cualidad situación geográfica, que para este caso específico solo se consideran 2 aspectos, acceso carrozable y población cluster, esta

población en particular tiene acceso carrozable mas no es población cluster por esta cualidad podemos variar la tasa de crecimiento a la de una población de características similares esta tasa es:1.8%.

Con lo que la ecuación 5.3 queda:

$$Pf = 185*(1+1.8\%-1.1\%)^t = 185*1.007^t \quad (5.6)$$

Entonces, la ecuación de ajuste será:

$$\beta_2 = (P/2)*(1+0.7\%)^t = 92.5*1.007^t \quad (5.7)$$

5.5.3 Ecuación β_3

β_3 es la ecuación de ajuste debido a la cualidad actividad económica, que para este caso específico se consideran 4 aspectos, actividad comercial, zona agrícola, zona ganadera y minería artesanal, esta población en particular es solamente agrícola por esta cualidad podemos variar la tasa de crecimiento a la de una población de características similares esta tasa es:0.5%.

Con lo que la ecuación 5.3 queda:

$$Pf = 185*(1+1.1-0.5)^t = 185*1.006^t \quad (5.8)$$

Entonces, la ecuación de ajuste será:

$$\beta_3 = (P/2)*(1+0.6\%)^t = 92.5*1.006^t \quad (5.7)$$

Por lo tanto la ecuación generalizada 5.2 queda de la siguiente manera:

$$Y_t = 185*1.011^t + 0.25*92.5*1.007^t + 0.25*92.5*1.006^t \quad t \neq 0 \quad (5.9)$$

5.6 Proyección de la demanda

La proyección de la demanda es en base al pronóstico de crecimiento de la población, se usará la misma metodología desarrollada en la metodología tradicional, pero se hará los ajustes respectivos de acuerdo al planteamiento metodológico expuesto.

El pronóstico se efectúa para el análisis de los siguientes rubros:

- ❖ Proyección de la Población.
- ❖ Proyección del número de Viviendas.
- ❖ Proyección del número de abonados domésticos
- ❖ Proyección del número de abonados comerciales (Cambios)
- ❖ Proyección de los consumos de energía unitario y neto en el sector doméstico.
- ❖ Proyección del consumo de energía en el sector comercial.
- ❖ Proyección del consumo de energía en el sector Alumbrado Público.
- ❖ Proyección del consumo de energía en el sector industrial
- ❖ Proyección de consumo de energía de cargas especiales

- ❖ Proyección del consumo neto total
- ❖ Proyección de la máxima demanda

5.6.1 Proyección de población

La proyección de población esta dada por 5.9, pero antes tendríamos que haber hecho un ajuste a la población inicial, de acuerdo con 3.13. Como no disponemos de dicha información no podemos ilustrar el método de ajuste descrito en el acápite 3.4.4.a.

Las encuestas fueron realizadas durante el mes de Septiembre del 2 009, utilizando los formatos indicados en los términos de referencia, utilizándose esta como banco de datos para la elaboración del presente informe.

De la información obtenida se puede deducir que en todo el ámbito del proyecto las poblaciones de mayor relevancia son las 129 localidades consideradas en el presente estudio.

Contrastando con la información obtenida en el banco de datos del INEI, se puede observar que algunas localidades tienen tasas de crecimiento negativas, estas se confirman como poblaciones satélite de acuerdo con las visitas de campo, así como también existen localidades reubicadas debido a los fenómenos geográficos (principal criterio: zona geográfica) afectando algunas zonas, en algunos casos los pobladores han abandonado sus viviendas como consecuencia de este problema y en otros casos, por problemas sociales.

La proyección de la población para la localidad de Agua Agria de acuerdo con la ecuación 6.9 queda indicada en la siguiente tabla:

Tabla 5.6 Año - Población proyectada

Año	2009	2014	2019	2024	2029
Población	185.00	243.69	256.27	269.51	283.47

5.6.2 Proyección del número de viviendas

Se evalúa siempre tomando como base los datos de población y la densidad familiar que se encontró en los trabajos de campo, para el caso particular de Agua Agria el promedio de habitantes por vivienda es 5 hab/viv.

Entonces en la ecuación: $1,65 < \text{HAB} / \text{VIV} < 6,50$, tomamos 5 por lo que está dentro el rango permisible.

El número de viviendas será:

$$N^{\circ}\text{VIV} = \frac{N^{\circ}\text{HABITANTES}}{5} \quad (5.10)$$

N° VIV : N° Total de Viviendas por localidad.

La siguiente tabla resume el número de abonados domésticos:

Tabla 5.9 Número de abonados domésticos

Año	2009	2014	2019	2024	2029
Vivienda	46	49	51	54	57
coeficiente	0.97	0.97	0.98	0.99	1.00
Abonados	45	48	50	53	57

5.6.4 Proyección del consumo de energía en sector doméstico

Para calcular el consumo de energía en el sector doméstico se debe determinar primero el consumo unitario doméstico.

a) Consumo unitario de energía doméstica

El consumo unitario de energía doméstica esta dada por la ecuación 4.5 o sea:

$$Y = \alpha * x^\beta \quad (5.11.a)$$

y para el caso particular por 4.6 o sea

$$CUD = \alpha * N^\beta \quad (5.11.b)$$

donde:

N: Número de abonados

α y β se determinan según 4.7.a y 4.7.b. Al realizar los cálculos:

$$\alpha = 1.9063 \text{ y } \beta = 1.2150$$

De acuerdo con esto el consumo unitario de energía para el poblado ilustrado se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5.10 Consumo unitario doméstico

Año	2009	2014	2019	2024	2029
Abonados	45	48	50	53	57
CUD(kWh/abonado)	194.5	210.3	221	237.2	259.2

b) Proyección del consumo de energía doméstica

Teniendo en cuenta el consumo domestico ya sea el tipo I y II.

Para calcular el consumo de Energía Domestica se utiliza la siguiente ecuación:

$$E_i = N_i \times C_{uD_i} \quad (5.12)$$

Donde:

E_i : Consumo de Energía Domestica.

N_i : Número de Abonados.

C_{uD_i} : Consumo unitario Domestico.

La siguiente tabla resume los resultados:

Tabla 5.11 Consumo de Energía

Año	2009	2014	2019	2024	2029
Abonados	45	48	50	53	57
Energía (kW-h)	8751	10096	11051	12574	14773

Notar que la energía también está expresada en kW-h

5.6.5 Proyección del Consumo de Alumbrado Público

Para el cálculo del número de luminarias se debe cumplir con la Norma DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Áreas Rurales” establecido en la Ley N° 27744 “Ley de Electrificación Rural y de Localidades Aisladas y de Frontera”.

Se procede de la siguiente manera:

a) Consumo de energía mensual

Se determina un consumo de energía mensual por alumbrado público de acuerdo a la fórmula:

$$\text{CMAP} = \text{KALP} \times \text{UN} \quad (5.13)$$

Donde:

CMAP Consumo mensual de alumbrado público en kWh

KALP : Factor de AP en kWh / usuario - mes

NU : Numero de abonados de la localidad

El factor KALP es el correspondiente al Sector Típico 4: $\text{KALP} = 3,3$

Para este caso en particular tenemos entonces:

Tabla 5.12 Consumo mensual alumbrado publico

Año	2009	2014	2019	2024	2029
Abonados	45	48	50	53	57
CMAP(kW-h)	148.50	158.40	165.00	174.90	188.10

b) Puntos de iluminación

Para calcular el número de puntos de iluminación se debe considerar una potencia promedio de lámpara de alumbrado y el número de horas de servicio mensuales del alumbrado público (NHMAP). Se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{PI} = (\text{CMAP} \times 1000) / (\text{NHMAP} \times \text{PPL}) \quad (5.14)$$

Donde:

PI: Puntos de iluminación

CMAP: Consumo mensual de alumbrado público en kWh

NHMAP: Numero de horas mensuales del servicio

alumbrado público (Horas / mes)

PPL : Potencia nominal promedio la lámpara de alumbrado público en watts.

El N° de horas mensuales será: $NHMAP = 4380/12 = 365$ horas

Las horas anuales son: 4380 por norma.

La potencia de las lámparas se considera: $PPL = 50$ watts

En resumen se tiene:

Tabla 5.13 Número de lámparas

Año	2009	2014	2019	2024	2029
Abonados	45	48	50	53	57
CMAP	148.50	158.40	165.00	174.90	188.10
Puntos iluminación	8	9	9	10	10

5.6.6 Proyección de Abonados Comerciales

Como en el presente estudio se ha catalogado a las poblaciones por su ubicación geográfica y por su actividad comercial, esto se ha realizado por razón (volvemos a reiterar) que la experiencia ha demostrado que hay localidades que por su ubicación geográfica tienen mayor demanda de energía esto se demuestra con la cantidad de solicitudes que no son atendidas dado que las redes eléctricas ya están en su límite.

Si bien para fines de diseño, se consideró la siguiente relación.

$$\frac{(N^{\circ} \text{abonado} - \text{comercial} (NAC))_i}{(N^{\circ} \text{abonado} - \text{doméstico} (NAD))_i} = K1 \quad (5.15)$$

K1: Representa a la constante de proporcionalidad entre abonados domésticos y comerciales, la misma que es calculado para cada localidad y es variable en el tiempo.

i: es el año i-ésimo, cuando cambia la relación entre abonados comerciales y domésticos cambiará K1.

El valor i se determina de acuerdo con los siguientes conceptos:

Pronóstico por observación subjetiva

Proyección de la demanda por serie de tiempos.

Pronóstico por método comparativo de localidad similar.

Para el presente trabajo se empleará la observación subjetiva asumiendo que al año 2 de implementado el servicio eléctrico se incorporará una carga comercial, y que al año 10 una mas. Entonces tenemos la siguiente tabla de resultados:

Tabla 5.14 Número de abonados comerciales

Año	2009	2014	2019	2024	2029
K1	0.02	0.04	0.06	0.06	0.05
Abon. comerciales	1	2	3	3	3

Inicialmente la localidad tiene una bodega que funciona en una de las viviendas, entonces:

$K1=1/46 = 0.02$ luego $K1=0.04$, $K1=0.06$ y finalmente $K1=0.05$

5.6.7 Consumo Neto de Energía en el Sector Comercial

El consumo anual de energía eléctrica del sector comercial se calcula a partir de la relación siguiente:

$$CAC = N^{\circ}AC * CUAC \quad (5.16)$$

CAC Consumo de Energía Eléctrica del sector Comercial.

$N^{\circ}AC$ Número de Abonados del sector Comercial.

CUAC : Consumo Unitario del Abonado del sector Comercial.

El consumo unitario para el abonado del sector comercial se determina de la siguiente manera:

$$CUAC = CUD * (1+fc) \quad (5.17)$$

Donde:

CUD: Consumo unitario doméstico

fc: Factor de carga comercial

El factor de carga comercial se determina de la siguiente manera:

$$fc = \text{Demanda promedio} / \text{Demanda máxima} \quad (5.18)$$

Del diagrama de carga e 5.18: $fc = 0.05 = 5\%$

Por lo que reemplazando en 5.17 resulta la siguiente tabla:

Tabla 5.15 Carga unitaria abonados comerciales

Año	2009	2014	2019	2024	2029
CUAC(kwh/abonado)	204.19	220.8	232.1	249.1	272.1

5.6.8 Consumo Neto de Energía en el Sector Industrial

La experiencia de campo demuestra que no se puede aplicar una fórmula específica a la proyección de energía para el sector industrial.

Un ejemplo, en una comunidad andina de Arequipa se ha implementado un taller artesanal de telares a base de lana de alpaca, se observa la cantidad de viviendas de la comunidad, no es mas de 5 casas concentradas, se supone que las demás están dispersas, esto da una muestra que el sector industrial es independiente de las viviendas.

Esto va a requerir un tratamiento especial por eso se denominan además cargas especiales. Con esto queda demostrado que las cargas de uso industrial son fácilmente identificables y tiene que se considerados como tal para los estudios.

La tabla 3.7 muestra los valores en potencia de cargas industriales, para ser incluidos en los estudios, se verificar si existen pequeñas industrias instaladas, o expedientes técnicos, de no ser así, el estudio del medio con el concepto de observación objetiva y subjetiva propondrá la estimación de tal.

Para este ejemplo, dado que por su ubicación geográfica no es una población cluster pero si eminentemente agrícola se asume que en el año 5 se implementará una pequeña panadería rústica y que para el años 10 una industria agrícola. Por lo que se estima una carga industrial:

Tabla 5.16 Carga unitaria abonados industriales

Año	2009	2014	2019	2024	2029
C. I. Kw-h/abonado	0	400	800	800	800

5.6.9 Consumo Neto de Energía Debido a Cargas de Uso General

Para estimar el consumo neto de energía debido a las cargas de uso general se procede de la siguiente manera:

- Se determina un factor K2 y K3
- Al consumo doméstico total anual se le multiplica por este factor

De esta manera se determina el consumo de cargas de tipo general. El procedimiento es el siguiente:

a) Factor K2

Se determina un factor K2 que es el factor de carga inicial tipo I de servicio de la siguiente manera:

$$K2 = \frac{\text{Consumo de energía de carga tipo I}}{\text{Horas al año} * \text{Horas reales de utiliz.}} \quad (5.19)$$

Para este caso tenemos:

Consumo de energía de carga tipo I = 50 kW

Horas de utilización al año = 60

Horas reales de utilización = 30

Por tanto en K2: $K2 = 50/(60*30) = 0.02777 = 2.7\%$

$$K2 = 2.7 \% \quad (5.20)$$

De esta manera se determina K2.

b) Factor K3

Se determina un factor K3 que es el factor de carga inicial tipo I de servicio de la siguiente manera:

$$K3 = \frac{\text{Consumo de energía de carga tipo II}}{\text{Horas al año} * \text{Horas reales de utiliz.}} \quad (5.21)$$

Para este caso tenemos:

Consumo de energía de carga tipo II = 75 kW

Horas de utilización al año = 60

Horas reales de utilización = 30

Por tanto en K2: $K3 = 75/(60*30) = 0.04166 = 4.1\%$

$$K3 = 4.1 \% \quad (5.22)$$

De acuerdo con las tablas 3.8 y 3.9 esta localidad cuenta solo con una capilla, o sea se presenta el caso de cargas de uso general 2 para localidades tipo II.

Por lo tanto la tabla queda:

Tabla 5.17 Carga unitaria uso general tipo I

Año	2009	2014	2019	2024	2029
C.U.G.I(kwh/abon.)	242.40	279.65	306.12	348.29	409.20

Tabla 5.17 Carga unitaria uso general tipo II

Año	2009	2014	2019	2024	2029
C.U.G.II(kwh/abon.)	359.67	414.94	454.20	516.78	607.15

5.6.10 Consumo Neto de Energía Debido a Cargas Especiales

Las cargas consideradas son: Escuelas, Colegios, PRONOI, Posta Médica, Centro de Salud, Teléfono Publico, etc.

El poblado no cuenta con cargas especiales, por lo que se estima que en el futuro entrarán en servicio alguno de este tipo de cargas.

Se asume que se incorporará las siguientes cargas:

Escuela: año 2014

Posta médica: año 2014

Otros: año 2019

Se tiene la siguiente tabla:

Tabla 5.18 Cargas especiales

Año	2009	2014	2019	2024	2029
Cargas especiales	0.00	326.35	538.49	538.49	538.49

5.6.11 Consumo Neto Total de Energía

Es la suma aritmética de los consumos netos anteriormente estimados.

$$\text{Consumo total neto} = \text{CND} + \text{CNC} + \text{CNI} + \text{CNUG-I} + \text{CNUG-II} + \text{CAL} \quad (5.23)$$

Donde

- CND: Consumo neto doméstico
 CNC: Consumo neto comercial
 CNI: Consumo neto industrial
 CNUG-I: Consumo neto cargas uso general I
 CNUG-II: Consumo neto cargas uso general II
 CAL: Consumo alumbrado

Tabla 5.19 Total consumo anual de energía

Año	2009	2014	2019	2024	2029
Energía (kW-h)	8750.99	10095.80	11051.21	12573.68	14772.50
CMAP	148.50	158.40	165.00	174.90	188.10
CUAC(kwh/abonado)	204.19	220.85	232.08	249.10	272.13
C. I. Kw-h/abonado	0.00	400.00	800.00	800.00	800.00
C.U.G.I(kwh/abon.)	242.40	279.65	306.12	348.29	409.20
C.U.G.II(kwh/abon.)	359.67	414.94	454.20	516.78	607.15
Cargas especiales	0.00	326.35	538.49	538.49	538.49
TOTAL(kwh anual)	9714.76	11907.02	13559.15	15214.29	17600.62

5.6.12 Consumo Bruto Total de Energía

Resulta de adicionar al consumo neto total las pérdidas de energía, las mismas que han sido estimadas en 9% del consumo neto total.

Tabla 5.20 Total consumo anual de energía

Año	0	5	10	15	20
TOTAL(kwh anual)	9714.76	11907.02	13559.15	15214.29	17600.62
Pérdidas (kwh anual)	874.329	1071.63	1220.32	1369.29	1584.06
Total Bruto	10589.09	12978.65	14779.48	16583.58	19184.67

5.6.13 Horas de utilización

Del diagrama de carga de las localidades asumido por semejanza se obtiene las horas de utilización que corresponden a sus respectivos factores de carga para cada localidad. Los diagramas de carga pueden ser proporcionados por el administrador del servicio eléctrico. De no ser así, se procederá a su estimación.

5.6.14 Máxima demanda de potencia

Se calcula a partir del consumo bruto de energía y el número de horas de utilización respectiva.

5.6.15 Consumo del sistema o energía total requerida

El cual es el resultado de añadir a la sumatoria de los consumos brutos totales de las localidades del Sistema un porcentaje de este, por concepto de pérdidas en la línea primaria. La determinación de estas pérdidas se hace utilizando la conocida ecuación:

$$pp_i = ppp_i * (0.7 * fc_i + 0.3) \quad (5.24)$$

Donde:

ppi = porcentaje de pérdidas de energía en la línea primaria al año i - ésimo.

pppi = porcentaje de pérdidas de potencia en la línea primaria al año i - ésimo.

fc_i = Factor de carga del año i - ésimo.

Los valores que se den a pppi dependerán de la configuración del futuro sistema eléctrico y de la longitud total de líneas de primarias

5.6.16 Máxima demanda bruta

Es la que se obtiene al adicionar a la Demanda Neta las pérdidas de potencia en la distribución, las cuales se determinan utilizando la siguiente ecuación:

$$ppd_i = \left(\frac{ped * 100}{70 * fc_i + 30} \right) \quad (5.25)$$

Donde:

Ppdi = porcentaje de pérdida de potencia en distribución al año i - ésimo.

ped = porcentaje de pérdidas de energía en distribución

fc_i : Factor de carga del año i - ésimo

5.6.17 Máxima demanda del sistema

Se determina empleando la siguiente ecuación:

$$MDS = \left(\sum_{t=1}^{t=n} DS_i * FSL_I + \sum_{t=1}^{t=n} DC_i \right) * (1 + FDP_i) * (1 + FPT_i) \quad (5.26)$$

Donde:

MDS_i : Máxima Demanda del sistema al año i - ésimo

DS_i : Máxima Demanda por Servicios al año i- ésimo correspondiente al pueblo t.

Dci : Demanda de Potencia por cargas especiales correspondiente a la hora de punta del Sector Servicios para el año i - ésimo del pueblo t.

FSL_i : Factor de simultaneidad entre los "n" pueblos el año i – ésimo

DAPI : Demanda por Alumbrado Público al año i - ésimo del pueblo t

FPT_i : Factor de pérdidas en la línea primaria por el año i-ésimo valor que se asume generalmente entre el 2% y el 5%.

FDP_i : Factor de pérdidas en distribución obtenido a partir de la siguiente ecuación:

$$FDP_i = \left(\frac{FPE}{70 * fc_i + 30} \right) \quad (5.27)$$

Donde:

FPE : Factor de pérdidas de energía en distribución

fc_i : Factor de carga del año i -ésimo

5.6.18 Proyección de la demanda de potencia y energía

La proyección de la Máxima Demanda (kW) y Energía Total (kWh-año).

Tabla 5.21 Resumen de la Proyección de la Máxima Demanda

Descripción	2 009	2 014	2 019	2 024	2 029
Proyecto	680.36	743.19	819.32	893.78	986.40
Total (kW)	680.36	743.19	819.32	839.78	986.40

Tabla 5.22 Resumen de la Proyección de la Energía Total

Descripción	2 009	2 014	2 019	2 024	2 029
Proyecto	1108.09	1271.96	1437.24	1545.90	1818.26
Total (kWh)	1108.09	1271.96	1437.24	1545.90	1818.26

5.7 Discusión de resultados

Los resultados obtenidos difieren mucho de los resultados aplicados con el método anterior esto debido al nuevo método aplicado.

Difieren mucho por causa que el nuevo Método aplicado hace un análisis estructural de la zona de estudio, contrastando información obtenida previamente con la realidad, luego se hace un estudio exhaustivo de los parámetros económicos de la zona y en base a estos se asignan los valores a los parámetros de ajuste, debidamente sustentadas es ahí donde se van marcando las diferencias.

La proyección de potencia final llega a ser casi 100 kW mas en nuestro caso esto debido a que se está considerando una mayor proyección de población a causa de la presencia de minería en la zona, por ahora informal pero mas adelante ya formalizada.

Los cluster más significativos son Llaugueda y Compín.

Siendo estos los mas significativos, mas el de Llaugueda por ser el centro de una buena cantidad de pequeños poblados que tienen una buena relativa cantidad de habitantes y el de Compín por la actividad minera.

De ahí que los parámetros de ajuste β va marcando diferencias en cuanto a las proyecciones establecidas por el método convencional. Los otros parámetros D y X, se toman de tal manera que ayudan a un ajuste real a la proyección estudiada.

Las curvas de tendencia son muy diferentes en ambos casos aquí se sustenta estas diferencias, que es básicamente por el modelo de ajuste específico para cada caso.

Cabe precisar además que los valores son mayores que a los obtenidos por el método anterior esto porque es necesario entregar potencia a las cargas rurales que así lo demandan.

Siempre es bueno asociar otros parámetros ajenos a lo que es el cálculo de la parte eléctrica ya que estos influyen antes y después de realizar la electrificación.

Notar además que para este estudio en particular no se ha incluido el parámetro que se refiere a la observación subjetiva ya que en mayor razón las localidades tienen otras necesidades resueltas, como agua potable, trocha carrozable, servicios en educación y salud, con estos servicios ya disponibles no habrá un crecimiento veloz de la población tal como se observó en la experiencia de otros proyectos.

Pueden establecerse otros métodos de proyección y veremos que difiere mucho del ya planteado, esto debido a que como se mencionó, se ha realizado un análisis estructural del medio y de esta manera se garantiza resultados satisfactorios.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En la medida que no se establezcan cambios debido a fenómenos sociales o naturales (manchas blancas según los conceptos econométricos) se podrá cumplir con las metas propuestas.
2. Es necesario contar con información histórica tanto de población y vivienda de todo tipo de localidades para así disponer de una base mas amplia de información que nos permita hacer las proyecciones con mas fiabilidad.
3. Es conveniente monitorear constantemente las poblaciones análogas para así tener una buena base referencial para el estudio de las localidades involucradas que es lo que recomienda la aplicación de los modelos.
4. Los datos pueden corresponder a los valores de una variable en el tiempo (serie temporal) o a valores para diferentes casos (datos de corte transversal). En nuestros conceptos solo se ha considerado los datos de serie temporal.
5. Es importante siempre identificar el tipo de localidad de acuerdo con los cuatro parámetros expuestos los que son: Población Cluster, ubicación geográfica, actividad económica y evolución sociocultural, estos parámetros nos ayudarán a calcular con mayor certeza la demanda eléctrica.
6. Hay otros modelos mejor elaborados para el cálculo de la demanda futura quizás las condiciones y el medio por ser rural no sea justificable pero no está demás intentar implementarlos.
7. Los datos que se dispongan para el estudio deberán ser: Suficientes, para poder realizar la estimación. Homogéneos, por lo que se divide en clusters's. Actuales, para garantizar un buen análisis de la proyección de la demanda.
8. Cuando se realicen los estudios de proyección de demanda hay que contrastarlos con los estudios de proyección elaborados por la concesionaria y otras entidades (MEM) y realizar una comparación de resultados, estos a su vez deben estar encuadrados dentro de la proyección de demanda del SEIN.

9. Incluir mas variables explicativas esto conllevará a acercarnos mas a la realidad, la no inclusión de variables explicativas indicará que se adolece de información suficiente para los cálculos.
10. Los parámetros de ajuste β , se toma entre cero y uno de tal manera que represente un factor de proporción aceptable en la proyección, en rigor este factor deberá determinarse de una ponderación estadística de acuerdo con experiencias y un buen banco de datos como información base.
11. No se ha incluido en el presente estudio un SISTEMA AISLADO, porque un sistema aislado no tiene la complejidad de un sistema inter conectado pero el estudio aquí descrito lo muestra implícitamente al definir la localidad cluster.
12. Sería interesante implementar un estudio de mercado utilizando los conceptos de algoritmos genéticos tan de boga en estos tiempos.

ANEXO A
FICHA TECNICA LISTADO DE LOCALIDADES
MEM - DGER

FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO

1. NOMBRE : "SISTEMA ELÉCTRICO RURAL OTUZCO III ETAPA"

2. UBICACIÓN:

Departamento :	La Libertad
Provincias :	Gran Chimú, Otuzco, Trujillo
Distritos :	Lucma, Marmot, Agallpampa, Charat, La Cuesta, Otuzco, Sinsicap, Usquil, Simbal

3. RELACION DE LOCALIDADES:

"SISTEMA ELÉCTRICO RURAL OTUZCO III ETAPA"			
Localidad	Abonados Totales Año 2010	Localidad	Abonados Totales Año 2010
1. Agua Agria	36	68. Machigon	34
2. Alto Huayday	16	69. Machigon Alto	18
3. Chumullachi	13	70. Mariscal Castilla	72
4. Cuina	31	71. Mashcan	17
5. El Alto	53	72. Nuevo Amanecer	56
6. El Cepo	26	73. Pachin Alto	81
7. Holleria	11	74. Pachin Bajo	118
8. Huayday	13	75. Pampa Grande	45
9. La Cuesta	28	76. Pango	129
10. Levanta Viento	8	77. Paragueda	65
11. Llanos	14	78. Pollo	38
12. Llature	10	79. Ponogon	19
13. Lucmayacu	22	80. Rogoday	19
14. Monte Grande-Sec. Recuaycito	18	81. Rogoday Alto	22
15. Monte Grande Sec. Samamuy	19	82. Saligualday	81
16. Mulluara	28	83. San Juan de Llugon	16
17. Nanopampa	16	84. Santa Cruz	11
18. Nuevo Progreso	48	85. Santa Lucía	48
19. Pallares	16	86. Suarday	15
20. Pampa de Río	11	87. Suro Alto	15
21. Pueblo Nuevo	11	88. Suro Centro Alto	11
22. Recuaycito	38	89. Surupampa	33
23. Samamuy	14	90. Surupampa Alto	23
24. Samamuy Bajo	9	91. Suyupampa	48
25. Tambillo	28	92. Tambillo	42
26. Chugur	19	93. Tarnihual	24
27. Colorada	8	94. Tarnihual Bajo	17
28. Hualisinche	14	95. Tarnihualito	12
29. La Cueva	16	96. Callunchas	26

“SISTEMA ELÉCTRICO RURAL OTUZCO III ETAPA”			
Localidad	Abonados Totales Año 2010	Localidad	Abonados Totales Año 2010
30. Lacanal	10	97. Caluara	28
31. Laja	17	98. Chapigorrall	53
32. Las Palmas	27	99. Chucualle	12
33. Marmot	24	100. Chuite	41
34. Succhabamba	27	101. Cuchanga	60
35. Cruz de Mayo	25	102. Iripiday	23
36. Mariscal Castilla	12	103. La Florida	19
37. San Miguel	14	104. Maymall	89
38. San Miguel Bajo	11	105. Porgon	18
39. San Vicente Bajo	35	106. Rasday	18
40. Alto Canchas	22	107. San Miguel	35
41. Cayanchal	161	108. Tuanga	19
42. La Poza	15	109. Yerba Buena	28
43. Morit	25	110. Cahuañe	44
44. Buenavista de Caniac	40	111. Cardon	32
45. Bolognesi	18	112. Chacomás	39
46. Carnachique	36	113. El Pauco	15
47. Chagaguara	27	114. Ingenio	24
48. Chagapampa	11	115. Ingenio Alto	32
49. Chanchayllo	41	116. Juan Velasco Alto	25
50. Choctapampa	24	117. La Carcel	32
51. Chucumarca	16	118. La Fundición	45
52. Cuyunday	50	119. La Grilla	9
53. El Antiguo	30	120. La Loma	16
54. El Arco	43	121. La Yuma	9
55. El Mirador	16	122. Mascarat Alto	28
56. Huacaday	37	123. Mascarat Bajo	42
57. José Gálvez	33	124. Mercedes	52
58. La Blanca	35	125. Mina	27
59. La Curva	29	126. Pampa Amarilla	22
60. La Libertad	51	127. Porvenir	57
61. La Loma	19	128. Quericon	39
62. La Loma Colorada	24	129. San Juan	36
63. La Represa	18	130. Vista Alegre	16
64. La Toma	16	131. Voladora	29
65. La Tranca	35	132. Ñari	63
66. Llacahuan	20	133. Primera Huerta	12
67. Llullamaca	26	134. Rasday	14

4. POBLACION Y NÚMERO DE VIVIENDAS:

PROYECTO	Nº LOCALIDADES BENEFICIADAS	POBLACIÓN BENEFICIADA	ABONADOS TOTALES
“SISTEMA ELÉCTRICO RURAL OTUZCO III ETAPA”	134	16 569	4 071

ANEXO B
OFERTA ELÉCTRICA
HIDRANDINA

SUBESTACION PRINCIPAL OTUZCO

Subestación Otuzco 33/13,2 kV – 2 MVA:

Descripción

La subestación Otuzco es alimentada por la línea en 33 kV Motil-Florida-Otuzco con una longitud de 4,95 km Motil-Florida (L-3360) y 10,05 km Florida-Otuzco (L-3361) respectivamente.

La subestación Otuzco cuenta con la siguiente distribución de celdas:

- Una celda de línea transformador en 33 kV
- Un transformador de potencia de 33/13,2 kV – 2 MVA
- Una celda de transformador en 13,2 kV
- Dos (02) celdas de salida en 13,2 kV
- Una celda de Servicios Auxiliares en 13,2 kV

La descripción de cada celda de salida en 13,2 kV se resume a continuación:

- Celda de Salida 1 – OTZ001, alimenta a la ciudad de Otuzco y Anexos
- Celda de Salida 2 – OTZ002, alimenta a los circuitos de Casmiche, Sinsicap y Anexos
- Celda de SS.AA. – OTZ901, alimenta a los servicios auxiliares de la SE Otuzco

Diagnostico

La Subestación es antigua con pórticos de madera en mal estado, los equipos en el lado en 33 kV se encuentran en buen estado de conservación, en 13,2kV solo se tiene seccionadores fusible, la S.E. tiene una demanda máxima actual de 900 kW, teniéndose la oferta disponible para la ampliación del SER Otuzco, pues se cuenta con 2 MVA instalados

Líneas y Redes Primarias de Otuzco

Descripción

Las líneas primarias son las siguientes:

- Línea 3ø SE Otuzco – Huangamarca: 13,2 kV- 3x25 mm² AAAC
- Línea 2ø Huangamarca – Juan Velasco: 13,2 kV- 2x35 mm² AAAC
- Línea 3ø SE Otuzco – Plaza Pampa: 13,2 kV- 3x35 mm² AAAC
- Línea 3ø Plaza Pampa – Sinsicap: 13,2 kV- 3x25 mm² AAAC
- Línea 3ø Plaza Pampa – Sinsicap: 13,2 kV- 3x25 mm² AAAC

Las líneas son con postes de fierro y de madera tratada 12 m, aisladores tipo Pin Ansi 55-5, suspensión Ansi 2x52-3, crucetas de madera de tornillo de 2,4m en monoposte, 4,3m en

biposte, retenidas inclinadas con cable de acero galvanizado de 10mm², varilla de anclaje de 2,4m, seccionadores fusible tipo Cut-Out, pararrayos tipo distribución 15 kV, etc. Estas instalaciones se encuentran en regular estado de conservación, algunas de los postes se encuentran carcomidos en la base.

Diagnostico

Se recomienda que Hidrandina evalúe un proyecto de renovación de redes del sistema eléctrico, pues son instalaciones antiguas que cumplieron su tiempo de vida.

Redes Secundarias

Las localidades electrificadas en el SER Otuzco presentan las siguientes características en el equipamiento de las redes secundarias:

- Postes : concreto CAC 8/200 (45 m vano promedio)
- Conductor : Autoportante 1x16, 2x16, 2x25, mm² Al y WP
(3 y 5 hilos)
- Neutro : 25 mm² de aleación de Al (solo en autoportante)
- Acometida Domicilia. : Conductor concéntrico de 2x4 mm² de Cu
- Medidor de Energía : Caja metálica tipo L, c/ interruptor termomagnético
- Retenidas : Cable de A°G° 10mm², varilla de anclaje de 2,4 m.
- Alumbrado Público : Lámpara de vapor de sodio de 50 W y pastoral de Fierro

SISTEMA DE LA SUBESTACIÓN CHARAT

Subestación Charat 33/13,2 kV–1,6 MVA

Descripción

La subestación Charat es alimentada por la línea en 33 kV Otuzco- Charat (L-3362) y tiene una longitud de 20,9 km desde la SE Otuzco.

La subestación Charat cuenta con la siguiente distribución de celdas:

- Una celda de línea en 33 kV
- Un transformador de potencia de 33/13,2 kV – 1,6 MVA
- Dos (02) celdas de salida en 13,2 kV
- Una celda de Servicios Auxiliares en 13,2 kV

La descripción de cada celda de salida en 13,2 kV se resume a continuación:

- Celda de Salida 1 – CHA001, alimenta a los circuitos de Coina y Anexos
- Celda de Salida 2 – CHA002, alimenta a los circuitos de Huaranchal, Sayapullo y Anexos
- Celda de SS.AA. – CHA901, alimenta a los servicios auxiliares de la SE Charat

Diagnostico

La Subestación se encuentra en buen estado de conservación con una demanda máxima actual de 900 kW, teniéndose la oferta disponible para la ampliación del SER Otuzco, pues se cuenta con 2 MVA instalados.

Líneas y Redes Primarias

Descripción

- Línea 3ø SE Charat –Sayapullo-Compín: 13,2 kV- 3x25 mm² AAAC, postes de madera tratada 12 m, aisladores tipo Pin Ansi 55-5, suspensión Ansi 2x52-3, crucetas de madera de tornillo de 2,4m en monoposte, 4,3m en biposte, retenidas inclinadas con cable de acero galvanizado de 10mm², varilla de anclaje de 2,4m, seccionadores fusible tipo Cut-Out, pararrayos tipo distribución 15 kV, etc. Estas instalaciones se son antiguas y con problemas de confiabilidad, pues algunos postes cumplieron con su tiempo de vida.
- Línea 3ø SE Charat –Usquil: 13,2 kV- 3x16 mm² Cu, postes de madera tratada 12 m, aisladores tipo Pin Ansi 55-5, suspensión Ansi 2x52-3, crucetas de madera de tornillo de 2,4m en monoposte, 4,3m en biposte, retenidas inclinadas con cable de acero galvanizado de 10mm², varilla de anclaje de 2,4m, seccionadores fusible tipo Cut-Out, pararrayos tipo distribución 15 kV, etc. Estas instalaciones se son antiguas y con problemas de confiabilidad, pues algunos postes cumplieron con su tiempo de vida.

- Línea 3ø SE Usquil-Coina: 13,2 kV- 3x25 mm² AAAC, postes de madera tratada 12 m, aisladores tipo Pin Ansi 55-5, suspensión Ansi 2x52-3, crucetas de madera de tornillo de 2,4m en monoposte, 4,3m en biposte, retenidas inclinadas con cable de acero galvanizado de 10mm², varilla de anclaje de 2,4m, seccionadores fusible tipo Cut-Out, pararrayos tipo distribución 15 kV, etc. Estas instalaciones se son antiguas y con problemas de confiabilidad, pues algunos postes cumplieron con su tiempo de vida.

Diagnostico

Se recomienda que Hidrandina evalúe un proyecto de renovación de redes del sistema eléctrico, pues son instalaciones antiguas que cumplieron su tiempo de vida.

Redes Secundarias de Charat

Las localidades electrificadas en el SER Otuzco Etapa existente presentan las siguientes características en el equipamiento de las redes secundarias:

- | | |
|-------------------------------------|--|
| ➤ Postes | concreto CAC 8/200 (45 m vano promedio) |
| ➤ Conductor (3 y 5 hilos) | Autoportante 1x16, 2x16, 2x25, mm ² Al y WP |
| ➤ Neutro (solo en autoportante) | 25 mm ² de aleación de Al |
| ➤ Acometida Domicilia. | Conductor concéntrico de 2x4 mm ² de Cu |
| ➤ Medidor de Energía termomagnético | Caja metálica tipo L, c/ interruptor |
| ➤ Retenidas 2,4 m. | Cable de A°G° 10mm ² , varilla de anclaje de 2,4 m. |
| ➤ Alumbrado Público de Fierro | Lámpara de vapor de sodio de 50 W y pastoral |

ANEXO C
DEMANDA ELÉCTRICA
RESULTADOS METODO MONENCO

RESUMEN GENERAL PROYECCION DE ABONADOS

N° DE AÑO	AÑO	POBLACION VIVIENDA		ABONADOS ((N°))				
		HAB.	VIV.	DOM.	COM.	IND.	USO GENE 1	USO GEN 2
0	2009	21497	4254	4133	90	8	3	19
1	2010	21765	4294	4180	91	8	3	20
2	2011	22044	4358	4251	91	8	3	21
3	2012	22318	4419	4315	91	8	3	22
4	2013	22597	4475	4372	91	9	3	22
5	2014	22872	4530	4435	91	9	3	23
6	2015	23166	4585	4493	91	9	3	24
7	2016	23467	4645	4562	92	9	3	26
8	2017	23756	4697	4620	92	9	3	27
9	2018	24047	4759	4692	93	9	3	28
10	2019	24350	4815	4754	94	10	3	29
11	2020	24663	4883	4828	96	10	3	30
12	2021	24963	4940	4893	98	10	3	32
13	2022	25284	5002	4963	100	10	3	33
14	2023	25612	5067	5038	101	10	3	34
15	2024	25922	5127	5108	102	10	3	36
16	2025	26246	5197	5186	105	11	3	37
17	2026	26582	5252	5249	107	11	3	39
18	2027	26915	5319	5319	112	11	3	41
19	2028	27252	5394	5394	112	11	3	42
20	2029	27596	5457	5457	117	11	3	44

RESUMEN GENERAL CONSUMOS UNITARIOS

N° DE AÑO	AÑO	POBLACION VIVIENDA		CONSUMO UNITARIO [kWh/ABON.]	
		HAB.	VIV.	DOM.	COM.
0	2009	21497	4254	16914	16930
1	2010	21765	4294	17060	17077
2	2011	22044	4358	17332	17349
3	2012	22318	4419	17658	17675
4	2013	22597	4475	17925	17943
5	2014	22872	4530	18218	18236
6	2015	23166	4585	18433	18451
7	2016	23467	4645	18682	18700
8	2017	23756	4697	18907	18926
9	2018	24047	4759	19260	19279
10	2019	24350	4815	19532	19551
11	2020	24663	4883	19862	19881
12	2021	24963	4940	20108	20128
13	2022	25284	5002	20387	20407
14	2023	25612	5067	20711	20731
15	2024	25922	5127	20987	21008
16	2025	26246	5197	21318	21339
17	2026	26582	5252	21566	21587
18	2027	26915	5319	21863	21885
19	2028	27252	5394	22236	22258
20	2029	27596	5457	22459	22481

RESUMEN GENERAL CONSUMO ANUAL

N° DE AÑO	AÑO	CONSUMO ANUAL DE ENERGIA POR SECTORES [kWh]					
		DOM.	COM.	IND.	U. GEN. 1	U. GEN 2.	A.P.
0	2009	708301	6656	27	6887	19831	111852
1	2010	724472	6771	27	8359	20425	113040
2	2011	747226	6856	29	8645	21078	114876
3	2012	771423	7003	30	8899	21824	116568
4	2013	790837	7083	31	9181	22374	118188
5	2014	814895	7191	31	9434	23009	119880
6	2015	834031	7292	32	9692	23593	121320
7	2016	858855	7456	33	10020	24251	123120
8	2017	882070	7575	34	10291	24941	124488
9	2018	911391	7684	35	10554	25692	126288
10	2019	935312	7760	36	10877	26361	127908
11	2020	966459	8180	38	11247	27271	129996
12	2021	987348	8287	39	11590	28013	131724
13	2022	1016141	8537	40	11926	28792	133452
14	2023	1047075	9638	41	12357	29649	135576
15	2024	1077774	10233	42	12686	30590	137304
16	2025	1108802	10851	43	13077	31550	139284
17	2026	1139105	11271	44	13448	32197	140904
18	2027	1171337	11444	47	13905	33222	142776
19	2028	1208080	11606	47	14241	34103	144720
20	2029	1234407	12110	49	14686	34898	146412

RESUMEN GENERAL CONSUMO TOTAL

N° DE AÑO	AÑO	CONSUMO DE ENERGIA [kWh]			HORAS DE UTILIZ.	MAXIMA DEMANDA NETA [kW]	MAXIMA DEMANDA BRUTA [kW]	PERDIDAS %
		NETA	PERD.	BRUTA				
0	2009	853554	59749	913303	151500	569	569	258
1	2010	873094	61117	934211	152520	578	578	257
2	2011	898710	62910	961620	153540	591	591	264
3	2012	925747	64802	990550	154560	604	604	264
4	2013	947694	66339	1014033	155580	615	615	270
5	2014	974440	68211	1042651	156600	628	628	269
6	2015	995961	69717	1065679	157620	637	637	276
7	2016	1023734	71661	1095396	158640	651	651	275
8	2017	1049398	73458	1122856	159660	662	662	275
9	2018	1081643	75715	1157358	160680	678	678	281
10	2019	1108255	77578	1185833	161700	690	690	281
11	2020	1143191	80023	1223214	162720	708	708	294
12	2021	1167000	81690	1248691	163740	718	718	294
13	2022	1198887	83922	1282809	164760	733	733	300
14	2023	1234337	86404	1320740	165780	749	749	300
15	2024	1268629	88804	1357433	166800	765	765	306
16	2025	1303606	91252	1394859	167820	781	781	306
17	2026	1336969	93588	1430556	168840	796	796	312
18	2027	1372730	96091	1468821	169860	813	813	311
19	2028	1412797	98896	1511693	170880	831	831	318
20	2029	1442562	100979	1543541	171900	843	843	317

ANEXO D
DEMANDA ELÉCTRICA
RESULTADOS METODO PROPUESTO

RESUMEN GENERAL PROYECCION DE ABONADOS

N° DE AÑO	AÑO	POBLACION VIVIENDA		ABONADOS ((N°))				
		HAB.	VIV.	DOM.	COM.	IND.	USO GENE 1	USO GEN 2
0	2009	21715	4300	4177	180	8	3	21
1	2010	21984	4341	4225	182	8	3	22
2	2011	22263	4405	4296	182	8	3	23
3	2012	22543	4469	4363	182	8	3	24
4	2013	22826	4524	4419	182	9	3	25
5	2014	23101	4578	4482	182	9	3	26
6	2015	23398	4633	4540	182	9	3	27
7	2016	23701	4693	4609	184	9	3	28
8	2017	23993	4749	4671	185	9	3	30
9	2018	24288	4808	4740	190	9	3	31
10	2019	24593	4869	4808	192	9	3	32
11	2020	24909	4936	4881	195	10	3	34
12	2021	25209	4994	4946	199	10	3	35
13	2022	25535	5054	5015	205	10	3	37
14	2023	25866	5120	5090	207	10	3	38
15	2024	26180	5180	5161	208	10	3	40
16	2025	26505	5252	5241	212	10	3	42
17	2026	26843	5308	5305	217	11	3	44
18	2027	27180	5377	5377	224	11	3	46
19	2028	27518	5449	5449	227	11	3	48
20	2029	27868	5513	5513	229	11	3	50

RESUMEN GENERAL CONSUMOS UNITARIOS

N° DE AÑO	AÑO	POBLACION VIVIENDA		CONSUMO UNITARIO [kWh/ABON.]	
		HAB.	VIV.	DOM.	COM.
0	2009	21715	4300	15524	15539
1	2010	21984	4341	15667	15683
2	2011	22263	4405	15913	15929
3	2012	22543	4469	16230	16246
4	2013	22826	4524	16476	16493
5	2014	23101	4578	16721	16738
6	2015	23398	4633	16917	16934
7	2016	23701	4693	17157	17174
8	2017	23993	4749	17383	17401
9	2018	24288	4808	17682	17700
10	2019	24593	4869	17988	18006
11	2020	24909	4936	18284	18302
12	2021	25209	4994	18498	18517
13	2022	25535	5054	18732	18751
14	2023	25866	5120	19026	19045
15	2024	26180	5180	19293	19313
16	2025	26505	5252	19601	19621
17	2026	26843	5308	19865	19885
18	2027	27180	5377	20149	20170
19	2028	27518	5449	20452	20473
20	2029	27868	5513	20669	20690

RESUMEN GENERAL CONSUMOS ANUAL

N° DE AÑO	AÑO	CONSUMO ANUAL DE ENERGIA POR SECTORES [kWh]					
		DOM.	COM.	IND.	U. GEN. 1	U. GEN 2.	A.P.
0	2009	674752	22118	27	13815	18231	113472
1	2010	690505	22501	27	15393	18771	114696
2	2011	711724	22876	29	15875	19393	116532
3	2012	735262	23261	30	16348	20059	118332
4	2013	753369	23580	31	16771	20588	119916
5	2014	776495	23991	31	17301	21146	121572
6	2015	794279	24269	32	17709	21708	123012
7	2016	818258	24956	33	18313	22310	124812
8	2017	841174	25559	34	18822	22987	126324
9	2018	867631	26800	35	19372	23630	128016
10	2019	893269	27481	36	19974	24313	129852
11	2020	921875	28387	38	20601	25138	131904
12	2021	942002	28884	39	21059	25822	133668
13	2022	968639	30388	40	21684	26549	135324
14	2023	998355	31702	41	22426	27368	137448
15	2024	1027844	32520	42	23038	28191	139212
16	2025	1057472	33625	43	23657	29092	141264
17	2026	1087884	34976	44	24479	29721	142920
18	2027	1119171	35714	47	25184	30701	144864
19	2028	1152619	37293	47	25943	31463	146700
20	2029	1178820	37670	49	26626	32247	148428

RESUMEN GENERAL CONSUMO TOTAL

N° DE AÑO	AÑO	CONSUMO DE ENERGIA [kWh]			HORAS DE UTILIZ.	MAXIMA DEMANDA NETA [kW]	MAXIMA DEMANDA BRUTA [kW]	PERDIDAS %
		NETA	PERD.	BRUTA				
0	2009	842415	58969	901384	151500	562	562	258
1	2010	861894	60333	922227	152520	571	571	257
2	2011	886428	62050	948478	153540	583	583	263
3	2012	913293	63931	977224	154560	596	596	263
4	2013	934255	65398	999653	155580	606	606	269
5	2014	960536	67237	1027773	156600	619	619	269
6	2015	981009	68671	1049680	157620	628	628	275
7	2016	1008682	70608	1079289	158640	641	641	275
8	2017	1034900	72443	1107343	159660	653	653	274
9	2018	1065484	74584	1140068	160680	668	668	281
10	2019	1094925	76645	1171569	161700	682	682	280
11	2020	1127943	78956	1206899	162720	698	698	294
12	2021	1151474	80603	1232077	163740	708	708	293
13	2022	1182624	82784	1265407	164760	723	723	299
14	2023	1217339	85214	1302553	165780	739	739	299
15	2024	1250847	87559	1338407	166800	754	754	305
16	2025	1285153	89961	1375114	167820	770	770	305
17	2026	1320024	92402	1412425	168840	786	786	311
18	2027	1355680	94898	1450578	169860	802	802	311
19	2028	1394066	97585	1491651	170880	820	820	317
20	2029	1423840	99669	1523508	171900	832	832	316

BIBLIOGRAFÍA

1. Romero Suyo Arturo Isaac, “Proyección de demanda Utilizando Series de Tiempos”, Informe de Suficiencia, 2008
2. Córdova Blancas José Carlos, “Desarrollo de un Proyecto de Electrificación Rural a Nivel de Perfil según Lineamientos del SNIP”, Informe de Competencia Profesional, 2008
3. Decreto Supremo N° 025-2007 - EM, “Reglamento de la Ley N° 28749 Ley General de Electrificación Rural”, 2007.
4. OSINERG, “Estimación de la Demanda Agregada de Electricidad”, Documento de Trabajo N° 4, 2004
5. OSINERG, “Reformas Estructurales en el Sector Eléctrico Peruano”, Documento de Trabajo N° 5, 2004.
6. COES, “Proyección de la Demanda Global del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional y Representación en Barras para la Simulación con el Modelo SDDP”, 2009
7. Jaime Luyo Kuong, “Estabilidad Dinámica De Los Mercados Eléctricos”, Revista Ciencias Económicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2010
8. Ministerio de Energía y Minas, “Metodología Para la Proyección de la Demanda y Expansión de la Generación y Transmisión”, Anexo 7.1, 2006.
9. Homero Miranda Coll Cardenas, “Servicios Eléctricos Rurales Sostenibles y Usos Productivos de la Energía”, ITDG 2006
10. Dr. Salomé Gonzales Chavez, “Nuevos Modelos Para el Pronóstico del Mercado Eléctrico en el Perú”, IMCA Universidad Nacional de Ingeniería, 2008
11. Dr. V. Fernandez, “Uso de Variables Ficticias DUMMY”, Apuntes IN 540 V, 2010
12. Ing. Fernando Rossinelli Ugarelli, ”Electrificación Rural en el Perú”, 2010
13. Dr. Jorge Pareja, “La Gestión Tarifaria en el Mercado Regulado de la Energía Eléctrica en el Perú”, 2006.

14. Ing. Luis Ampuero, “Electrificación Y Desarrollo Rural”
ADINELSA, 2010
15. TECH4CDM, “La Electrificación Rural En El Peru”
TECH4CDM, 2008.
16. Eva Medina Moral. “Modelos Económicos e Información Estadística”
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID, Febrero 2003