

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Propuesta de implementación de cocinas  
de inducción para electrificación de la  
matriz energética peruana**

Dennis Raul Garay Aquino

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Electricista

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento a mi asesor de tesis, Ing. Carlos Quispe, por su esfuerzo y dedicación al desarrollo de mi tesis; al Ing. Edwin Quintanilla por su guía y aporte, que han sido fundamentales para mi desarrollo como investigador.

## **DEDICATORIA**

A Elvira, mi madre; quien dedicó los mejores años de su vida a brindarme su apoyo y su amor incondicional. A mis hermanos, por su motivación constante.

y a Dios, por cuidarme y guiarme siempre por el camino que me designó.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	II
DEDICATORIA .....	III
ÍNDICE GENERAL .....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT .....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	XVII
CAPÍTULO I.....	19
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	19
1.1 Planteamiento y formulación del problema .....	19
1.2 Formulación del problema .....	25
1.3 Objetivos .....	26
1.4 Justificación e importancia.....	27
1.5 Limitaciones .....	28
1.6 Hipótesis .....	28
1.7 Descripción de variables y operacionalización de variables.....	29
CAPÍTULO II.....	30
MARCO TEÓRICO .....	30
2.1 Antecedentes del problema .....	30
2.2 Bases teóricas.....	33
2.2.1 Cocinas de inducción.....	33
2.2.2 Mercado de energía.....	40
2.2.3 Mercado del Gas Licuado de Petróleo (GLP).....	42
2.2.4 Mercado de gas natural .....	49
2.2.5 Mercado eléctrico peruano .....	65
2.2.6 Eficiencia final y efectiva.....	74
2.2.7 Electrificación del uso final de energía en el sector residencial.....	76
2.3 Definición de términos básicos .....	81

CAPÍTULO III:.....	83
METODOLOGÍA.....	83
3.1 Método de investigación.....	83
3.2 Tipo de investigación.....	83
3.3 Alcance de la investigación .....	83
3.4 Diseño de la investigación.....	84
3.4.1 Diseño descriptivo longitudinal .....	84
3.5 Población y muestra.....	85
3.6 Método de la investigación .....	87
CAPÍTULO IV: .....	90
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	90
4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información.....	90
4.1.1 Equivalencia en energía eléctrica del consumo promedio mensual de combustibles para cocción de alimentos de un usuario residencial.....	90
4.1.2 Eficiencia de tecnologías de cocción .....	91
4.1.3 Accesibilidad de insumos energéticos para cocción .....	99
4.1.4 Sostenibilidad ambiental de cada tecnología de cocción con su respectivo combustible.....	99
4.1.5 Seguridad de cada tecnología de cocción con su combustible respectivo ...	101
4.1.6 Costos reales del suministro de gas natural para un usuario residencial – Categoría A1.....	102
4.1.7 Competitividad de combustibles para cocción: Gas Natural, GLP y Electricidad	109
4.1.8 Cálculos de costos y precios de solo energía en US\$/mes para consumos equivalentes a 1 balón de 10 kg de GLP.....	117
4.1.9 Beneficio económico (Ahorro) que el usuario tendrá al usar cocinas de inducción.....	120
4.1.10 Barrera de ingreso (BI) a las tecnologías de cocción: a GN, a GLP y a Electricidad. ....	123
4.1.11 Beneficios Adicionales.....	127
4.1.12 Resultados del cuestionario aplicado a la población. ....	128
4.1.13 Matriz energética peruana .....	130
4.1.14 Nivel de electrificación del consumo final energético residencial .....	134
4.1.15 Incidencia de la cocina de inducción en el nivel de electrificación de la matriz de consumo final energético nacional .....	143
4.1.16 Determinación de las condiciones y equipamiento eléctrico y/o electrónico requeridos para la implementación de cocinas de inducción.....	145

4.1.17 Propuesta del proceso de implementación de cocinas de inducción.....	152
4.1.18 Financiamiento de la barrera de ingreso (Conexión) de la cocina de Inducción 155	
4.1.19 Aspectos negativos a considerar para el correcto funcionamiento del sistema de cocción por inducción.....	158
4.2 Prueba de hipótesis .....	159
4.3 Discusión de resultados .....	161
CONCLUSIONES .....	167
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	170
ANEXOS.....	173

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción y operacionalización de variables .....	29
Tabla 2. Características y especificaciones de las cocinas de inducción .....	37
Tabla 3. Modelos del panel de control .....	39
Tabla 4. Tasa anual compuesta de crecimiento de la demanda de GLP en el Perú.....	44
Tabla 5. Agentes de la cadena de comercialización del GLP 2020.....	48
Tabla 6. Composición del gas natural.....	49
Tabla 7. Porcentaje de descuento (Promoción y Bonogas) del costo final del SIII. ....	62
Tabla 8. Costo máximo del servicio integral de instalación interna en soles con IGV.....	62
Tabla 9. Cuota máxima mensual - Financiamiento en 10 años para Lima y Callao.....	62
Tabla 10. Cuota máxima mensual - Financiamiento en 10 años para Ica .....	63
Tabla 11. Opciones tarifarias vigentes al 2021.....	72
Tabla 12. Tarifas eléctricas de uso residencial BT5A y BT5B .....	73
Tabla 13. Escenarios futuros: Demanda global de energía primaria por combustible y escenario.....	76
Tabla 14. Consumo promedio de cada combustible y su equivalencia en energía eléctrica .....	90
Tabla 15. Emisiones de CO2 por energía (kWh) de los distintos insumos energéticos ...	93
Tabla 16. Factor de emisión de generación eléctrica por tecnología y tipo de combustible (2005 -2020).....	94
Tabla 17. Factor de Comparación de Insumos Energéticos del Perú.....	95
Tabla 18. Promedio de los Factores de emisión final por tipo de generación (2005 -2020) .....	96
Tabla 19. Eficiencia efectiva de las tecnologías de cocción en el sistema energético peruano 2020 .....	96
Tabla 20. Nivel de seguridad de cada sistema de cocción.....	101
Tabla 21. Pliego tarifario del servicio de distribución de gas natural de enero 2021.....	102
Tabla 22. Energía promedio Consumida de GN por un usuario residencial (Categoría A1) .....	102
Tabla 23. Costos de producción y transporte del GN para un usuario residencial (Categoría A1).....	103

Tabla 24. Evolución de los metros de red por usuario del 2005 al 2020 .....	103
Tabla 25. Inversión del metro de red por usuario 2018-2020 .....	104
Tabla 26. Costos reales de distribución del GN para un usuario residencial (Categoría A1) .....	104
Tabla 27. Costos reales del Derecho de Conexión del GN y factor K. ....	105
Tabla 28. Topes máximos de acometida del tipo G 1.6 (Residencial) .....	105
Tabla 29. Costo máximo del servicio integral de instalación interna y Cuota Máxima Mensual - Financiamiento en 10 años. ....	106
Tabla 30. Costo real de conexión del GN para un usuario residencial (Categoría A1). ..	106
Tabla 31. Costo real del gas natural para un usuario residencial (Categoría A1). ....	107
Tabla 32. Monto total de subsidio al gas natural para un usuario residencial (Categoría A1) .....	107
Tabla 33. Escenarios de costos reales del gas natural para usuario residencial (Categoría A1) .....	108
Tabla 34. Costo total real del balón del GLP (10kg) y del consumo promedio de un usuario residencial (15kg) .....	110
Tabla 35. Costo Total real de electricidad para cocción (Inducción) de las opciones tarifarias BT5B y BT5X. Incluye IGV.....	113
Tabla 36 . Costos finales de insumos energéticos para cocción en US\$/mes para consumos promedios de 194 kWh (GN), 194 kWh (GLP) y 110 kWh (Electricidad). Incluye IGV....	113
Tabla 37. Precios finales de solo energía para cocción en US\$/mes para consumos promedios de 194 kWh (GN), 194 kWh (GLP) y 110 kWh (Electricidad). ....	114
Tabla 38. Equivalencia en energía eléctrica de 1 balón de 10kg de GLP a GN y Electricidad. .....	117
Tabla 39. Precios de solo energía en US\$/mes para consumos equivalentes a 1 balón de 10 Kg de GLP .....	118
Tabla 40. Costos de energía en US\$/mes para consumos equivalentes a 1 balón de 10 Kg de GLP. ....	118
Tabla 41. Subastas recientes a nivel mundial de centrales Solar-Fotovoltaica .....	122
Tabla 42. Comparación de costos de conexión de combustibles para cocción .....	124
Tabla 43. Comparación de costos de acometida de combustibles de cocción .....	125
Tabla 44. Comparación de costos de instalación interna para un punto de suministro... ..	125
Tabla 45. Comparación de los costos del derecho de conexión a las tecnologías de cocción. .....	127

Tabla 46. Ventajas de cocinar con electricidad (Cocinas a Gas vs. Cocinas de inducción)	128
Tabla 47. Evolución del consumo final energético residencial y la tasa anual compuesta de crecimiento (TACC) de cada combustible.	137
Tabla 48. Pronóstico del consumo final energético residencial de los años 2020 y 2021	137
Tabla 49. Análisis de reemplazo de los combustibles fósiles (Leña, Bosta, Yareta y GLP) por electricidad al usar cocinas de inducción.	138
Tabla 50. Evolución del consumo final energético residencial en el "Escenario electrificado con cocinas de inducción"	140
Tabla 51. Consumo final energético nacional 2019 -2027 (Escenario Electrificado con cocinas de inducción)	144
Tabla 52. Energía total fósil reemplazada por electricidad en la matriz de consumo final energético nacional.	145
Tabla 53. Tamaños y capacidad: Juego de ollas de 6 piezas con tapa	147
Tabla 54. Costos en US\$ de los equipos y elementos eléctricos-electrónicos para la implementación del sistema de medición adicional	149
Tabla 55. Costos en US\$ de los equipos y elementos eléctricos-electrónicos para la implementación del sistema de medición inteligente.	150
Tabla 56. Costos básicos de los dispositivos necesarios de la instalación interna	152
Tabla 57. Opción tarifaria BT5X	153
Tabla 58. Modificación de los parámetros de conexiones en baja tensión 220 V con BT5X	153
Tabla 59. Cuota máxima mensual de devolución del financiamiento de la barrera de ingreso de la cocina de inducción.	155
Tabla 60. Evolución de la matriz de consumo final energético nacional en el "Escenario Electrificado con cocinas de inducción"	160

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Índice de transición energética del Perú 2020.....	20
Figura 2. Demanda de energía primaria - Perú 2019 .....	20
Figura 3. Consumo de combustibles líquidos - Perú 2019 .....	21
Figura 4. Sectores del uso de GLP. ....	21
Figura 5. Principales fuentes de energía para la cocción en el hogar (%) .....	22
Figura 6. Usuarios Habilitados por concesión y avance de masificación de gas natural (Acumulado) .....	23
Figura 7. Evolución de la demanda de gas natural - Perú .....	24
Figura 8. Corrientes Foulcut en hornos y cocinas de inducción .....	35
Figura 9. Sistema de cocción por inducción.....	36
Figura 10. Evolución de la demanda de energía primaria - Perú.....	40
Figura 11. Evolución de la demanda de energía primaria del Perú (1965 -2019), en términos absolutos y relativos. ....	41
Figura 12. Equivalente de 10kg de GLP en energía Calorífica y electricidad. ....	43
Figura 13. Evolución de la demanda diaria de GLP - Perú.....	43
Figura 14. Demanda diaria de GLP - Países vecinos.....	44
Figura 15. Escenarios futuros del GLP a nivel mundial.....	45
Figura 16. Oferta: Producción nacional e importación de GLP.....	46
Figura 17. Procedencia de importación del GLP .....	46
Figura 18. Agentes de la cadena de comercialización de GLP. ....	47
Figura 19. Precio del GLP envasado (Julio 2020).....	48
Figura 20. Equivalente de 16m <sup>3</sup> (Consumo promedio mensual) de gas natural en energía Calorífica y electricidad.....	50
Figura 21. Demanda del gas natural de Perú por sectores 2004 -2019 .....	51
Figura 22. Escenarios futuros del gas natural - Oferta (2010-2040).....	51
Figura 23. Escenarios futuros del gas natural - Demanda (billón de pies cúbicos).....	52
Figura 24. Producción fiscalizada de gas natural por zonas.....	53
Figura 25. Relación R/P de las reservas totales y probadas de gas natural.....	54
Figura 26. Distribución y comercialización de gas natural.....	55
Figura 27. Tarifa a usuario final de GN en US\$/MMBTU.....	55

Figura 28. Precio del gas natural con IGTV en Lima y Callao por categorías.....	56
Figura 29. Reducción de costos de energía nivel global y local .....	57
Figura 30. Componentes del precio del gas natural de Camisea .....	57
Figura 31. participación de los precios de GN, transporte, distribución e IGTV en la tarifa final de gas natural.....	58
Figura 32. Resumen de los componentes de la barrera de ingreso a la cocción con gas natural .....	59
Figura 33. Instalaciones que comprende el derecho de conexión.....	59
Figura 34. Componentes de la acometida para el servicio de gas natural.....	60
Figura 35. Costos del SIII de GN para el usuario residencial (2017) .....	61
Figura 36. Porcentaje de beneficiarios del Bonogas .....	63
Figura 37. Porcentaje final de acceso al gas natural para cocción.....	63
Figura 38. Consumo promedio mensual Residencial de gas natural.....	64
Figura 39. Componentes del precio final del gas natural para regiones que no cuentan con gasoducto principal.....	64
Figura 40. Avance de masificación del gas natural .....	65
Figura 41. Evolución del mercado eléctrico (1886-2020) .....	66
Figura 42. Tarifas eléctricas residenciales en Latinoamérica 2019 .....	66
Figura 44. Producción renovable no convencional - SEIN .....	67
Figura 43. Evolución de la participación por tipo de recurso energético en la producción de energía eléctrica (2000 – 2019). .....	67
Figura 45. Precios de la energía solar fotovoltaica y eólica en las subastas de energías renovables de América Latina, 2010-2019.....	68
Figura 46. Evolución de demanda y oferta del SEIN 2020 .....	69
Figura 47. Balance oferta de generación eficiente (incluye el requerimiento de nueva generación) vs. máxima demanda anual del SEIN – Demanda Media.....	70
Figura 48. Balance de generación eficiente en el SEIN. Periodo 2021 – 2032. Escenario de demanda media .....	71
Figura 49. Acceso a la energía eléctrica (evolución 1992 -2019).....	74
Figura 50. Cadena de transformación energética .....	75
Figura 51. Futuro de la emisión global de CO2 por escenario.....	77
Figura 52. Triple desafío para la sostenibilidad: eficiencia, renovables y cambios estructurales. ....	78
Figura 53. Reducciones de emisiones de CO2. ....	78
Figura 54. Seis componentes de la estrategia de transición energética.....	79

Figura 55. La electricidad es el portador de energía central en los sistemas energéticos del futuro. ....	80
Figura 56. Ruta del proceso de investigación .....	87
Figura 57. Eficiencia final de tecnologías de cocción .....	91
Figura 58. Energía aprovechada con eficiencia final de las cocinas de GN, GLP e Inducción .....	92
Figura 59. Eficiencias promedio en tecnologías de cocción (final y efectiva) .....	97
Figura 60. Comparación de consumos de energía promedio de un usuario residencial con eficiencia efectiva de las tecnologías de cocción. ....	98
Figura 61. Índice de acceso a insumos energéticos para cocción de alimentos al 2019 ..	99
Figura 62. Emisiones de CO2 en el sistema energético en su conjunto de tecnologías de cocción .....	100
Figura 63. Emisiones de CO2 al final de la cadena (entorno del usuario) de cada tecnología de cocción .....	100
Figura 64. Monto del subsidio por usuario residencial (Categoría A1) .....	108
Figura 65. Precios del balón de GLP de 10 kg (Incluye IGV) a nivel nacional. ....	109
Figura 66. Precios de Energía Eléctrica Residencial en BT5B y BT5X (BT5A) sin IGV a mayo del 2021 .....	111
Figura 67. Costos de cocción (inducción) para consumos equivalentes a 16m3 (GN) con electricidad con las tarifas BT5B y BT5X(BT5A) (Incluye IGV).....	112
Figura 68. Comparación de costos reales de insumos energéticos para cocción en US\$/Mes y s/. /mes (Incluye IGV) para consumos promedios de 194 kWh (GN), 194 kWh (GLP) y 110 kWh (Electricidad) por regiones. ....	115
Figura 69. Comparación de precios de solo energía para cocción en US\$/mes para consumos promedios de 194 kWh (GN), 194 kWh (GLP) y 110 kWh (Electricidad) por regiones.....	116
Figura 70. Comparación de precios y costos de energéticos para consumos promedios equivalentes a un balón de GLP de 10 kg (Incluye IGV) por regiones .....	119
Figura 71. Ahorro (en US\$) al cocinar con cocinas de inducción para consumos equivalentes a 16m3 (Consumo promedio residencial de Gas Natural) por regiones.....	120
Figura 72. Ahorro (en s/. y US\$) frente al GLP al cocinar con cocinas de inducción para consumos equivalentes a un balón de GLP de 10 kg por regiones. ....	121
Figura 73. Ahorro al cocinar con cocinas de inducción para consumo equivalente a de un balón de GLP de 10kg. ....	121

Figura 74. Ahorro (Barra Azul) frente al GLP al cocinar con cocinas de inducción (tarifa eléctrica: contrato directo con central solar-fotovoltaica) para consumo equivalente a un balón de GLP de 10 Kg.....	123
Figura 75. Comparación de barrera de ingreso a la tecnología de cocción (Para un punto de suministro).....	126
Figura 76. Demanda de energías primarias del Perú 2019.....	130
Figura 77. Consumo final energético nacional - 2019.....	131
Figura 78. Consumo final energético por sectores 2019.....	132
Figura 79. Consumo final energético del sector residencial 2019.....	132
Figura 80. Energía realmente aprovechada del sector residencial 2019 por sectores....	133
Figura 81. Nivel de electrificación de la matriz de consumo final energético residencial. ....	136
Figura 82. Incidencia del uso de cocinas de inducción en el nivel de electrificación del consumo final energético residencial. ....	141
Figura 83. Matriz de consumo final energético residencial electrificado al 2027 con incidencia de cocinas de inducción. ....	142
Figura 84. Evolución del consumo final energético residencial 2004 -2027.....	142
Figura 85. Incidencia de la cocina de inducción en el nivel de electrificación de la matriz de consumo final energético nacional. ....	143
Figura 86. Cocina de Inducción de 2 hornillas.....	146
Figura 87. Juego ollas de acero inoxidable para inducción.....	147
Figura 88. Sistema de medición residencial para el aprovechamiento de tarifas bajas en horas fuera de punta.....	148
Figura 89. Similitud del sistema de medición inteligente a la convencional.....	149
Figura 90. Diagrama unifilar del circuito de la Cocina de Inducción. ....	151
Figura 91. Comparación del precio del energético + cuota mensual de conexión (50% devolución) para consumos promedios de 194 kWh (GN), 194 kWh (GLP) y 110 kWh (Electricidad).....	156
Figura 92. Comparación del precio del energético + cuota mensual de conexión (50% devolución) para consumo equivalente a un balón de GLP de 10kg. ....	157
Figura 93. Comparación del precio del energético + cuota mensual de conexión (25% devolución) para consumos promedios de 194 kWh (GN), 194 kWh (GLP) y 110 kWh (Electricidad).....	157
Figura 94. Comparación del precio del energético + cuota mensual de conexión (25% devolución) para consumo equivalente a un balón de GLP de 10kg. ....	158

Figura 95. Comparación de matrices de consumo final energética peruana en escenario electrificado y no electrificado con cocinas de inducción.....161

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo calcular la incidencia del uso de cocinas de inducción en la electrificación de la matriz energética peruana, basado en la intención de cambio de un usuario GLP y en los cinco aspectos fundamentales de la transición energética eficaz: asequibilidad, competitividad, eficiencia, sostenibilidad ambiental y seguridad. El diseño de la investigación optado fue el descriptivo longitudinal del tipo científica básica para el análisis del nivel de electrificación de la matriz energética peruana al implementar cocinas de inducción en el sector residencial, durante un proceso de 6 años.

Los resultados mostraron que la cocina de inducción, basado en los criterios de selección de la mejor tecnología de cocción, es la más asequible, competitiva, eficiente, limpia y segura en el Perú. Y que, al consumir electricidad con una tarifa de medición diferenciada, permitirá al usuario residencial tener un ahorro promedio nacional del 44% frente a un cilindro de GLP de 10kg. De esta forma, incentivar la migración y conseguir los niveles de electrificación del 28% de la matriz energética peruana; valor calculado en esta investigación.

**Palabras claves:** electrificación, cocinas de inducción, matriz energética, transición energética eficaz, beneficio económico, cilindro de GLP.

## **ABSTRACT**

This research aimed to estimate the impact of the use of induction stoves on the electrification of the Peruvian energy matrix. It is based on the five fundamental aspects of the efficient energy transition: affordability, competitiveness, efficiency, environmental sustainability and safety, and on the intention for change of an LPG user. The design of the research chosen was the longitudinal descriptive of the basic scientific type for the analysis of the electrification level of the Peruvian energy matrix when implementing induction cookers in the residential sector over a 6-year process.

The results showed that the induction cookstove, based on the selection criteria of the best cooking technology, is the most affordable, competitive, efficient, clean and safe in Peru. And that, by consuming electricity with a differentiated measurement rate, will allow the residential user to have 44% of economic savings compared to a 10kg LPG cylinder. In this way, to encourage migration and achieve the electrification levels of 28% of the Peruvian energy matrix; value calculated in this research.

**Keywords:** electrification, induction cookstoves, energy matrix, efficient energy transition, economic benefit, LPG cylinder.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis: “Propuesta de implementación de cocinas de inducción para electrificación de la matriz energética peruana”, se estructura en cuatro capítulos.

En el capítulo I se presenta el planteamiento del problema, objetivos, justificación, limitaciones e hipótesis para la interrogante: ¿Cuál es la incidencia del uso de cocinas de inducción en la electrificación de la matriz energética peruana? El objetivo principal es calcular la incidencia del uso de cocinas de inducción en la electrificación de la matriz energética peruana. Para ello, se analiza y compara las tecnologías de cocción: cocina a gas, cocina a GLP y cocina de inducción, en cinco aspectos de selección basados en la transición eficaz. De esta forma identificar a la cocina de inducción como mejor opción para el usuario y para el sistema energético en su conjunto, incidiendo en esta última su electrificación en un proceso de sustitución de 6 años.

Dentro del capítulo II se describen los antecedentes internacionales y nacionales del estudio, tomando en cuenta artículos e investigaciones similares. Así mismo, se desarrollan las bases teóricas del sistema de cocción por inducción, del mercado del GLP, del Gas Natural y del mercado eléctrico peruano.

El capítulo III muestra la metodología a emplear, tipo y alcance de la investigación, población, técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de datos.

En el capítulo IV, evidencia los resultados y el análisis de aquellos, se interpreta los resultados basados en los criterios de selección: eficiencia, competitividad, asequibilidad, sostenibilidad ambiental y seguridad. Los resultados del cuestionario aplicado son analizados con el objetivo de tener intenciones de cambio en un periodo de tiempo y de esa forma calcular el nivel de electrificación para cada año del proceso de sustitución.

Finalmente se establecen conclusiones.

# CAPÍTULO I

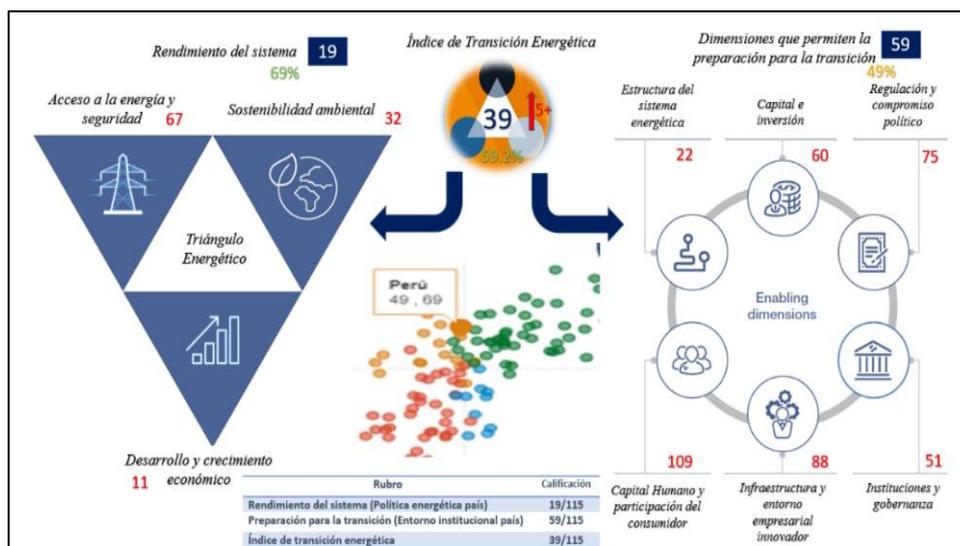
## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1 Planteamiento y formulación del problema

Camino hacia un sistema energético más inclusivo, sostenible, asequible y seguro que proporcione soluciones a los desafíos mundiales relacionados con la energía, al tiempo que crea valor para las empresas y la sociedad, sin comprometer el equilibrio del triángulo energético. (1) El Perú se ubica en el puesto 39 dentro de 115 economías con un índice de 59,2% de transición energética, evidenciado en el último informe “Fomento de una Transición Energética Eficaz 2020” del Foro Económico Mundial (WEF 2020). Si bien hay aspectos positivos que resaltar, como una competitividad energética envidiable (Primeros puestos desde el 2013) y un sistema eléctrico flexible con participación de energías renovables de alrededor de 63% para la generación; también, hay aspectos negativos por mejorar con respecto a sostenibilidad ambiental y acceso a la energía y seguridad (Ver figura 1).

La desvinculación de combustibles fósiles de la matriz energética peruana es un tema clave que mejorar en orden a sostenibilidad ambiental, índice relacionado con las emisiones de CO<sub>2</sub>, importaciones de combustible e intensidad energética. La actual dependencia y predominancia del 72% de combustibles fósiles: petróleo (44%), gas (26%) y carbón (2%) (Ver figura 2), sumado con una importante importación e intensidad de petróleo y la falta de progreso en la reducción de las emisiones per cápita, hacen que haya un lento avance en la sostenibilidad ambiental del sistema energético peruano.

Figura 1. Índice de transición energética del Perú 2020

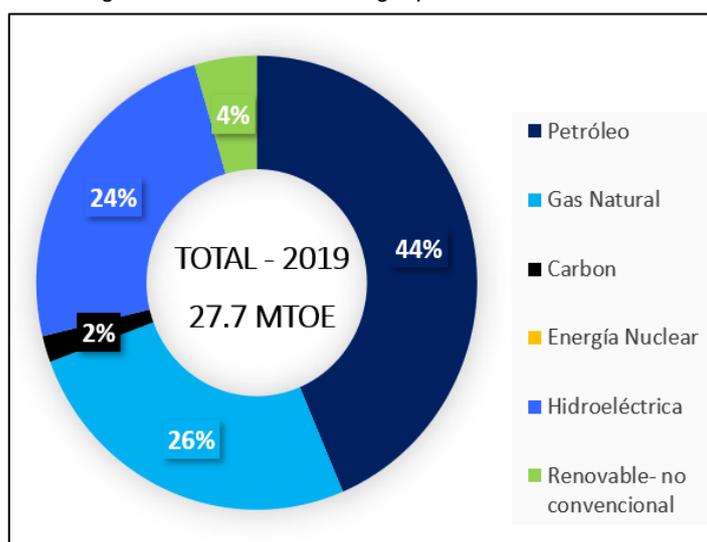


Fuente: WEF (2020)- Fostering Effective Energy Transition.

Elaboración: GSE-Osinergmin

La demanda de energía primaria peruana en el año 2019 fue de 27.7 Millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtoe), con una participación de 28% de renovables y 72% no renovables, creciendo a una tasa media anual del 5% en la última década. Si bien el gas natural y las fuentes renovables incrementaron su participación de una manera considerable en la matriz energética, el petróleo no se quedó atrás, creció a tasa media de 2.7% desde inicios del 2000. Por tanto, más que una transición energética, han sido adiciones energéticas.

Figura 2. Demanda de energía primaria - Perú 2019



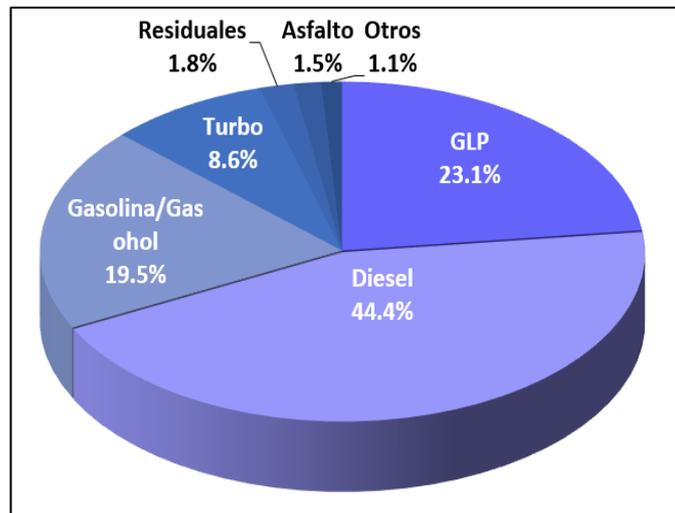
Fuente: BP (2020)- Statistical Review of World Energy 2019.

Elaboración: Propia

El consumo de combustibles líquidos en el Perú al año 2019 fue de 276 mil barriles por día (MBPD), de los cuales el 23 % corresponden al GLP, 44% al Diesel, 20% a la

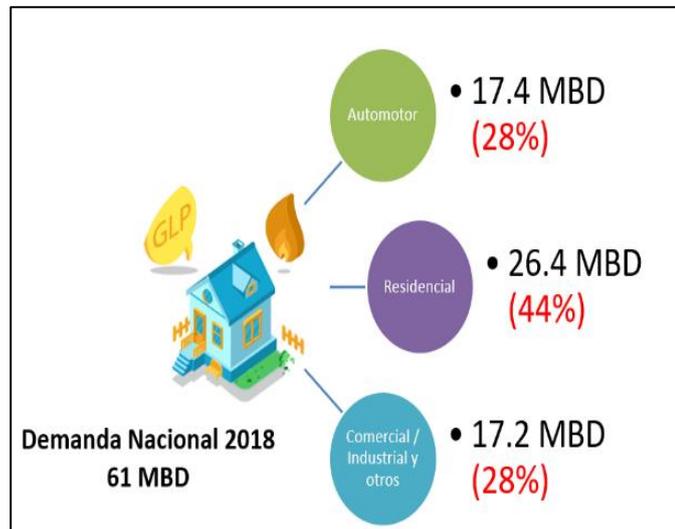
gasolina, 9% turbo, 2% para asfalto, 2% de residuales y 1% en otros combustibles (Ver figura 3). En el caso del GLP, de los 63.6 MBPD promedios consumidos dicho año, aproximadamente la mitad fue destinado al sector residencial para cocción de alimentos y la otra mitad en proporciones similares para el sector industrial y parque automotor (Ver figura 4).

Figura 3. Consumo de combustibles líquidos - Perú 2019



Fuente: MINEM (2020)- Estadísticas Hidrocarburos 2019

Figura 4. Sectores del uso de GLP.



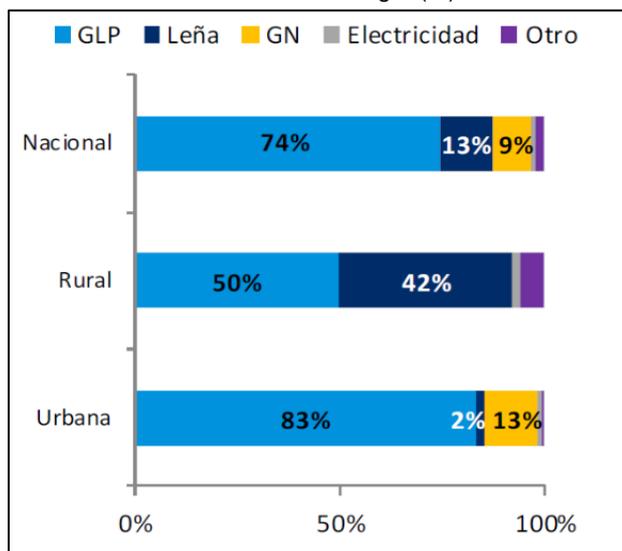
Fuente: ERCUE 2018/ SCOP Osinergmin.  
Elaboración: GSE - Osinergmin

Por tanto, es fundamental cambiar la actual infraestructura dependiente de combustibles fósiles, por una alimentada por fuentes renovables y limpias, teniendo como medio a la electricidad que ofrece servicios energéticos útiles con mayor eficiencia que otros combustibles. Utilizar una proporción cada vez mayor de electricidad con bajas emisiones de carbono para proporcionar energía en el transporte (por ejemplo, para

vehículos eléctricos y ferrocarril), en edificios (para cocción, calefacción y electrodomésticos), en algunas aplicaciones industriales y para la producción de combustibles con bajas emisiones de carbono (por ejemplo, hidrógeno); son fundamentales en este camino a un sistema energético más sostenible ambientalmente. Sin embargo, es clave considerar la competitividad y eficiencia de las mismas para una verdadera transición.

En el ámbito residencial peruano, el 74% de los hogares usa el GLP como combustible para cocción de alimentos, seguido por leña y el gas natural, con 13% y 9% respectivamente, según la última Encuesta Residencial de Consumo y Usos de Energía (ERCUE 2018) realizado por Osinergmin (Ver figura 5). Como se evidencia, el GLP es el actual combustible de mayor uso para cocción; sin embargo, ¿el mencionado combustible es el más eficiente, competitivo, limpio y seguro frente al gas natural o a la electricidad?

Figura 5. Principales fuentes de energía para la cocción en el hogar (%)



Fuente: ERCUE 2018.

Si bien el Estado promueve la expansión de gas natural en el ámbito residencial (cocción de alimentos y calefacción) por medio de mecanismos de promoción desde el 2004, en orden que la población cuente con un combustible más económico, limpio y seguro. Después de 15 años, solo el 9% del total de hogares peruanos (1 005 261 clientes) accedió al gas natural. Además, las 4 concesionarias de gas tienen como alcance a solo 9 regiones del Perú, con un discreto porcentaje de avance de masificación muy por debajo del 50%.

En caso de Quavii tiene como concesión a las regiones de La Libertad, Ancash, Cajamarca y Lambayeque, con un avance del 15% de masificación, habilitando a 99 293 usuarios al año 2020. Por el lado de Naturgy está a cargo de las regiones de Arequipa,

Moquegua y Tacna, con un avance del 3% de masificación, habilitando a 12 846 usuarios. Ambos son recientes concesionarias que obtienen el Gas Natural Licuado (GNL) por un sistema de transporte virtual, luego es regasificado para ser distribuido por redes en las regiones mencionadas.

Las concesionarias que si aprovechan directamente el gas del ducto proveniente de Camisea en el City Gate de Lurín son Cálidda y Contugas. Siendo la región Ica concesionada por Contugas, con un avance del 33%, habilitando 61 781 usuarios desde el 2012. La concesión más antigua es Cálidda, operando desde el 2004 en Lima y Callao, y cuyo avance de 42% de masificación que habilita a 955 500 usuarios al 2020 son aún muy bajos, si se desea que el gas natural sea el principal combustible de cocción y reemplazante del GLP.

Figura 6. Usuarios Habilitados por concesión y avance de masificación de gas natural (Acumulado)



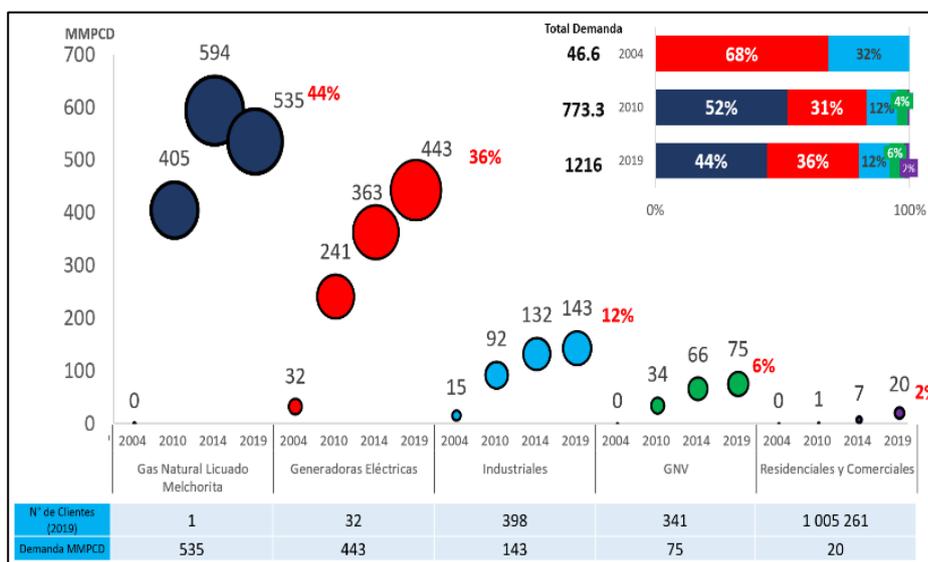
Fuente: Osinermin (2020) Supervisión comercial de gas natural.

Elaboración: DSR - Osinermin

Uno de los aspectos del porqué no hay una buena acogida del gas natural en el ámbito residencial es la barrera de ingreso, el cual es relativamente alta, de aproximadamente 2 mil soles. Asimismo, la falta de ductos principales, así como de redes de distribución, hacen que sea aún más dificultoso el acceso a dicho combustible. Si bien hay el deseo de aumentar el consumo de gas natural a nivel nacional y no volverlo a reinyectar; el camino no es el sector residencial porque a pesar de tener la mayor cantidad de usuarios, solo consume 20 millones de pies cúbicos por día (MMPCD), 2% de la demanda total del país. Y con las dificultades que se mencionaron, ¿será el gas natural el

combustible ideal para cocción de alimentos a corto, mediano y largo plazo? ¿Es el gas natural el combustible para cocción de alimentos más eficiente, competitivo, limpio y seguro que el GLP o la electricidad?

Figura 7. Evolución de la demanda de gas natural - Perú



Fuente: Osinergrmin (2020) Indicadores de gestión del mercado de gas natural.

Elaboración: GSE - Osinergrmin

Otro imperativo del triángulo energético por mejorar, es el acceso a la energía y seguridad, donde el Perú ocupó el puesto 67 de 115 países en el 2020. Las brechas por cerrar de acceso a la electricidad y a combustibles limpios para cocción de alimentos, son temas claves camino a un sistema energético inclusivo y asequible. La diferencia entre el acceso a la electricidad en el ámbito rural (91.8%) y urbano (99.6%); así como, la diferencia entre el acceso a combustibles limpios para cocción en el ámbito rural (50%) y urbano (96%), son el actual problema que tiene el rendimiento del sistema energético peruano.

Como ya se mencionó, el gas natural pretende reemplazar al GLP por tener un precio subsidiado más económico; sin embargo, la barrera de ingreso y falta de ductos principales, así como de redes de distribución, no permite una verdadera masificación desde ya 15 años. Asimismo, el GLP aun con ayuda del Fondo de Inclusión Social Energético (FISE) no ha logrado que la población rural acceda a dicho combustible en su totalidad. Quedando una brecha importante del 16% a nivel nacional y un 45% a nivel rural de hogares peruanos que no cuentan con un combustible limpio para cocción.

Mejorar los índices de sostenibilidad ambiental y acceso a la energía y seguridad, son claves para el desarrollo del país camino hacia un sistema energético electrificado, eficiente, asequible, sostenible, limpio y seguro. Con este fin, en el ámbito residencial ¿Qué

combustible es el indicado para la cocción de alimentos, que sea asequible, eficiente, competitivo, limpio y seguro?

## 1.2 Formulación del problema

### a) Problema general

¿Cuál es la incidencia del uso de cocinas de inducción en la electrificación de la matriz energética peruana?

### b) Problemas específicos

¿Cuáles son los valores de consumo promedio en energía eléctrica de combustibles para cocción (Gas Natural (GN), Gas Licuado de Petróleo (GLP) y Electricidad)?

¿Cuáles son las eficiencias finales y globales (efectivas) de las tecnologías de cocción al consumir su respectivo combustible?

¿Cuáles son las emisiones de  $gCO_2/kWh$  de las tecnologías de cocción al consumir su respectivo combustible: (Cocina a GN, Cocinas a GLP y Cocinas de inducción (Combustible electricidad)?

¿Cuál es el porcentaje de acceso a combustibles limpios para cocción que tiene la población peruana?

¿Cuál es el nivel de seguridad de cada tecnología de cocción (Cocina a GN, Cocinas a GLP y Cocinas de inducción)?

¿Cuáles son los costos reales del suministro de gas natural?

¿Es conveniente la masificación del GN en el sector residencias en todo el Perú?

¿Qué combustible para cocción (GN, GLP y Electricidad) es más económico?

¿Cuál es el beneficio económico (Ahorro) que el usuario tendrá al usar cocinas de inducción con una tarifa eléctrica de medición diferenciada frente al GLP?

¿Cuáles son los costos de la “barrera de ingreso” (Costo de conexión) de cada tecnología de cocción?

¿Cuál es la intención de cambio de un usuario residencial de cocina a gas (GLP) a cocina de inducción (Electricidad)?

¿Cuál es el nivel de electrificación de la matriz energética peruana al final del proceso de implementación de cocinas de inducción en el sector residencial?

¿Cuáles son las condiciones y los equipos eléctricos y/o electrónicos necesarios para la implementación y el correcto funcionamiento de una cocina de inducción en una vivienda residencial?

¿Cuáles son las condiciones de implementación de las cocinas de inducción, en los aspectos técnicos, económicos y legales, que Osinergmin y la empresa distribuidora de energía eléctrica tendrán que optar para promover el cambio de cocinas a gas por cocinas de inducción?

### 1.3 Objetivos

Objetivo general

- Calcular la incidencia del uso de cocinas de inducción en la electrificación de la matriz energética peruana.

Objetivos específicos

- Calcular los valores de consumo promedio en energía eléctrica de combustibles para cocción: Gas Natural (GN), Gas Licuado de Petróleo (GLP) y Electricidad.
- Identificar y calcular las eficiencias finales y globales (efectivas) de las tecnologías de cocción al consumir su respectivo combustible e identificar cuál de ellas es la más eficiente (Ahorro de energía).
- Identificar y calcular las emisiones de  $\text{gCO}_2/\text{kWh}$  de las tecnologías de cocción al consumir su respectivo combustible: Cocina a GN, Cocinas a GLP y Cocinas de inducción (Combustible electricidad).
- Identificar el porcentaje de acceso a combustibles limpios para la cocción que tiene la población peruana al 2019.
- Identificar el nivel de seguridad de cada tecnología de cocción: Cocina a GN, Cocinas a GLP y Cocinas de inducción (Combustible electricidad).
- Calcular los costos reales del suministro de gas natural.
- Identificar al combustible para cocción (GN, GLP y Electricidad) más económico.
- Determinar el beneficio económico (Ahorro) que el usuario tendrá al usar cocinas de inducción, con una tarifa eléctrica diferenciada, frente al GLP.
- Calcular los costos de la “barrera de ingreso” (Costo de conexión) de cada tecnología de cocción.
- Estimar la intención de cambio de un usuario residencial de cocina a gas (GLP) a cocina de inducción (Electricidad).

- Estimar el nivel de electrificación de la matriz energética al final del proceso de implementación de cocinas de inducción en el sector residencial.
- Determinar las condiciones y los equipos eléctricos y/o electrónicos necesarios para la implementación y el correcto funcionamiento de una cocina de inducción en una vivienda residencial.
- Determinar las condiciones de implementación de las cocinas de inducción en los aspectos técnicos, económicos y legales, que Osinergmin y la empresa concesionaria de distribución de energía eléctrica tendrán que optar para promover el cambio de cocinas a gas por cocinas de inducción.

#### **1.4 Justificación e importancia**

##### Justificación técnica

Escoger una tecnología de cocción de alimentos, que sea eficiente, es fundamental camino a un sistema energético inclusivo, sostenible, asequible y seguro. En tal sentido, este presente trabajo de investigación permite evidenciar que una cocina de inducción es la más eficiente que puede tener un hogar peruano en la actualidad.

##### Justificación económica

Contar con un combustible limpio y a la vez económico es vital para una transición energética eficaz. Por lo que es importante identificar qué combustible es el indicado económicamente y amigable con el medio ambiente. Con este fin, esta investigación evidencia cuál es el más accesible para todos los peruanos económicamente.

##### Justificación teórica

Esta investigación se realiza con el propósito de aportar una perspectiva sobre la tecnología de cocción de alimentos más eficiente, competitiva, limpia y segura en el Perú, cuyos resultados permite tener una ruta de accesibilidad a un combustible limpio más diligente que los actuales proyectos en el Perú.

##### Justificación social

Con el motivo de mejorar el índice de acceso a combustibles limpios para la cocción de alimentos, la presente investigación facilita una visión donde la mayor cantidad de familias peruanas podrán acceder una tecnología de cocción limpia y segura. Aquello permitirá cerrar las brechas actuales de acceso a combustibles limpios, tanto en el ámbito rural como urbano, mejorando la calidad de vida.

##### Justificación ambiental

La actual dependencia a combustibles fósiles y a biomasa sólida para la cocción de alimentos en el sector residencial, genera hoy en día 5% del total de emisiones de CO<sub>2</sub> del Perú. En esta investigación, se muestra un mejor camino a seguir en cuanto a combustibles limpios (cero emisiones) para cocción, ceñidos hacia un sistema energético sostenible y limpio que mejore la calidad de vida de la población peruana.

#### Importancia de la investigación

El presente trabajo de investigación surge debido a que en la actualidad las tecnologías de cocción, que predominan en el Perú, dependen de combustibles fósiles: GLP (74%), GN (9%) y Leña Bosta/Yareta (13%). Aquellos no son eficientes, tienen costos relativamente altos, no son asequibles para la población en su totalidad y son inseguros. Si bien el GLP y el GN son amigables con el medio ambiente, su no asequibilidad hace que solo el 9% de la población use GN y 74% GLP. De la mano a lo expuesto, la importancia de electrificar la matriz energética es vital camino hacia un sistema energético más asequible, eficiente, sostenible, limpio y seguro; debido a que, la electricidad brinda servicios más eficientes que otros energéticos, superiores al 80%.

Por ello, la importancia de esta investigación que propone el uso de cocinas de inducción para electrificar la matriz energética peruana, considerando criterios de selección de eficiencia, competitividad en precios, accesibilidad, sostenibilidad ambiental y seguridad para apoyar una decisión que sea sostenible en un mediano y largo plazo. De esta forma, la desvinculación de combustibles fósiles en el ámbito residencial será un hecho, además que, el consumidor tendrá un combustible realmente económico, eficiente, limpio, seguro y accesible para más del 95% de la población peruana.

### **1.5 Limitaciones**

La presente investigación se limita a una comparación descriptiva entre tecnologías de cocción (GN, GLP e inducción), basada en datos y especificaciones de asequibilidad, eficiencia, competitividad, sostenibilidad ambiental y seguridad. Para luego, seleccionar a la mejor y calcular su incidencia de electrificación en la matriz energética peruana a través de un análisis estadístico descriptivo.

### **1.6 Hipótesis**

H<sub>1</sub>: El uso de cocinas de inducción permite electrificar la matriz energética peruana de manera económica, eficiente, asequible, limpia y segura.

H<sub>0</sub>: El uso de cocinas de inducción no permite electrificar la matriz energética peruana de manera económica, eficiente, asequible, limpia y segura.

## 1.7 Descripción de variables y operacionalización de variables

Tabla 1. Descripción y operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
<b>Autor:</b>	Dennis Raul Garay Aquino			
<b>Título:</b>	Propuesta de Implementación de Cocinas de Inducción para Electrificación de La Matriz Energética Peruana			
<b>Problema</b>	¿Cuál es la incidencia del uso de cocinas de inducción en la electrificación de la matriz energética peruana?			
	<b>Independiente</b>		<b>Dependiente</b>	
<b>Variables</b>	Cocinas de inducción		Matriz energética peruana	
<b>Definición conceptual</b>	Una cocina de inducción es un tipo de cocina vitrocerámica que calienta directamente el recipiente mediante un campo electromagnético en vez de calentar mediante calor producido por resistencias.		Una matriz energética es una radiografía de cómo está balanceado el consumo de energía entre distintas fuentes en un periodo de tiempo.	
<b>Definición operacional</b>	Variable que consume energía eléctrica de manera eficiente, económica, limpia y segura.		Variable que expresa la cantidad de energía que consume una determinada población y la participación que tiene cada combustible disponible para abastecer mencionada demanda.	
<b>Hipótesis</b>	El uso de cocinas de inducción permite electrificar la matriz energética peruana de manera económica, eficiente, asequible, limpia y segura.			
<b>Variable Independiente</b>	<b>Cocinas de inducción</b>			
<b>Dimensiones o Sub Variables</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Tipo de Variable</b>	<b>Instrumento</b>
Consumo	Energía consumida	kWh	Numérica	Hemográfica
Competitividad	s/.	Soles	Numérica	Registros de sistemas de gestión
Accesibilidad	Factor	Porcentaje	Numérica	Registros de sistemas de gestión
Eficiencia	Factor	Porcentaje	Numérica	Hemográfica
Sostenibilidad Ambiental	Factor	gCO2/kWh	Numérica	Registros de sistemas de gestión
Seguridad	Nivel	---	Categórica	Cibergráfica
Intención de Cambio	Factor	Porcentaje	Numérica	Cuestionario
<b>Variable Dependiente</b>	<b>Matriz energética peruana</b>			
<b>Dimensiones o Sub Variables</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Tipo de Variable</b>	<b>Instrumento</b>
Electrificación	Factor	Porcentaje	Numérica	Estadística

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes del problema

##### Artículos científicos

De acuerdo con la investigación efectuada por Naula, Campoverde y Borenstain (2017), en el artículo titulado *“Modelo para la toma de decisiones, caso cambio de cocina de GLP a inducción en Ecuador”*. “El desarrollo de un modelo de análisis con múltiples criterios para la selección de una cocina nueva debe considerar simultáneamente aspectos cualitativos y cuantitativos para apoyar la decisión; equilibrando aspectos sociales, riesgos ambientales, costos económicos y eficiencia energética. El estudio fue motivado por el plan nacional de cocción eficiente impulsado por el gobierno ecuatoriano dentro del objetivo de cambio de la matriz energética, y éste a su vez dentro del Plan Nacional del Buen Vivir; el estudio consideró adicionalmente el subsidio temporal a la energía eléctrica que promovió el gobierno para la obtención de mejores resultados en cuanto al proyecto Cocinas de Inducción. El experimento computacional utilizado, indicó que, en las condiciones contemporáneas, la alternativa mejor puntuada es la cocina de inducción, independientemente del escenario considerado.” (2)

Del mismo modo, en la investigación realizada por Ulloa (2018), en su artículo titulado *“Aplicación de métodos numéricos para la obtención de modelos eficientes de consumo energético en cocinas de inducción y cocinas a gas (GLP)”*, menciona que: “el uso de cocinas de inducción cada vez abarca un campo más amplio con respecto a las cocinas que usan GLP (Gas Licuado de Petróleo) como combustible, este avance ha sido principalmente debido a las ventajas y facilidades de usar una cocina de inducción

representa, tales como reducción de costos, reducción de consumo energético y sobre todo la fiabilidad de evitar accidentes y quemaduras debido a tanques de GLP o superficies calientes. Para la aplicación del experimento se utilizaron como punto de partida ambos tipos de cocinas y a través de mediciones periódicas con instrumentos de precisión, se determinaron los modelos de consumo energético a través de la aplicación de métodos numéricos y software libre “Scilab”, para obtener las curvas de regresión en base al análisis de propiedades específicas que influyen en la combustión e inducción de ambas cocinas. Comparando los resultados y determinando de este modo que la cocina a inducción posee un consumo energético inferior y por ende un reducido gasto monetario frente al uso de GLP.” (3)

#### Antecedentes nacionales

Según la investigación realizada por Carrasco et al (2016), en la tesis titulada *“Propuesta de utilización de cocinas de inducción eléctrica para uso doméstico en poblaciones vulnerables”*, se expone que: “el trabajo evalúa la viabilidad técnica económica de sustituir las cocinas de GLP por cocinas eléctricas de Inducción, por ser esta última más eficiente que la de GLP en un 47 %; por lo que, considera dos escenarios de evaluación para la población vulnerable, el primero considerando el uso de un medidor convencional y otro escenario con la instalación de un medidor adicional de doble medida. Para el primer escenario se obtuvo un ahorro para el beneficiario de hasta S/.8.3 y para el segundo escenario se obtuvo un ahorro de hasta S/.23.1 mensuales, al favorecerle la tarifa diferenciada de la hora fuera de punta. Estos resultados fueron comprobados con el análisis de sensibilidad del precio de GLP con el software @risk para el caso de Iquitos. Asimismo, el estudio plantea otro esquema de implementación, mediante el cual, el beneficiario FISE podrá devolver al Estado el costo de la sustitución con el ahorro que obtendría en su consumo de energía mensual.” (4)

#### Antecedentes internacionales

En el ámbito internacional y no irnos tan lejos, nuestro país vecino, el Ecuador tiene un plan de sustitución de cocinas de gas (GLP) por cocinas de inducción desde el 2009. Tama (2013), en su artículo denominado *“Cocina de inducción versus cocina a gas (GLP)”*, manifiesta que: “el programa de sustitución de cocinas a gas (GLP) por cocinas de inducción cuenta con 12 estrategias nacionales; 12 objetivos nacionales, de entre los cuales y específicamente en la estrategia referida al cambio de la matriz energética, que indica lo siguiente: El programa deberá ejecutarse tan pronto como exista la factibilidad de la generación eléctrica para este plan. Cumpliendo con las siguientes características: 1)

debe ser específico, definiendo claramente a qué y con qué sectores se iniciará la implementación del mismo; 2) debe ser medible, pues lo que no se mide; no se puede controlar y lo que no se controla; no se puede gestionar; 3) debe ser alcanzable, definiendo de manera responsable el universo objetivo y sus límites; 4) debe ser orientado a obtener resultados satisfactorios; a saber: Ahorro económico para el Estado ecuatoriano y para los consumidores, incentivo para las empresas productoras, generación de fuentes de trabajo, reducción de emisión de gases efecto invernadero, entre otros; y, 5) debe ser definido en el tiempo, acompañado debidamente con un estricto cronograma de ejecución.” (5)

Con el fin de modificar el modo de consumo de los ecuatorianos, Ortiz (2013) en su artículo *“La sustitución de cocinas: una ruta para rebajar el subsidio”*, expone que: “el subsidio al gas, que llega a \$ 1.000 millones anuales, es una sangría para los recursos de la sociedad ecuatoriana como un todo, sino que la alternativa es entre un producto importado y no renovable como el gas frente a uno sostenible, abundante y local, como la hidroelectricidad. El subsidio ha llevado a una gran distorsión de precios: el kilo de gas con subsidio bordea \$ 0,10, mientras que su costo real es de 0,84.” (6)

En esa misma línea, Plaza, Escobar y Aguirre (2017), en la investigación titulada *“Análisis de eficiencia energética en la implementación de cocinas de inducción en el sistema eléctrico ecuatoriano”* exponen que: “el análisis del beneficio económico de la implementación de cocinas de inducción para el usuario y del país Ecuador consistió en preparar 20 platos típicos del Ecuador, con lo cual se escogió tres platos con las potencias más alta, la potencia más baja y el plato más común para luego desarrollar un estudio económico del usuario y del Ecuador y si resulta beneficioso la implementación de estas cocinas. El estudio también analiza en cuanto se incrementa la generación de la potencia en las centrales eléctricas y cuanto de combustible se necesita para el funcionamiento de estas centrales.” (7)

Finalmente, Yong (2019), en su tesis titulada *“Impacto de Sustitución de cocinas GLP por cocinas de inducción en importaciones de GLP, 2014-2018”*, analiza la problemática de la necesidad de sustitución de cocinas de GLP por las de inducción. “Al ser el GLP un producto subsidiado en Ecuador, el gobierno central en el 2014 identificó la necesidad de ejecutar un plan alternativo al uso de las tradicionales cocinas GLP, generándose la pregunta ¿qué impacto tuvo el proyecto de sustitución de cocinas de GLP por cocinas de inducción, en las importaciones de GLP, período 2014-2018? El objetivo del estudio fue analizar los resultados obtenidos en la implementación del proyecto de sustitución de cocinas de GLP por cocinas de inducción, durante 2014-2018. Al verificar los resultados se

obtuvo como conclusión que la sustitución de cocinas GLP por cocinas de inducción no tuvo el impacto esperado por el Estado.” (8)

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Cocinas de inducción**

#### **Historia**

Hay quien puede pensar que la cocina de inducción es parte de la modernidad y del futuro, ya que es una parte fundamental en el ámbito residencial del siglo XXI, en la manera de preparar los alimentos.

Lo curioso es que podríamos decir que la cocina de inducción es la cocina del pasado. La cocción por inducción se ha utilizado ampliamente en todo el mundo durante mucho tiempo. La magia de la cocción por inducción fue presentada por primera vez a principios del siglo XX en Chicago, en una "Feria Mundial" en 1933 y en la 1950. Se puso un papel periódico entre la superficie de la cocina y la olla, mientras se hervía el agua. Empero, la mencionada tecnología nunca despegó y sus producciones se retrasaron durante los siguientes 40 años, siendo su uso limitado en aplicaciones industriales. (9)

A principios de la década de 1970 los desarrollos e implementaciones modernas de la cocción por inducción se dieron en el Centro de R&D de Westinghouse Electric Corporation en EE. UU. Estas modernas estufas de inducción (Cool Top) utilizaban transistores desarrollados para sistemas de encendido electrónico de automóviles para impulsar la corriente de 25 kHz. (9)

Westinghouse desarrolló sus gamas de inducción Cool Top 2 (CT2) por un equipo dirigido por Bill Moreland y Terry Malarkey. Sus cocinas de inducción incluían un juego de utensilios de cocina de alta calidad hechos de Quadruptyl y tenían un precio de US\$ 1500. La producción tuvo lugar de 1973 a 1975 y se detuvo coincidiendo con la venta de Westinghouse Consumer Products Division a White Consolidated Industries Inc. (9)

Aunque las cocinas de inducción se desvanecieron del mercado de consumo estadounidense, continuó desarrollándose en Europa y Asia, donde la disponibilidad de energía es un problema. Algunos fabricantes estadounidenses como Cooktek y Luxine continuaron desarrollando unidades comerciales. En 2000, los fabricantes europeos hicieron un gran avance (junto con DuPont) en el diseño de materiales aislantes para integrar la electrónica con las bobinas del generador de inducción. (9)

El diseño encajado de estos sistemas de cuarta generación, junto con los costos de fabricación reducidos, permitió a los fabricantes producir generadores de inducción por

mucho menos que antes, con diseños mucho más compactos que eran inherentemente más confiables. Como resultado, el mercado europeo realmente despegó. En la actualidad, las placas de cocción de inducción son una norma en las nuevas construcciones en muchos países europeos y son sólo entre un 20 y un 30% más caras que las placas de cocción de cerámica radiante allí. En Asia ha ocurrido un fenómeno similar. Un gran número de hogares asiáticos están cambiando a la inducción para cocinar debido al ambiente de cocción más seguro y fresco que proporciona. (9)

### **Principios de funcionamiento**

Este sistema innovador de cocción por medio de la inducción es el más rápido y más reciente desarrollo en el uso de energía eléctrica para cocinar alimentos. Las cocinas de inducción no utilizan el principio de resistencia al calor para generar calor como lo hacen las tradicionales cocinas eléctricas (calentadores eléctricos, bobinas eléctricas y placas calefactoras). En este proceso, se usa energía eléctrica para calentar el elemento de las superficies de cocción a través de la resistencia primero, y luego este calor se transfiere al utensilio de cocina. (9)

El campo magnético y las corrientes parásitas son la clave para esta tecnología. Al circular una corriente por una bobina de material conductor genera un campo magnético y cuya distribución está dada por la Ley de Ampere, el cual explica que: “la circulación de la intensidad del campo en un contorno cerrado es igual a la corriente que lo recorre en ese momento”. (10)

$$Ni = \oint \vec{H} d\vec{l} = Hl$$

Ecuación 1. Ley de Ampere para campos magnéticos.

Donde:

$i$ : Corriente que circula por el conductor

$N$ : Número de espiras de la bobina

$L$ : la longitud del circuito

$H$ : el campo magnético

Cuando la corriente es variable en el tiempo, el campo magnético también lo es, por tanto, se genera un flujo magnético alterno. Y como establece la Ley de Faraday, cuando hay un flujo magnético variable que somete a un material conductor, se generará una fuerza electromotriz cuyo valor es:

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi_m}{dt}$$

Ecuación 2. Ley de Faraday para campos magnéticos

Donde:

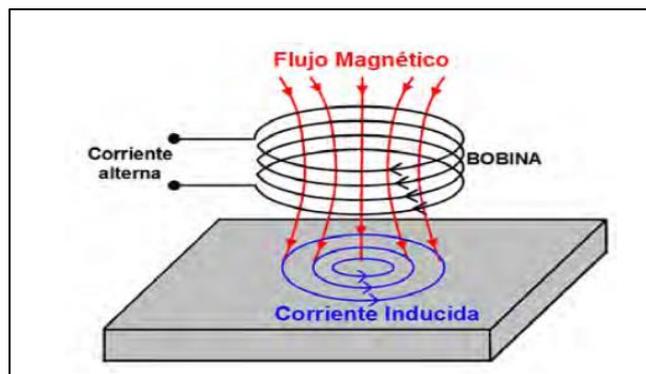
E: Fuerza electromotriz inducida

N: número de espiras de la bobina

$\phi$ : Flujo del campo magnético

Y gracias a esta fuerza electromotriz inducida en el interior del material conductor origina las denominadas corrientes parásitas (Foulcout), las cuales generan campos magnéticos opuestas al campo magnético aplicado. Estos dos campos son directamente proporcionales, a medida que aumenta uno, aumenta el otro. Gracias a este fenómeno se produce calor debido a la alta circulación de electrones dentro del conductor (Ver Figura 8). (10)

Figura 8. Corrientes Foulcout en hornos y cocinas de inducción



Fuente: Domínguez (2013) Simulación de la propagación ultrasónica en piezas metálicas para su aplicación en la detección de defectos

“Se denomina efecto Joule al fenómeno por el cual, si un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía cinética de electrones se transformará en calor debido a los choques que sufren con los átomos del material conductor por el que circulan, elevando la temperatura del mismo”. (10) Y cuya potencia disipada por mencionado efecto será:

Donde:

$$P = I^2 \times R_{eq}$$

Ecuación 3. Potencia disipada por efecto Joule

P: Potencia disipada por el conductor

I: Corriente que circula por el conductor

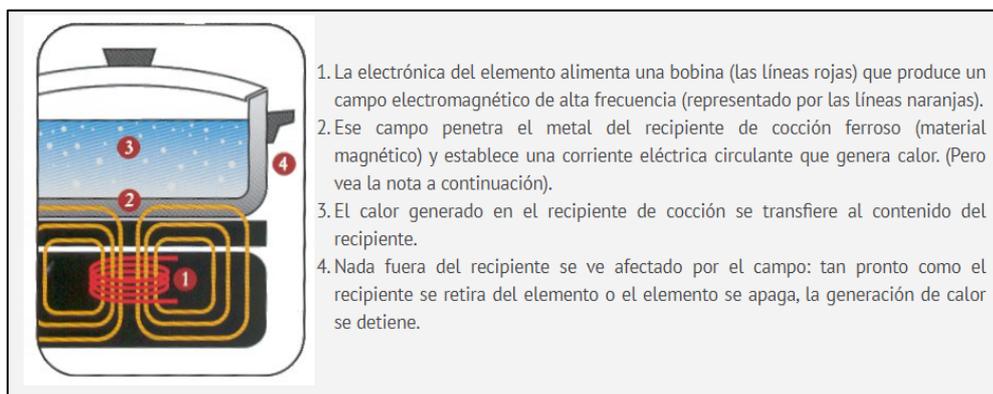
Req: resistencia equivalente del conductor

“La disipación del efecto Joule se da al interior de la sustancia donde se va a calentar, ya que las corrientes se inducen en el recipiente conductor. Es por ello que prácticamente no existen pérdidas de energía en el proceso de transferencia de calor como conducción, radiación o convección; es decir, la energía electromagnética del recipiente se convierte directamente en energía calórica en el contenido del mismo.” (11)

En una cocina de inducción, la bobina que está ubicado debajo de la zona de cocción, es un potente electroimán de alta frecuencia y con forma de espiral, por la que se hace pasar una corriente eléctrica de frecuencia variable (20 – 100 kHz), la misma que genera una densidad de flujo magnético alterno, con la misma frecuencia con la que varía la corriente en la bobina. (5)

Al momento de colocar el utensilio (olla, sartén, tetera, etc.) en la zona de cocción, el campo transfiere (induce) energía a ese metal. Esa energía hace que el utensilio se caliente. Asimismo, controlando la fuerza del campo electromagnético, podemos controlar la cantidad de calor que se genera en el recipiente de cocción, y de esa forma cambiar esa cantidad instantáneamente. (9)

Figura 9. Sistema de cocción por inducción



Fuente: Nicecook <http://www.nicecook.in/facts-about-induction-cookers>

Por ahora, el principio de inducción electromagnética solo puede tener lugar en utensilios de acero y hierro. En el futuro habrá una nueva tecnología que probablemente funcionará con cualquier recipiente de cocción de metal, incluidos el cobre y el aluminio, pero esa tecnología, aunque ya se usa en algunas unidades del fabricante japonés, probablemente esté a algunos años de madurez y de inclusión en la mayoría de cocinas de inducción. (9)

### Las partes del sistema de cocción por inducción

Es importante identificar las tres partes fundamentales y cuál es su funcionamiento en términos generales. Y, sobre todo, aquellos aspectos que puedan ser de interés para un usuario común.

### Placas de inducción de varias zonas de cocción

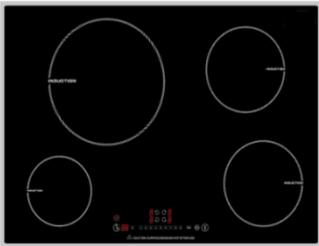
“Las cocinas de inducción pueden tener desde 1 hasta 5 zonas de inducción en tipos de cocinas encimeras y en la de tipo repisa incluye horno. Su selección va a depender al tipo de mercado y costumbre del modo de cocinar. Dos bobinas son las más comunes en Hong Kong y tres son las más comunes en Japón, pero cuatro son las más comunes en los EE. UU. Y Europa. Las cocinas de inducción portátiles pequeñas e independientes son relativamente económicas y populares en la India.” (9) En Perú, las cocinas a gas más vendidas son las de cuatro (con horno) y las de dos quemadores, por lo que las cocinas de inducción que reemplazarían serían las de dos y 4 zonas de cocción.

### Modelos de la cocina de inducción

En esta parte, se presenta la apariencia de algunos de los modelos de cocinas de inducción que actualmente están disponibles en el mercado peruano. La apariencia de las cocinas depende del número de zonas de inducción (“Hornillas”).

Tabla 2. Características y especificaciones de las cocinas de inducción

Modelo	Características	Especificaciones
<p>1 zona de cocción</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia 1.8kW</li> <li>• 1 litro de agua puede hervir en 3 minutos.</li> <li>• 15 niveles de temperatura y potencia: rango de temperatura de 38° (100 °F) a 238° (460 °F), y potencia de 100 W a 1800 W</li> <li>• Panel de control táctil LED</li> <li>• Liviana y portátil</li> <li>• Compatible con utensilios de cocina magnéticos</li> <li>• Apagado automático si no se detecta utensilio después de 30s</li> <li>• Bloqueo para niños</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencias Max. 1.8Kw</li> <li>• Voltaje: 220v</li> <li>• 8.1 Amperios.</li> <li>• Sección de conductor 2mm2. (Calibre de cable AWG 14)</li> </ul> <p>Precio Aprox. S/ 119.00 a S/ 200.00</p>
<p>2 zonas de cocción</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia: 1.8kW y 2.5kW</li> <li>• 1 litro de agua puede hervir entre 2 a 3 minutos.</li> <li>• 15 niveles de temperatura y potencia en cada zona</li> <li>• Panel de control táctil LED</li> <li>• Liviana y portátil</li> <li>• Compatible con utensilios de acero</li> <li>• Apagado automático si no se detecta utensilio después de 30s</li> <li>• Bloqueo para niños</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencias Max. 4.3kW</li> <li>• Voltaje: 220v</li> <li>• 19.5 A.</li> <li>• Sección de conductor 3mm2. (Calibre de cable AWG 12)</li> </ul> <p>Precio Aprox. S/ 300.00 a S/ 400.00</p>

Modelo	Características	Especificaciones
<p>4 zonas de cocción</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia Delantero izquierdo: 2kW / 3kW, Diámetro: 210 mm Trasero izquierdo: 1.4kW / 1.8kW, Diámetro: 160 mm Delantero derecho: 1.8kW / 2.5kW, Diámetro: 180 mm Trasero derecho: Potencia nominal: 1.8kW / 2.5kW, diámetro: 180 mm</li> <li>• 1 litro de agua puede hervir en 1.5 a 3 minutos.</li> <li>• 15 niveles de temperatura y potencia en las 4 zonas de cocción</li> <li>• Panel de control táctil LED</li> <li>• Liviana</li> <li>• Compatible con utensilios de cocina magnéticos</li> <li>• Apagado automático si no se detecta utensilio después de 30s</li> <li>• Bloqueo para niños</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencias Max. 8.5kW</li> <li>• Voltaje: 220v</li> <li>• 38 A.</li> <li>• Sección del conductor 5mm<sup>2</sup>. (Calibre de cable AWG 10)</li> </ul> <p>Precio Aprox. S/ 1000.00 a S/ 2500.00</p>
<p>4 zonas de cocción con horno</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia: 02 zonas 3.0KW 02 zonas 1.2KW 01 zona 0.1KW 01 horno 3.0KW</li> <li>• 1 litro de agua puede hervir entre 1.5 a 3 minutos.</li> <li>• 15 niveles de temperatura y potencia en todas las zonas de cocción</li> <li>• Panel de control táctil LED y manual</li> <li>• Compatible con utensilios de cocina magnéticos</li> <li>• Apagado automático si no se detecta utensilio después de 30s</li> <li>• Bloqueo para niños</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencias Max. 11.5kW</li> <li>• Voltaje: 220v</li> <li>• 52.3 A.</li> <li>• Sección del conductor 5mm<sup>2</sup>. (Calibre de cable AWG 10)</li> </ul> <p>Precio Aprox. S/ 700.00 a S/ 2500.00</p>

Fuente: <https://www.amazon.com/> / <https://www.linio.com.pe/> / <https://www.lumingo.com/> . Elaboración propia

Los precios de las cocinas de inducción se ven afectados principalmente por la calidad incorporada del producto y las características especiales, igualmente pueden verse afectados por ciertos tipos de placas de inducción, como los controles de pantalla táctil, el tamaño de la placa de cocción y el valor de la marca. (9)

Los precios al por menor y mayor de las cocinas de inducción que se encuentran en la actualidad en el mercado peruano, se visualizan en el Anexo 3.

### Panel de control

Hay tres tipos de paneles para cocinas de inducción: controles de sensor táctil, controles de botón de presión, controles de botón de perilla giratoria. Cada una de ellas se encuentran las opciones disponibles para el control de temperatura y potencia para la cocción. Con el pasar de los años dichos controles se han ido sofisticando, algunos modelos tienen alrededor de una docena de configuraciones predeterminadas para programaciones como hervir agua o mantener calientes los alimentos cocidos. (9)

Tabla 3. Modelos del panel de control

Botón de presión	Perilla giratoria	Sensor táctil
		
 <div data-bbox="432 936 678 981" style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Seleccionar zona</div>	 <div data-bbox="738 936 1228 981" style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Aumentar el control / mantener caliente</div>	 <div data-bbox="432 1025 678 1070" style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Bloqueo de niños</div>
 <div data-bbox="432 1025 678 1070" style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Prender/Apagar</div>	 <div data-bbox="738 1025 1228 1070" style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Temporizador / Pausar</div>	 <div data-bbox="691 1104 1197 1216" style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Nivel de potencia / Regulación del control deslizante del temporizador</div>

Fuente: <https://www.amazon.com/> / <https://www.linio.com.pe/> / <https://www.lumingo.com/>

Al ser una tecnología electrónica va evolucionando, a tal punto que hoy en día encontramos cocinas de inducción inteligentes de las marcas Xiami y Bosch como ejemplos. Este dispositivo es parte fundamental para las cocinas del futuro, más eficientes y limpias con un diseño sostenible, que hoy en día requiere también el Perú.

### Utensilios

Para el uso de la cocina de inducción, en la actualidad, solo recipientes de acero inoxidable y hierro son compatibles. Para verificar la compatibilidad de inducción de los utensilios con la cocina, se coloca un imán debajo del utensilio, si es que el imán se adhiere a la base, entonces estos pueden usarse.

En tal sentido, al momento de pensar en el reemplazo de cocinas a gas por las de inducción, se debe también tener en consideración los utensilios básicos (Ollas, tetera y sartén).

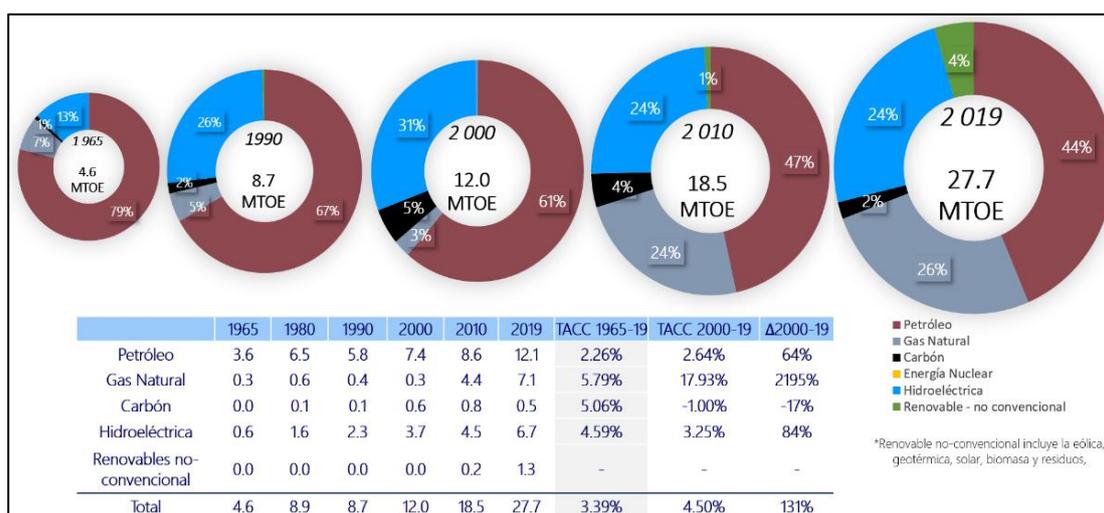
Los precios al por menor y mayor de los utensilios que se encuentran en el mercado peruano en la actualidad, se visualizan en el Anexo 4.

## 2.2.2 Mercado de energía

La evolución de la energía primaria en el Perú, sigue las tendencias mundiales, más que una transición energética, son adiciones energéticas.

La demanda de energía primaria peruana en el año 2019 fue de 27.7 Millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtoe), con una participación de 28% de renovables y 72% no renovables, creciendo a una tasa media anual del 4.65% en los últimos 20 años. Si bien el gas natural y las fuentes renovables incrementaron su participación de una manera considerable en la matriz energética, el petróleo no se quedó atrás, creció en términos absolutos a tasa media de 2.7% desde inicios del 2000 (Ver Figura 10).

Figura 10. Evolución de la demanda de energía primaria - Perú



Fuente: BP (2020) Statistical Review of World Energy. (36)  
 Elaboración: Edwin Quintanilla

El Perú depende mayoritariamente de combustibles fósiles, en especial del petróleo, si bien cuya participación ha disminuido del 62 % (año 2000) a 44% (año 2019); no obstante, en términos absolutos la demanda se incrementó, de 7.4 Mtoe (año 2000) a 12.1 Mtoe (año 2019), a tasa media anual de 2.69% (Ver Figura 10).

La demanda de carbón en términos relativos ha disminuido su participación en 3 puntos porcentuales. Sin embargo, ha mantenido su demanda en 0.5 Mtoe en los últimos 20 años (Ver Figura 10).

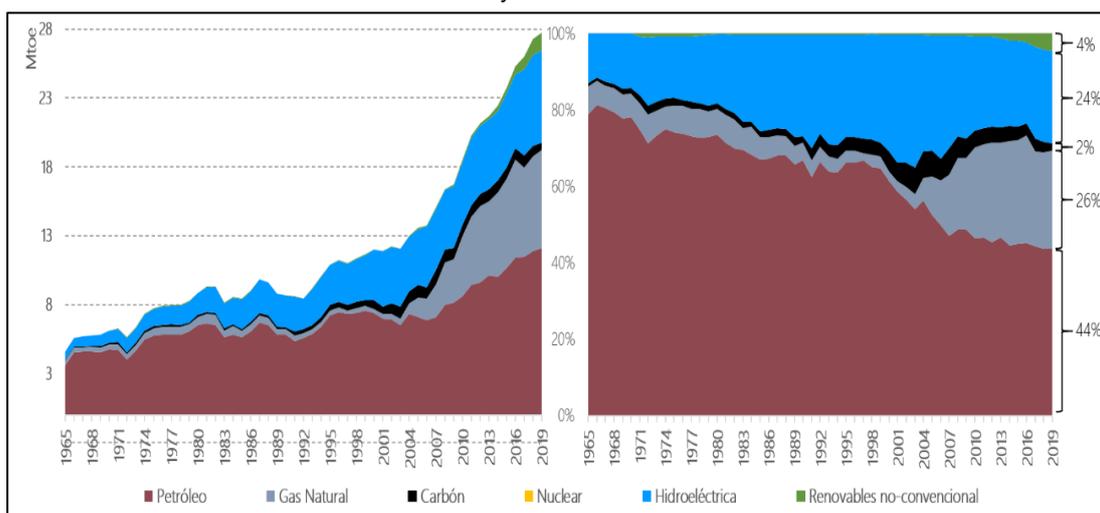
El gas si creció, tanto en participación en la matriz, como en su demanda en términos absolutos. Pasó de 3% (0.3Mtoe – 2000) a un enorme 26% el 2019 (7.1 Mtoe) y a una tasa de crecimiento media anual del 18% (Ver Figura 10).

Por el lado de las renovables, la hidroeléctrica se consolidó con una participación del 24% y las no convencionales en un 4% de la matriz energética. Ambos crecieron en términos absolutos, la hidroeléctrica a tasa de 3% por año, casi duplicando su demanda del 2000 al 2019 y las no convencionales de 0 a 1.3 Mtoe en el mismo periodo.

### Transición energética en Perú

La evolución de los usos de energía primaria está profundamente influenciada por factores estructurales y requiere profundas transformaciones de los sistemas socioeconómicos existentes (panel izquierdo de la figura 11). Los intentos de revertir estas inercias mediante mecanismos de fijación de precios por sí solos podrían resultar insuficientes. (12)

Figura 11. Evolución de la demanda de energía primaria del Perú (1965 -2019), en términos absolutos y relativos.



Fuente: BP (2020) Statistical Review of World Energy. (36)  
Elaboración: Edwin Quintanilla

La dependencia al petróleo, si bien su participación (términos relativos) ha disminuido del 79 % (año 1965) a 44% (año 2019); en términos absolutos la demanda se incrementó de 3.6 Mtoe (año 1965) a 12.1 Mtoe (año 2019), a tasa media anual de 2.26% (Ver Figura 11). El crecimiento fenomenal del gas y las renovables, solo han servido para abastecer la demanda adicional. Por tanto, la evolución de la energía primaria en el Perú sigue las tendencias mundiales, más que una transición energética, han sido adiciones energéticas.

En tanto, el Perú debe de tener un enfoque de sostenibilidad que contribuya a su desarrollo sostenible y una transición eficaz hacia un sistema energético más asequible, competitivo, eficiente, limpio y seguro. Las soluciones de transformación de la estructura y el sistema energético, no deben ser dogmáticos, sino, basados en la competitividad y el beneficio económico para la demanda. El gran reto, disminuir a cero, en términos absolutos, la demanda de petróleo.

### **2.2.3 Mercado del Gas Licuado de Petróleo (GLP)**

#### **Características**

El Gas Licuado del Petróleo- GLP es un combustible que proviene de la mezcla de dos hidrocarburos principales: el propano y butano y otros en menor proporción. Es obtenido de la refinación del crudo del petróleo o del proceso de separación del crudo o gas natural en los pozos de extracción. (13) Y cuyas principales características son las siguientes:

La composición suele ser del orden del 60% de butano y un 40% de propano

- Octanaje: 110
- Incoloro, inodoro (requiere odorante)
- No es tóxico, pero puede provocar asfixia.
- Es altamente inflamable, su combustión es muy rápida generando altas temperaturas.
- Relación volumétrica: 1 litro de GLP en estado líquido y 260 Litros en estado gaseoso

A una temperatura normal, el GLP es un gas y cuando se enfría o se somete a presiones moderadas, se transforma en un líquido. En este estado se puede transportar y almacenar con facilidad en contenedores de acero y aluminio. (13)

En estado gaseoso, es más pesado que el aire, por ello, en caso de fugas tiende ubicarse en superficies bajas.

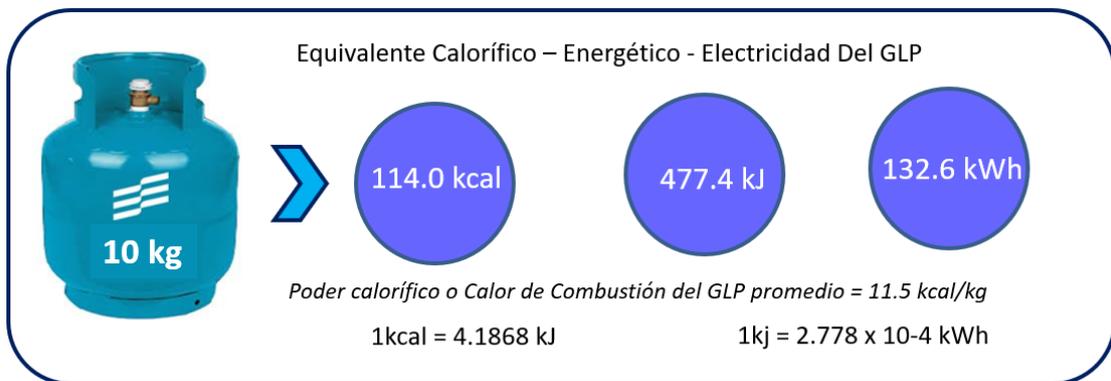
#### **Poder calorífico**

“El poder calorífico de un combustible es la cantidad de calor que se obtiene tras su combustión y cuya unidad se expresa en energía/medida. En otras palabras, por cada unidad de medida (kg, l, m<sup>3</sup>) se obtiene "X" cantidad de energía o calor (kWh, KJ, Kcal).” (14) Asimismo, cabe resaltar que las unidades de medida varían según el estado del combustible de la siguiente manera:

- Sólido: kWh/kg
- Líquido: kWh/kg o kWh/l
- Gaseoso: kWh/kg o kWh/Nm<sup>3</sup>\*
- \*Nm<sup>3</sup>: (metro cúbico normal) es el gas contenido en 1 m<sup>3</sup> a 0 °C

Para el caso del GLP, el poder calorífico promedio es de 11.5 kcal/kg (PCI: 10.938 kcal/kg y 11.867 kcal/kg). (15) De ahí para un cilindro de uso doméstico de gas licuado de petróleo GLP (10 kg), la cantidad de energía (o calor), capaz de liberar, es la que se indica en el siguiente esquema:

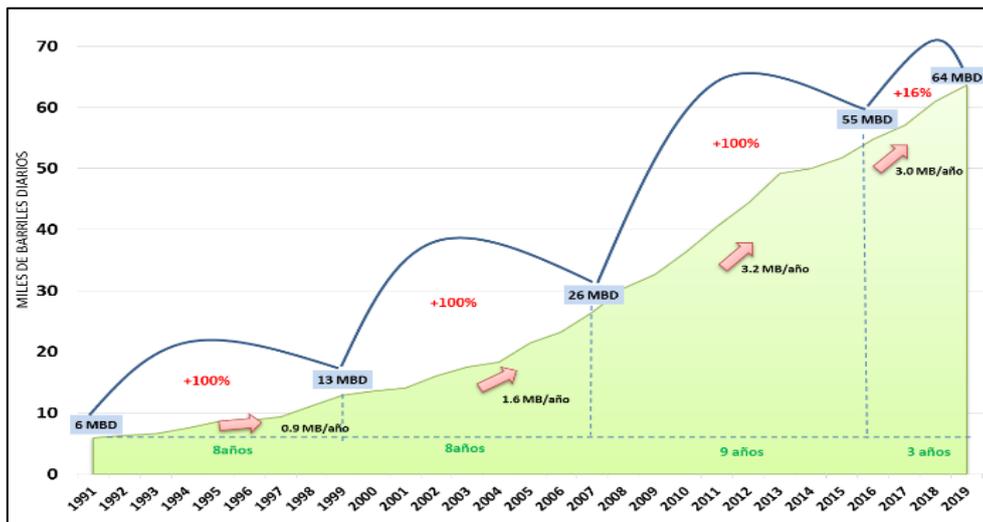
Figura 12. Equivalente de 10kg de GLP en energía calorífica y electricidad.



Fuente: GLP- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico- España. (15)  
Elaboración propia

## Demanda del GLP

Figura 13. Evolución de la demanda diaria de GLP - Perú



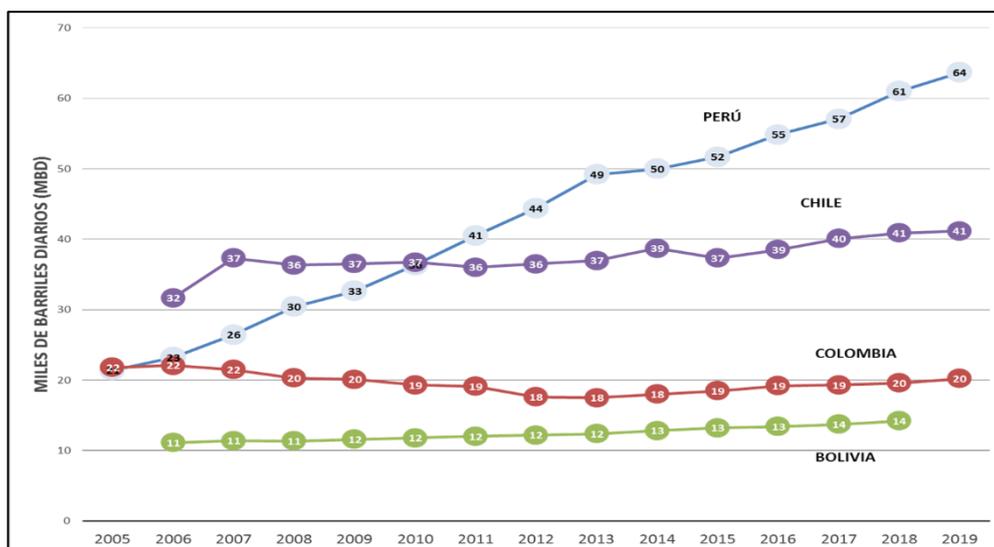
Fuente: Anuario Estadístico MINEM / SCOP Osinergrmin.  
Elaboración: GSE - Osinergrmin

La demanda de GLP ha crecido brutalmente en los últimos 20 años a tasas de 8%, duplicándose cada 10 años aproximadamente. Al 2019 el consumo promedio fue de 64 mil

barriles por día (MBD), 146% más que el 2007 (26 MBD) (Ver figura 13). El consumo se da básicamente en tres sectores marcados; sector comercial/industrial (28%), parque automotor (28%) y residencial (44%). Siendo este último el de mayor incidencia en el formidable crecimiento.

En la región, Perú es el país de mayor crecimiento los últimos 13 años, que pasó de 23 MBD en el 2006 a 64 MBD el 2019 con una tasa media anual del 8%. Superando a Chile que crece a 2% por año y cuyo consumo actual es alrededor de los 41 MBD, 9 MBD más que en el 2006. Similar es el crecimiento de Bolivia, 2% anual, y cuya demanda al 2005 era de 11 MBD y que actualmente se encuentra en los 14 MBD. El que si decreció fue Colombia, a una tasa media anual de -0.7% desde el 2005, pasando de 22 a 20 mil barriles por día al 2019 (Ver figura 14).

Figura 14. Demanda diaria de GLP - Países vecinos



Fuente: SEC Chile, ANH Bolivia, Gasnova Colombia, MINEM.  
Elaboración: GSE - Osinergmin

Tabla 4. Tasa anual compuesta de crecimiento de la demanda de GLP en el Perú

País	2006	2018	2019	ΔTasa Anual
Perú	23 MBD	61 MBD	64 MBD	8.19%
Chile	32 MBD	41 MBD	41 MBD	1.92%
Colombia	22 MBD	20 MBD	20 MBD	-0.73%
Bolivia	11 MBD	14 MBD	14 MBD	1.87%

Fuente: SEC Chile, ANH Bolivia, Gasnova Colombia, MINEM. Elaboración propia

En los escenarios futuros planteados por la Agencia Internacional de Energía (IEA), el GLP tiene un buen panorama por ser el producto de petróleo más limpio y amigable al medio ambiente al no contener azufre ni plomo; además, de su bajo contenido de carbono.

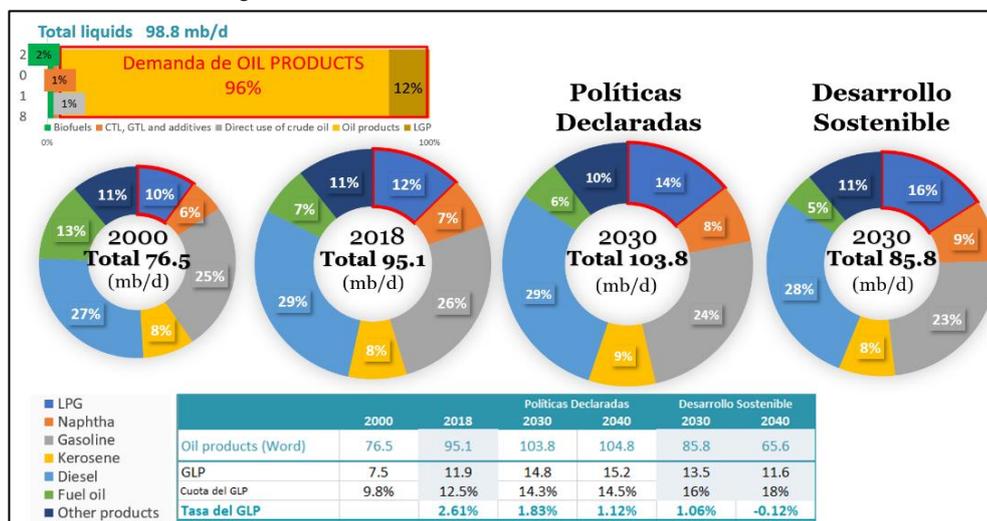
La demanda mundial total de combustibles líquidos al 2018 fue de 99 mb/d (millones de barriles por día), de los cuales el 96% son de productos de petróleo (95.1 mb/d) (Ver figura 15). El Diesel, la gasolina y GLP son los productos más importantes, con cuotas de participación del 29%, 26% y 12 % respectivamente. Siendo este último, el de mayor crecimiento medio anual en los últimos 18 años (2.61%).

En un escenario de políticas declaradas, el GLP continúa siendo el producto de petróleo con más crecimiento, a una tasa media de 1.83% por año hasta el 2030. En proporciones, crece 2 puntos porcentuales, pasando de 12% (12 mb/d) a 14% (15 mb/d) (Ver figura 15).

Y en un escenario de desarrollo sostenible, por ser el GLP un producto de petróleo amigable al medio ambiente, crece en proporción 4 puntos porcentuales del 2018 al 2030 con una tasa media anual del 1.06%. En este escenario, todos los productos caen su cantidad demanda a excepción del GLP, que pasa de 12 mb/d a 13.5 mb/d al 2030 (Ver figura 15).

Cocinar con una estufa de gas licuado de petróleo (GLP) utiliza alrededor de cinco veces menos energía que cocinar con el uso tradicional de biomasa en estufas ineficientes, por lo que, el uso de energía para cocinar se reduce a la mitad en todo el mundo en el período 2019-30. (16)

Figura 15. Escenarios futuros del GLP a nivel mundial



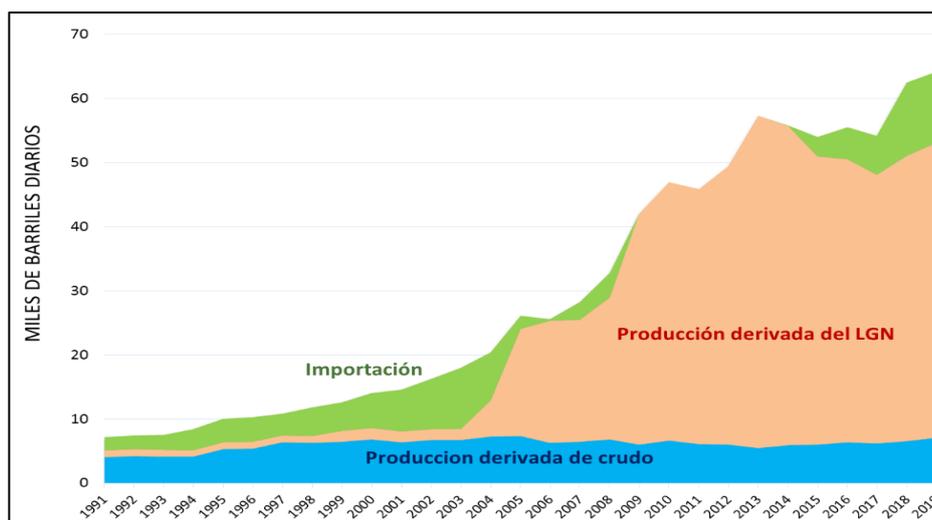
Fuente: IEA (2020) World Energy Outlook 2019. Elaboración: Propia

### Oferta del GLP

Por el lado de la oferta, hasta el 2004 la mayor parte del GLP era importado, 68% de la oferta total; y el resto, en su gran mayoría, una producción derivada del crudo. A la

llegada del gas natural, se empezó con la producción de GLP derivada de los líquidos de gas natural (LGN), cubriendo más del 80% de la oferta nacional entre el 2005 al 2014. Los últimos 5 años, el Perú volvió a importar GLP, con una actual participación del 9%. Esto debido, al aumento de la demanda y a la caída aproximada del 5% de la producción derivada del LGN (Ver figura 16).

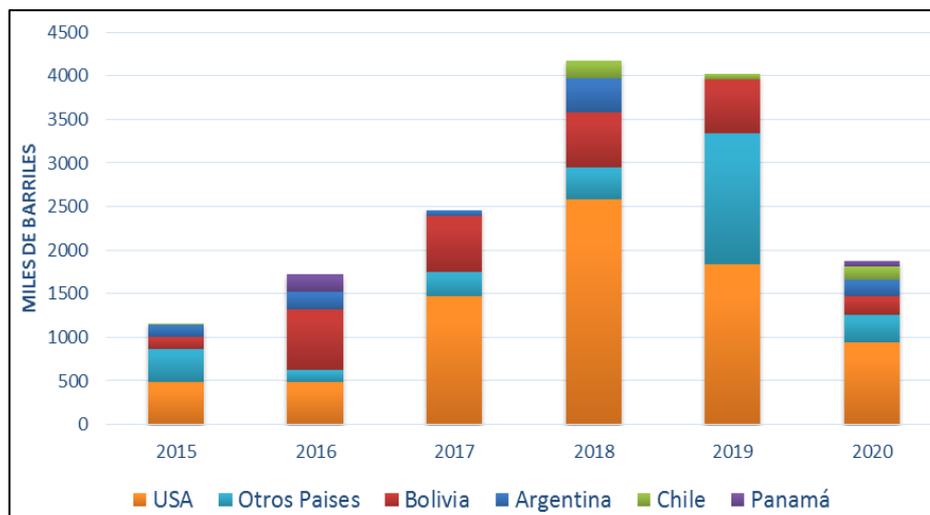
Figura 16. Oferta: Producción nacional e importación de GLP



Fuente: Anuario Estadístico MINEM. Elaboración: GSE - Osinermin

En el año 2019, alrededor de la mitad del GLP importado fue procedente de EE.UU. con 1800 MB. Si bien la importación cayó en 2% del año anterior (2018), el 2019 fue el segundo año consecutivo donde el Perú importó mayor cantidad de GLP de alrededor de 4000 MB. En la figura 17 se observa el comportamiento de las importaciones desde el 2015, año donde el Perú reanudó la importación de GLP y a mayor escala.

Figura 17. Procedencia de importación del GLP



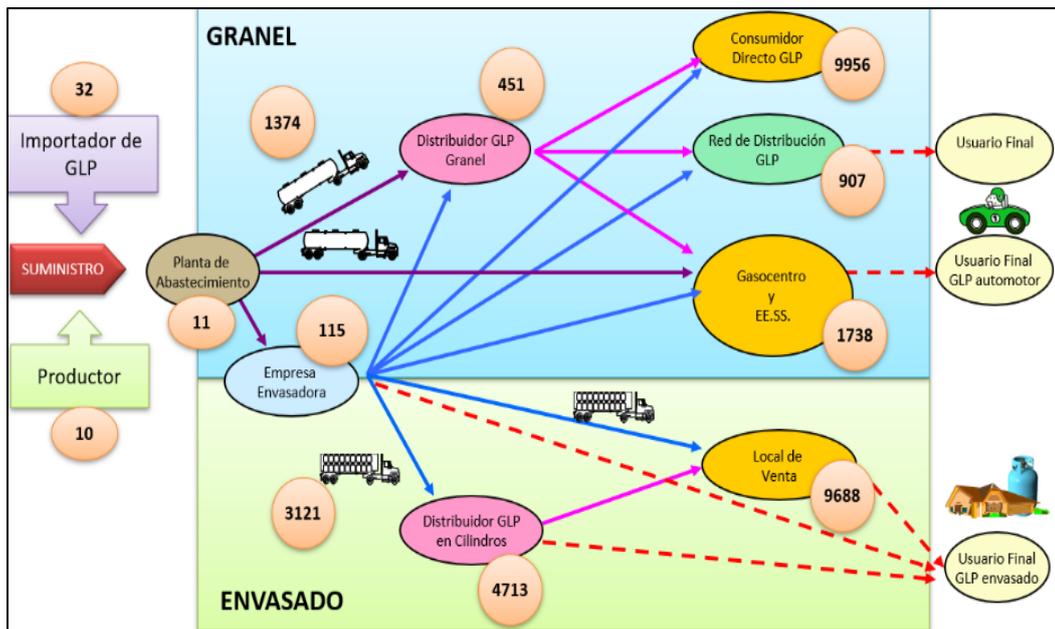
Fuente: SCOP Osinermin. Elaboración: GSE - Osinermin

## Agentes de la cadena de comercialización de GLP

Los productores procesan los hidrocarburos (sea este petróleo o Líquidos de Gas Natural) en las refinerías o plantas de fraccionamiento para producir propano, butano o una mezcla de ambos. Por su parte, los Importadores compran propano y/o butano en el mercado internacional, para almacenarlo, mezclarlo en sus instalaciones y luego comercializarlo como GLP en el mercado interno. De las plantas de abastecimiento, el GLP es llevado a las empresas envasadoras y distribuidoras de GLP (granel) con transporte a granel (Tanques).

De la planta envasadora, el transporte (Cilindros de GLP) abastece a los distribuidores de GLP (A cilindros), a locales de venta, gasocentros y estaciones de servicio, redes de distribución de GLP, consumidores directos de GLP y también a los distribuidores de GLP granel. Por parte de un distribuidor de GLP (granel) abastece también a gasocentros, Estaciones de servicio, redes de distribución y a consumidores directos de GLP como se muestra en el siguiente esquema.

Figura 18. Agentes de la cadena de comercialización de GLP.



Fuente: Registro de Hidrocarburos – Osinergmin. Elaboración: GSE - Osinergmin

Este importante mercado de GLP, tiene 32 114 agentes operativos divididos en tres tipos: agentes de suministro (116 unidades operativas), comercialización a granel (14 426 Unidades operativas) y comercialización en cilindros (17 522 unidades operativas), como se detalla en la tabla 5.

Tabla 5. Agentes de la cadena de comercialización del GLP 2020

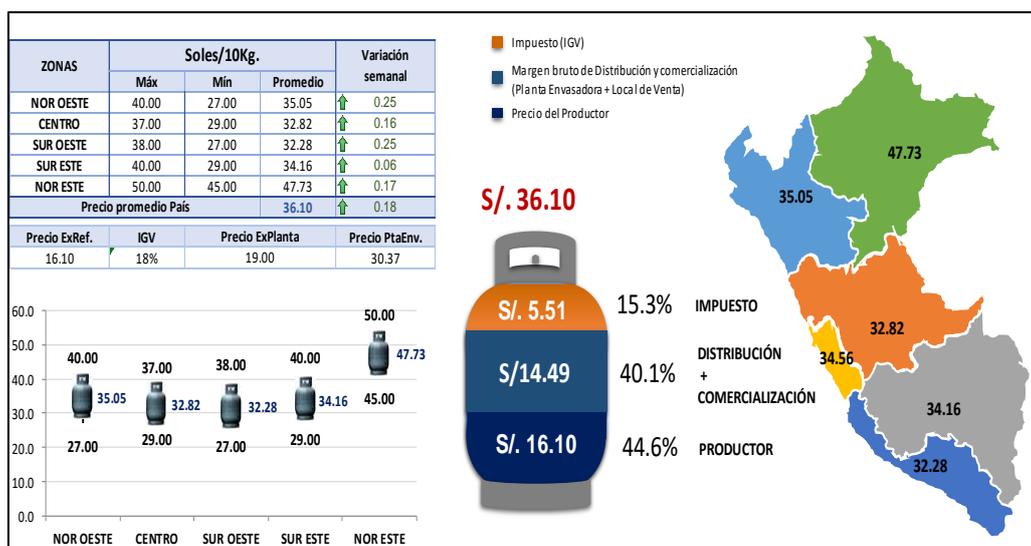
Tipo de agente	Unidades operativas
<b>AGENTES DE SUMINISTRO</b>	<b>166</b>
Productor de GLP	10
Importador de GLP	32
Planta de abastecimiento de GLP	9
Plantas envasadoras de GLP	115
<b>COMERCIALIZACIÓN A GRANEL</b>	<b>14426</b>
Estación de servicios con venta de GLP	1738
Consumidor directo de GLP	9956
Redes de distribución de GLP	907
Transporte de GLP a granel	1374
Distribuidor de GLP a granel	451
<b>COMERCIALIZACIÓN EN CILINDROS</b>	<b>17522</b>
Local de venta de GLP	9688
Transporte de GLP en cilindros	3121
Distribuidor de GLP en cilindros	4713
<b>TOTAL</b>	<b>32114</b>

Fuente: Registro de Hidrocarburos – Osinermin. Elaboración: GSE - Osinermin

### Precio del GLP envasado

El habitual uso del balón de GLP de 10kg en el sector residencial tiene precios diferenciados en cada región y zona del Perú. Encontrándose el precio más alto en la zona Noreste (Oriente), con un valor de s/ 47.73; y el precio más bajo en la zona Sur del Perú con un valor promedio de s/ 32.28 (Ver figura 19).

Figura 19. Precio del GLP envasado (Julio 2020)



Fuente: SCOP – Osinermin. Elaboración: GSE – Osinermin

La composición del precio del balón es de la siguiente manera: producción 44.6%, distribución y comercialización 44% y el impuesto alrededor de un 15%. Dando un precio promedio nacional de s/ 36 el balón de GLP de 10kg.

### Acceso al GLP

La evolución de la demanda del GLP ha sido extraordinaria, creciendo a tasas del 8% en los últimos 15 años; sin embargo, aún es un combustible no tan asequible y con un precio final volátil que puede subir o bajar en cualquier momento. Según ERCUE 2018, el acceso que tiene la población peruana al GLP es del 74%.

## 2.2.4 Mercado de Gas Natural

### Características

El gas natural es un combustible compuesto por un conjunto de hidrocarburos livianos, el principal componente es el metano (CH<sub>4</sub>). Se puede encontrar como “gas natural asociado” cuando está acompañando de petróleo, o bien como “gas natural no asociado” cuando son yacimientos exclusivos de gas natural. (17)

La composición del gas natural varía según el yacimiento que se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 6. Composición del gas natural

Componente	Nomenclatura	Composición (%)	Estado Natural
Metano	(CH <sub>4</sub> )	95,08	gas
Etano	(C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	2,14	gas
Propano	(C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	0,29	gas licuable
Butano	(C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	0,11	gas licuable
Pentano	(C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> )	0,04	líquido
Hexano	(C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )	0,01	líquido
Nitrógeno	(N <sub>2</sub> )	1,94	gas
Gas carbónico	(CO <sub>2</sub> )	0,39	gas

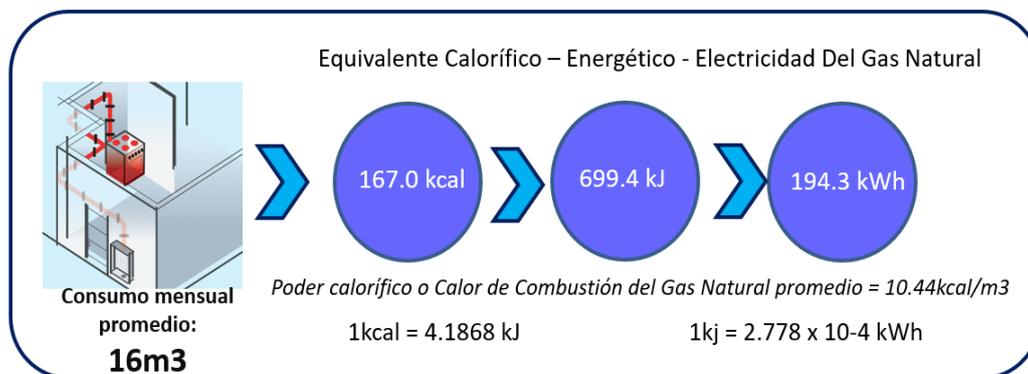
Fuente: MINEM – Preguntas frecuentes sobre el gas natural.

### Poder calorífico

Como se explicó anteriormente, el poder calorífico de un combustible es la cantidad de calor que se obtiene tras su combustión. Para el gas natural el poder calorífico promedio es de 10.44 kcal/m<sup>3</sup>. De ahí para un consumo promedio de gas en una residencia, cuyo

volumen es un promedio de 16m<sup>3</sup>, la cantidad de energía (o calor), capaz de liberar, es la que se indica en el siguiente esquema:

Figura 20. Equivalente de 16m<sup>3</sup> (Consumo promedio mensual) de Gas Natural en energía Calorífica y electricidad.



Fuente: Nortegas – España/Ercue 2018 – Osinergmin. Elaboración propia

### **Demanda del Gas Natural**

Desde ya 15 años, se inició la explotación del gas natural en Camisea, la demanda de dicho combustible creció enormemente a tasa media anual de más de 24%, consolidándose con una participación del 26% en la matriz energética peruana el 2019.

Al inicio, el 68% de la demanda de gas se concentraba en la generación eléctrica y el restante en la industria, sin ninguna participación del sector residencial. El 2010, con el inicio de la exportación desde Pampa Melchorita (52% del consumo total), la puesta en operación comercial de la distribuidora Calidda (1%) y el uso del GNV (4%) en el parque automotor, se diversificó los puntos finales de consumo de gas natural (Ver figura 21).

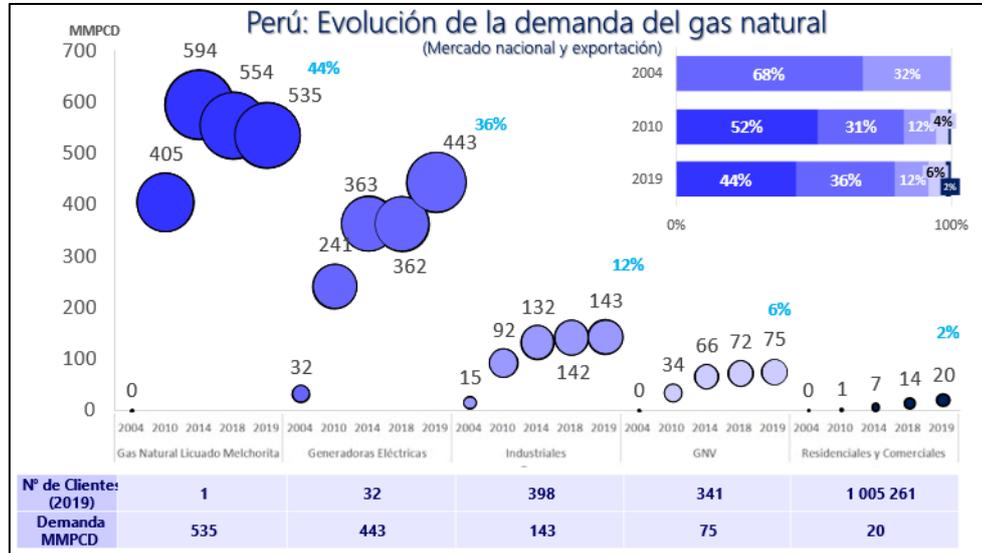
El 2019, 535 MMPCD (44%) de gas natural se destinó a la exportación, disminuyendo en 8 puntos porcentuales en comparación al 2010, a una tasa media anual de -0.7%. Caso contrario con la demanda de los generadores eléctricos, que tienen una participación del 36% subiendo 5 puntos porcentuales en referencia al 2010, con una tasa de crecimiento anual de 1.3% (Ver figura 21).

Aquello permitió una mejora en la eficiencia energética de las centrales de ciclo combinado del sector eléctrico. En consecuencia, han propiciado un cambio estructural en los sistemas productivos de muchas industrias y en la vida cotidiana de un gran número de hogares.

Sin embargo, si se desea incrementar el consumo de gas natural como uso final en el sector residencial, los números no son tan viables. Pasado ya 15 años y con 4 concesiones activas para la distribución de gas natural en la costa peruana, solo 1 005 261

tiene acceso al gas natural y su consumo en conjunto es alrededor de los 20 MMPCD, 2% del total de la demanda, 1 punto porcentual más que el 2010 (Ver figura 21).

Figura 21. Demanda del gas natural de Perú por sectores 2004 -2019



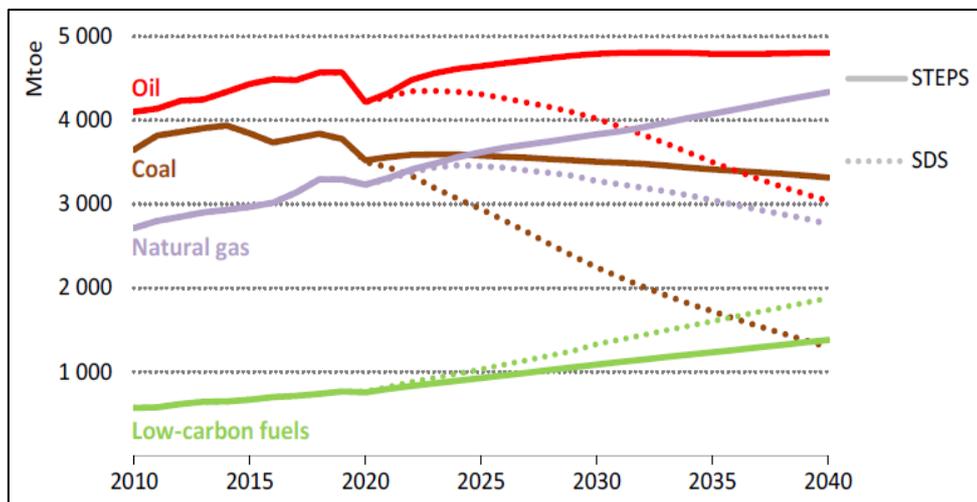
Nota: MMPC = Millones de pies cúbicos

Fuente: Osinermin (2020) Indicadores de gestión del mercado de gas natural.

Elaboración: GSE - Osinermin

### Escenarios futuros del gas natural

Figura 22. Escenarios futuros del Gas Natural - Oferta (2010-2040)

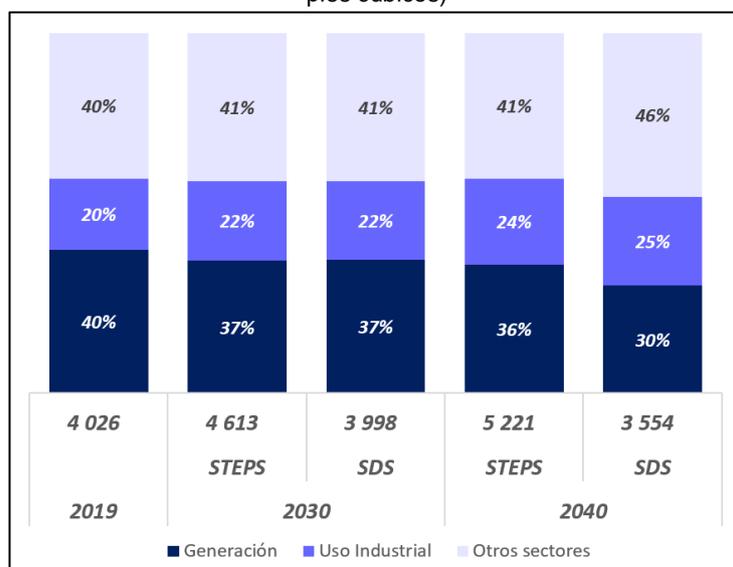


Fuente: IEA, World Energy Outlook 2020

Según la Agencia Internacional de Energía (EIA) en su reciente publicación World Energy Outlook 2020, el gas natural continuará en la senda del crecimiento a tasa anual de 1.23% en los 20 años en el escenario más probable (Políticas Declaradas - STEPS). En un escenario más ambientalista (Desarrollos Sostenible SDS), el gas natural cae a tasa media anual de -0.6%, a valores muy por debajo del actual. (16)

El sector que más consume el gas natural es la generación de electricidad desde siempre. Actualmente tiene una participación de un 41% del total de la demanda y que en un escenario de políticas declaradas (STEPS) cae en 4% para el 2040 y en 10% en el escenario de desarrollo sostenible (SDS). En gran medida por el reemplazo por el inmenso crecimiento de las fuentes renovables, en principal por la fotovoltaica. (16)

Figura 23. Escenarios futuros del gas natural - Demanda (billón de pies cúbicos)



Fuente: IEA, World Energy Outlook 2020. Elaboración propia

### Oferta de gas natural

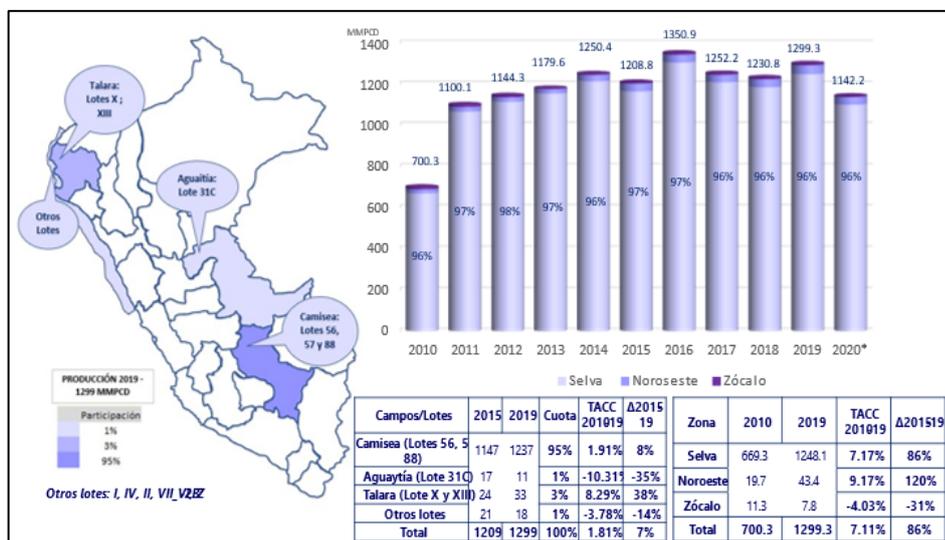
La oferta actual de gas natural se encuentra en 1300 millones de pies cúbicos día (MMPCD), creciendo a tasas del 7% desde el 2010. En donde la participación de Camisea es ampliamente mayoritaria, con el 96% del total. La zona de Camisea incluye cuatro lotes, tres en explotación y uno en exploración. En explotación tenemos el Lote 88, operado bajo licencia por Pluspetrol, ubicado en el departamento de Cusco, el cual incluye los yacimientos San Martín y Cashiari; el Lote 56, también operado bajo licencia por Pluspetrol, ubicado en el departamento de Cusco, el cual incluye los yacimientos de Pagoreni y Mipaya; y el Lote 57, operado por Repsol y CPNC, ubicado entre los departamentos de Cusco, Ucayali y Junín, el cual incluye los pozos Kinteroni, Mapi y Mashira. El Lote 58 está en exploración y se encuentra en el departamento de Cusco, operado por la empresa CNPC. Los cuales en conjunto tienen una cuota del 95% de producción de gas natural, creciendo a tasas del 2% por año. (18)

La producción restante del 5% está cubierta por los yacimientos de Aguaytía y por los zócalos de la costa.

El yacimiento de Aguaytía ubicado en el Lote 31C (provincia de Curimaná, departamento de Ucayali), está actualmente operado por Aguaytía Energy. La representación de mencionado lote es el 1% de la oferta total, decreciendo a tasas de -10% por año.

En el caso de los yacimientos de la costa y el zócalo Norte se encuentran en la cuenca petrolera de los departamentos de Piura y Tumbes. Los cuales son operados de la siguiente manera: Lote I (GMP), Lote II (Petrolera Monterico), Lotes VI y VII (Sapet Development Perú Inc), Lote X (Petrobas Energía del Perú), Lote XIII (Olympic Perú Inc) y el Lote Z-2B (Petrobech). Los cuales representan el restante 4% de la oferta, creciendo a tasa de 3% por año.

Figura 24. Producción fiscalizada de gas natural por zonas.



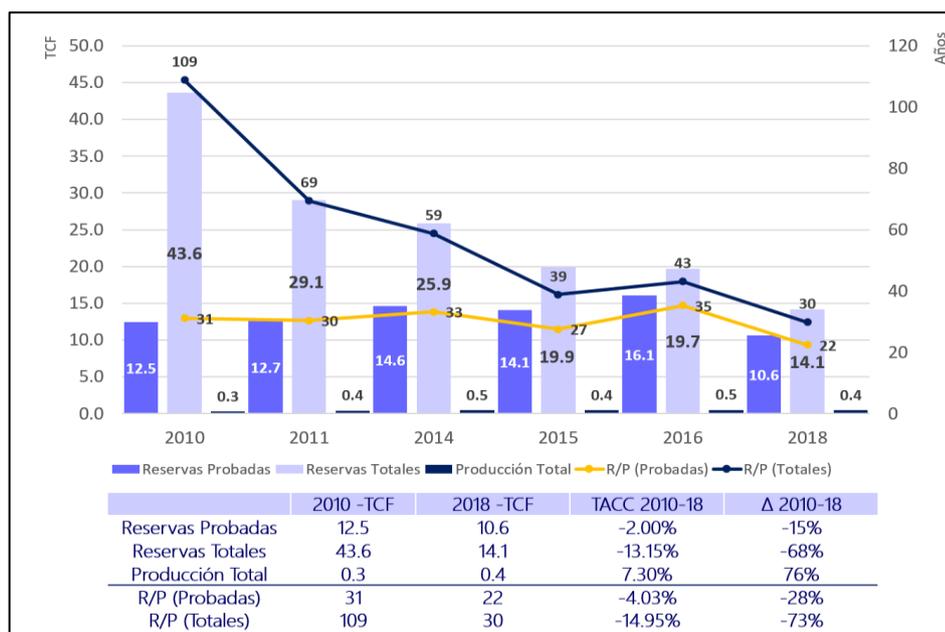
Fuente: Perupetro. Elaboración propia

### Reservas de gas natural

Las reservas probadas de gas natural se han estimado en 10.6 TCF (trillones de pies cúbicos) que comparadas con el 2017 disminuyen en 2.271 TCF. Del total, 10.033 TCF corresponde a la zona selva sur, 0.134 TCF corresponden a la selva central 0.354 TCF a costa y 0.083 TCF al zócalo. (19)

La relación R/P (Recursos/Producción), de la figura 25, muestra cuánto tiempo durarán las reservas probadas y totales a la tasa de producción actual sin que haya adiciones en ellas, o por lo menos la reposición de las cantidades. Para este último año el Perú tiene una relación R/P de aproximadamente 22 años con relación a las reservas probadas, y 30 años en relación a las reservas totales. Aquello evidencia que el energético de transición estará disponible por lo menos para las siguientes próximas 2 décadas. (19)

Figura 25. Relación R/P de las reservas totales y probadas de gas natural



Fuente: MINEM (2020) – Libro anual de recursos hidrocarburos 2019.  
Elaboración: GSE - Osinergmin

### Distribución y comercialización en el mercado local

Actualmente hay cuatro concesionarias activas en las regiones de la costa para la masificación del gas en el sector residencial; sin embargo, el índice de masificación aún está por debajo del 50%.

La empresa Cálidda que opera desde agosto de 2004, 15 años después aún no alcanza el 100% de avance de masificación previsto, a pesar de tener cerca al City Gate de Lurín. Actualmente tiene a 983 887 usuarios en su concesión Lima y Callao, el cual representa el 42.95% de avance de masificación.

Contugas tiene por concesión a Ica con un actual 61 824 usuarios conectados, presenta un discreto 32.56% de avance de masificación. Al igual que Cálidda, a pesar de tener cerca al City Gate, pasado ya 5 años desde su puesta en operación comercial en abril de 2014 aún no alcanza el 100% de masificación.

Quavii y Naturgy son concesiones nuevas que entraron en operación comercial en diciembre de 2017. A diferencia de Cálidda y Contugas, no tienen cerca al City Gate, por lo que se debe llevar el gas natural por transporte virtual en forma líquida para después ser re-gasificadas en sus zonas de concesión correspondiente.

Quavii tiene por concesión a Ancash, La Libertad, Cajamarca y Lambayeque con un actual 112 605 usuarios conectados, que representa el 16.59% de avance de masificación. Por último, Naturgy es la concesión que menor usuarios conectados tiene (12

866) en Arequipa, Moquegua y Tacna, con un pobre avance de masificación de 2.9% (Ver figura 26).

Figura 26. Distribución y comercialización de gas natural

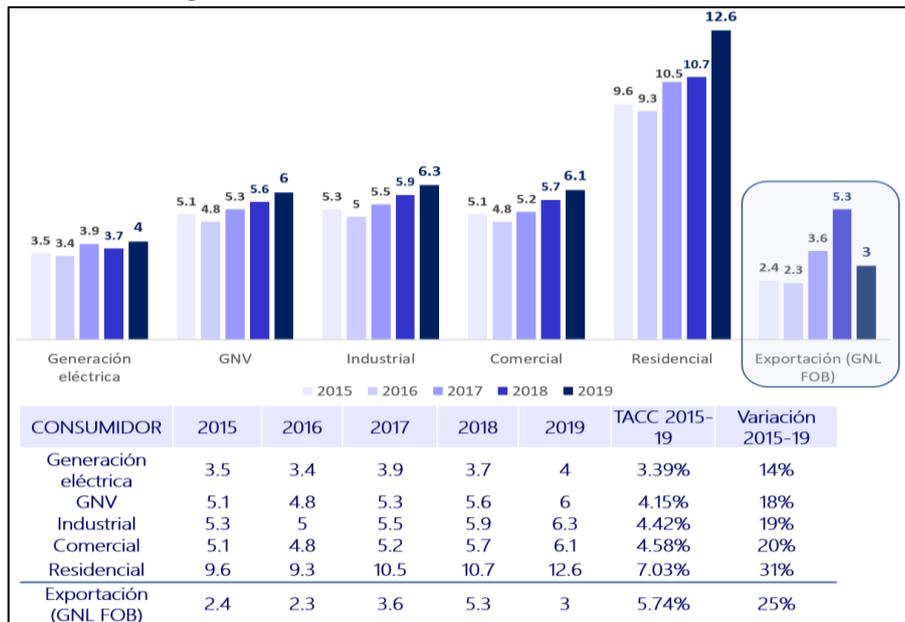


Fuente: Calidda, Naturgy, Quavii, Contugas. Elaboración: GSE-Osinergmin y promigas

### Tarifas de gas natural

El precio final del gas natural es la suma de los precios a boca de pozo de la molécula, más tarifa por el servicio de transporte, más la tarifa única de distribución. En la siguiente figura se muestra las tarifas a usuario final en US\$/MMBTU.

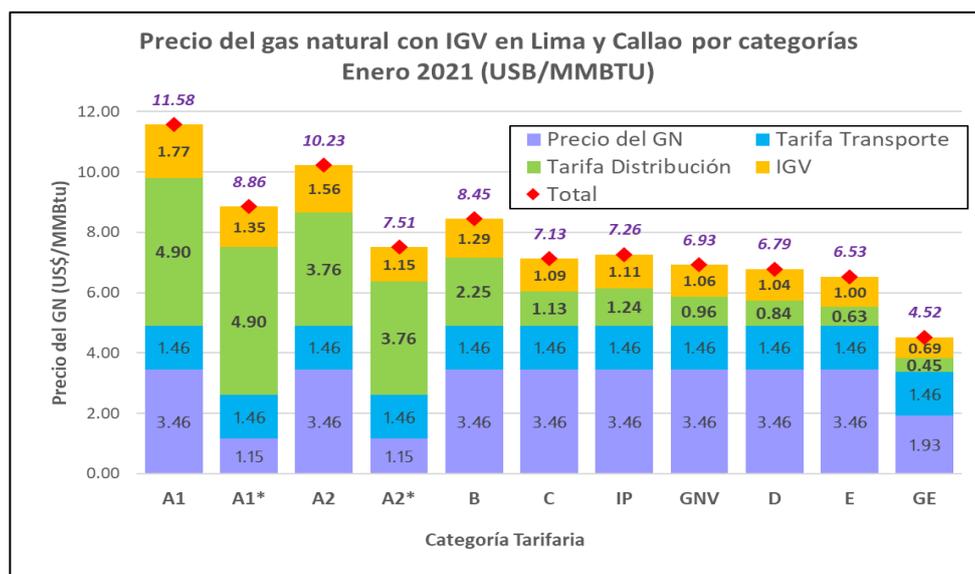
Figura 27. Tarifa a usuario final de GN en US\$/MMBTU



Fuente: Osinermin - pliegos tarifarios de Calidda, GNL (Sunat y Perú LNG).  
Elaboración: Promigas

A pesar de los subsidios y los precios promoción del gas en boca de pozo para el consumo residencial, aún sigue siendo el sector con la tarifa más cara. Esto debido más que nada, al alto costo de distribución y a la barrera de ingreso. El precio de distribución a enero de 2021 para el sector residencial (A1) fue de 4.90 US\$/MMBtu, la más cara de todos los sectores y que representa el 42% del precio final (Ver figura 28).

Figura 28. Precio del gas natural con IGV en Lima y Callao por categorías



\*Descuento del 62.76% del precio del gas natural en boca de pozo a los primeros 100,000 clientes, hasta por un consumo máximo de 1,500 m3

Fuente: Osinergmin (enero 2021) - pliegos tarifarios de Cálidda. Elaboración: Propia

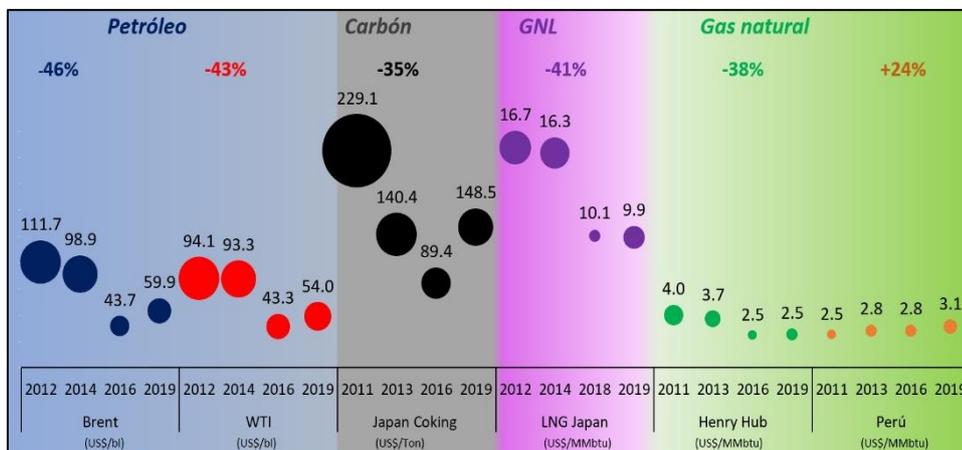
La tarifa residencial de gas natural en los últimos 5 años ha subido, más que otros sectores a tasa anual compuesta de 7%. Si continua a este ritmo, el precio de gas natural para el usuario residencial final será más caro que el GLP.

Sin duda, el gas natural es un energético fundamental para el Perú, con precios en boca de pozo similares al Henry Hub de Estados Unidos, que permiten que los costos marginales de electricidad se reduzcan enormemente (Ver figura 29). Las centrales a gas natural (Ciclo combinado) se han vuelto muy competitivas con precios de generación menores a las de las hidroeléctricas. De igual modo, los precios finales para grandes industrias (Categoría D y E) y para el parque automotor (GNV) son competitivos frente a otros combustibles como el Diesel, GLP, gasolina y/o el petróleo. Permitiendo su ingreso a mentados mercados por competencia y no por dogmatismo.

No se puede decir lo mismo para el ámbito residencial, como ya se mencionó, a pesar de los grandes esfuerzos de masificación con subsidios y precios promoción, los índices no avanzan pasado ya 15 años. Esto no se da porque el gas en sí sea caro, si no,

por el alto precio (subsidiado) de distribución y la barrera de ingreso de alrededor de s/ 2000 que se hace para que el gas llegue a la vivienda residencial. De ahí que se plantea, buscar otros vectores energéticos más eficientes y competitivos para el usuario residencial.

Figura 29. Reducción de costos de energía nivel global y local

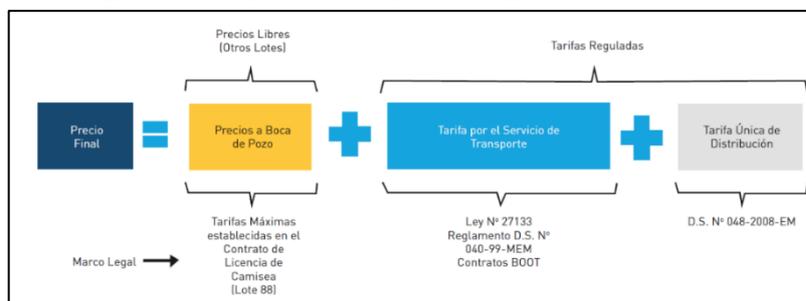


Fuente: BP (2020) Statistical Review of World Energy; Energy Information Administration EIA. Elaboración: Edwin Quintanilla

### Componentes del precio del gas de Camisea

El precio final del gas natural al usuario es la suma del precio de GN a boca de pozo, más las tarifas de servicio de transporte y de distribución como se ilustra en el siguiente esquema:

Figura 30. Componentes del precio del gas natural de Camisea



Fuente: Osinergmin (2014). Elaboración: OEE - Osinergmin

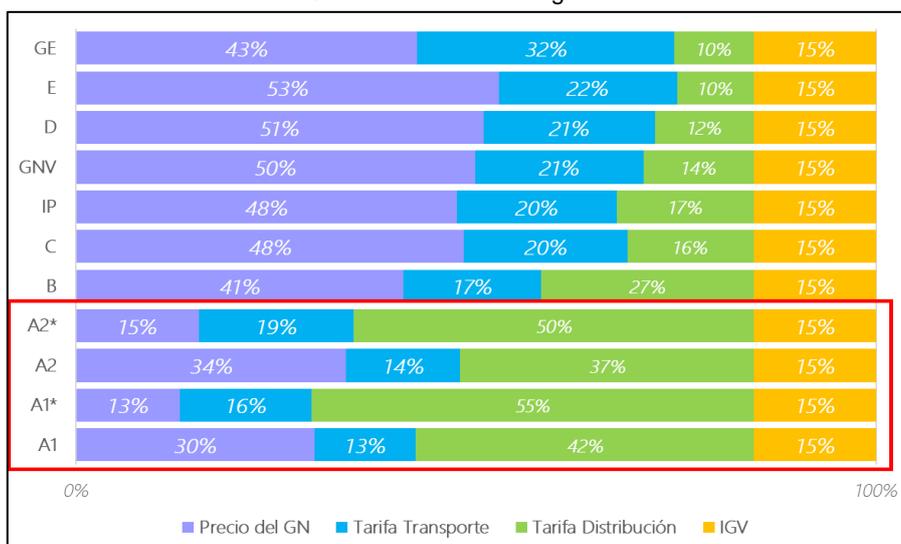
El precio de GN en boca de pozo, de acuerdo con el artículo 77° de la Ley Orgánica de Hidrocarburos, el precio de los hidrocarburos se rige por la oferta y la demanda; es decir, no se encuentra regulado. Así, los precios del GN que se extraen de los yacimientos de la Costa Norte y de Aguaytía son fijados por las propias empresas que los explotan. Sin embargo, para el caso del GN extraído del Lote 88 de Camisea, el precio en boca de pozo se encuentra sujeto a topes máximos establecidos en el contrato de licencia de explotación firmado entre el Consorcio Camisea y el Estado peruano. De acuerdo con dicho contrato, el precio base máximo para los generadores eléctricos es US\$ 1.0 MMBTU, con el objetivo de promover el uso del gas en el sector eléctrico, mientras que para los demás clientes es

US\$ 1,8 por MMBtu. Ambos precios se encuentran afectados a la aplicación de una fórmula de actualización. (18)

Según las normas vigentes, las tarifas de la red principal del sistema de transporte de Camisea se determinan según el concepto de costo medio a largo plazo, el cual se obtiene como el cociente del costo del servicio del proceso de licitación de la concesión y la demanda total del periodo de evaluación. Para este propósito se considera el criterio de valores actualizados a una tasa de descuento de 12% anual. La determinación de la tarifa se basa en mantener el equilibrio económico-financiero de la empresa concesionaria, por lo que se busca que los ingresos estimados sean iguales a los costos de la empresa a lo largo de la vida del proyecto, siendo esto una aproximación del costo medio a largo plazo. (18)

El marco regulatorio de la distribución ha estado orientado a garantizar el equilibrio económico financiero del operador mediante tarifas de distribución de GN. Se tuvo como objetivo que los precios finales del GN representaran un ahorro significativo frente al sustituto más cercano en cada uno de los sectores abastecidos. El esquema de regulación de la distribución de GN por red de ductos trata de ajustar los ingresos tarifarios a los costos regulados de la empresa concesionaria y, con ello, busca garantizar el equilibrio económico-financiero de la empresa. El proceso de fijación de tarifas en la distribución de GN comprende dos etapas: en la primera se determina el nivel que permite garantizar el equilibrio económico-financiero de la empresa regulada, mientras que en la segunda se realiza la asignación del nivel de las tarifas a cada una de las categorías tarifarias que se han definido. (18)

Figura 31. Participación de los precios de GN, transporte, distribución e IGTV en la tarifa final de gas natural



Fuente: Osinergmin (enero 2021) Pliegos tarifarios. Elaboración propia

Como se aprecia en la figura 31, para el ámbito residencial (categoría A1), el 30% corresponden al precio del gas natural en boca de pozo (Punto de salida del gas), el 13% corresponden al precio de transporte, el 42% corresponden al precio de distribución y el 15% al impuesto general a las ventas (IGV). Resaltando de esta forma, que el precio para un usuario residencial es caro, debido al alto precio de distribución.

A esta tarifa, se agrega la barrera de ingreso, monto que debe pagar un usuario residencial al momento de migrar a una tecnología de cocción a gas natural, el cual comprende el derecho de conexión, la acometida y el servicio integral de instalación.

### Barrera de ingreso

Figura 32. Resumen de los componentes de la barrera de ingreso a la cocción con gas natural

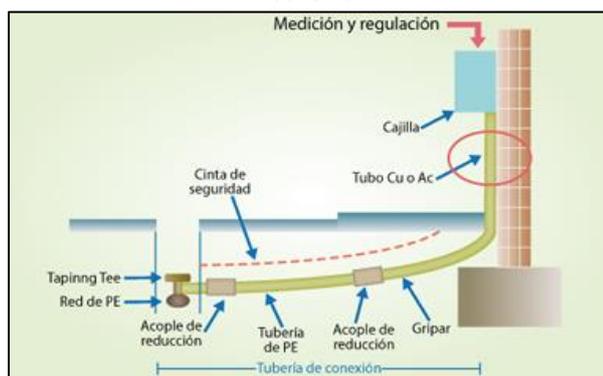
DC	AC-m/e	AC-m/c	SIII-E	SIII-V
S/ 205.51	S/460.52	S/576.67	S/1067.90	S/969.64

Fuente: Osinergmin (2017) Pliegos tarifarios.

**Derecho de conexión (DC):** Es aquel que adquiere el interesado para acceder al suministro de gas natural dentro del área de concesión, mediante un único pago obligatorio y no reembolsable. Este monto es regulado por Osinergmin. (20)

Este valor incluye el costo de la tubería de conexión, la misma que se muestra en el gráfico siguiente:

Figura 33. Instalaciones que comprende el derecho de conexión



Fuente: <http://www2.osinerg.gob.pe/pagina%20osinergmin/gas%20natural/contenido/img/tuberia-de-conexion.png>

**Acometida (AC):** Es el elemento de la conexión domiciliar que une la tubería de conexión con la red interna del domicilio del consumidor y permite controlar y medir el flujo del gas natural. El monto también es regulado por Osinergmin.

Se tiene dos casos de acometida:

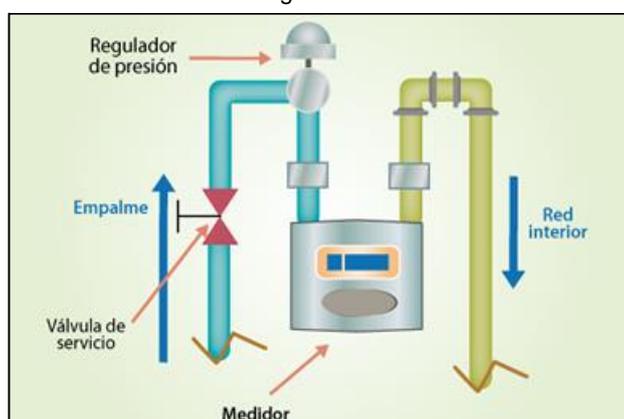
AC-m/e - Acometida sobre muro existente: El monto de esta acometida es menor porque la vivienda cuenta con un muro óptimo para colocar el medidor correspondiente.

AC-m/c - Acometida muro construido: El monto es mayor porque la vivienda no cuenta con muro óptimo y se debe de acondicionar uno para la colocación del respectivo medidor.

La acometida tiene como componentes: el medidor, los equipos de regulación, la caja de protección, los accesorios y las válvulas de protección.

El gráfico siguiente muestra los componentes de la acometida.

Figura 34. Componentes de la acometida para el servicio de gas natural



Fuente: <http://www2.osinerg.gob.pe/pagina%20osinergmi/n/gas%20natural/contenido/img/acometida.png>

**Servicio Integral de Instalación Interna (SIII):** Se refiere a la conexión domiciliaria de la red interna del domicilio del consumidor. Además, comprende la adecuación de la cocina, la capacitación del usuario y la elaboración del expediente administrativo. Al igual que la acometida, existen dos casos:

SIII(E): Cuando la tubería de la instalación interna es empotrada, por lo que el monto es un tanto mayor que la SIII (V).

SIII(V): Cuando la tubería de la instalación interna está a la vista (No empotrada). El monto es menor al SIII(E).

Ambos costos pueden ser financiados con el programa BonoGas del Fondo de Inclusión Social Energético – FISE.

El BonoGas busca promover el uso de gas natural en las viviendas a través de un financiamiento para la construcción de la instalación de gas natural con un punto para la cocina. Solo pueden acceder al BonoGas aquellas personas que sus viviendas cumplan con los siguientes requisitos:

Redes de tuberías de gas natural frente al predio (redes de gas natural residencial cercanas).

Viviendas calificadas dentro de los estratos medio, medio bajo y bajo según el plano estratificado a nivel de manzana por ingreso per cápita del hogar elaborado por el INEI.

El financiamiento que brinda el BonoGas es del 100% para la construcción de la instalación interna. En el caso de Ica, el financiamiento también incluye el costo por el derecho de conexión y construcción de la acometida. Asimismo, dependiendo del estrato en el que se ubique la vivienda, el usuario deberá realizar la devolución de un porcentaje, a través de su recibo de consumo de gas natural. (21)

La devolución se realizará de la siguiente forma:

- Estrato bajo: 0% devolución
- Estrato medio bajo: 25% devolución
- Estrato medio: 50% devolución

El BonoGas es financiado por el FISE, quien le paga directamente a la empresa instaladora, que elija el beneficiario, por el concepto del financiamiento.

Cabe resaltar que, para los demás casos o estratos económicos, el costo es de libre mercado.

Figura 35. Costos del SIII de GN para el usuario residencial (2017)

Vivienda que cuenta con muro (pared)					Vivienda que no cuenta con muro (pared)				
Instalación interna empotrada					Instalación interna empotrada				
Estrato socio económico*	Costo total	Descuento		Pago del usuario	Estrato socio económico*	Costo total	Descuento		Pago del usuario
		Promoción**	Bonogas***				Promoción**	Bonogas***	
Medio	S/1733.93	S/666.03	S/533.95	S/533.95	Medio	S/1850.08	S/782.18	S/533.95	S/533.95
Medio bajo	S/1733.93	S/666.03	S/800.93	S/266.98	Medio bajo	S/1850.08	S/782.18	S/800.93	S/266.98
Bajo	S/1733.93	S/666.03	S/1067.90	S/0.00	Bajo	S/1850.08	S/782.18	S/1067.90	S/0.00
Instalación interna a la vista					Instalación interna a la vista				
Estrato socio económico*	Costo total	Descuento		Pago del usuario	Nivel socio económico*	Costo total	Descuento		Pago del usuario
		Promoción**	Bonogas***				Promoción**	Bonogas***	
Medio	S/1635.67	S/666.03	S/484.82	S/484.82	Medio	S/1751.82	S/782.18	S/484.82	S/484.82
Medio bajo	S/1635.67	S/666.03	S/727.23	S/242.41	Medio bajo	S/1751.82	S/782.18	S/727.23	S/242.41
Bajo	S/1635.67	S/666.03	S/969.64	S/0.00	Bajo	S/1751.82	S/782.18	S/969.64	S/0.00

En soles incluido I.G.V.  
 (\*) Estratos socioeconómicos establecidos por el INEI como Medio, Medio bajo y Bajo.  
 (\*\*) Descuento de promoción fijado por Osinermin.  
 (\*\*\*) Descuento del Fondo de Inclusión Social Energético (FISE).

Fuente: Osinermin (2017) Precios del Gas Natural. (35)

El costo de conexión para beneficiarios del bonogas en el 2017 fue alrededor de s/ 1800, monto astronómico, casi imposible pagar para un usuario con estrato económico medio e imposible para uno medio bajo y bajo.

Los descuentos de promoción y el bonogas, ayudan enormemente para que dicha cifra astronómica sea accesible al usuario. El descuento de promoción para todos los estratos ayuda aproximadamente lo que se muestra en la siguiente tabla 7.

Tabla 7. Porcentaje de descuento (Promoción y Bonogas) del costo final del SIII.

Estrato económico	Porcentaje de subsidio del costo final		Pago total que el usuario realiza del costo final
	Promoción	Bonogas	
Medio	42%	29%	29%
Medio bajo		44%	15%
Bajo		58%	0%

Fuente: Osinergmin (2017) Precios del gas natural.  
Elaboración: Propia

En la actualidad, los costos para Lima, Callao e Ica, según el tipo de instalación interna, se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Costo máximo del servicio integral de instalación interna en soles con IGV

Tipo de Instalación Interna	1 punto de Suministro	2 puntos con Suministro	3 puntos con Suministro
Empotrado	S/ 1294.68	S/ 1704.69	S/ 2100.35
A la vista	S/ 1163.26	S/ 1545.10	S/ 1911.16

Fuente: Resolución de Consejo Directivo N° 065-2021-OS/CD.

Dependiendo del estrato en el que el usuario residencial se encuentre, la devolución será:

- Estrato bajo: financiados al 100%, sin devolución.
- Estrato medio bajo: financiados al 100%, con devolución del 25% a través del recibo del consumo de gas natural.
- Estrato medio: financiados al 100%, con devolución del 50% a través del recibo del consumo de gas natural.

El pago de la devolución se divide en cuotas máximas mensual durante 10 años para los estratos económico medio y medio bajo, como se muestra en las siguientes tablas 9 y 10.

Tabla 9. Cuota máxima mensual - Financiamiento en 10 años para Lima y Callao

Estrato/Devolución	1 punto de Suministro (Cocina)	2 puntos con Suministro (Cocina + artefacto a gas*)	3 puntos con Suministro (Cocina + artefacto a gas*)
Medio (50%)	S/ 5.40	S/ 7.11	S/ 8.76
Medio Bajo (25%)	S/ 2.70	S/ 3.56	S/ 4.38

Fuente: Resolución de Consejo Directivo N° 065-2021-OS/CD.

Tabla 10. Cuota máxima mensual - Financiamiento en 10 años para Ica

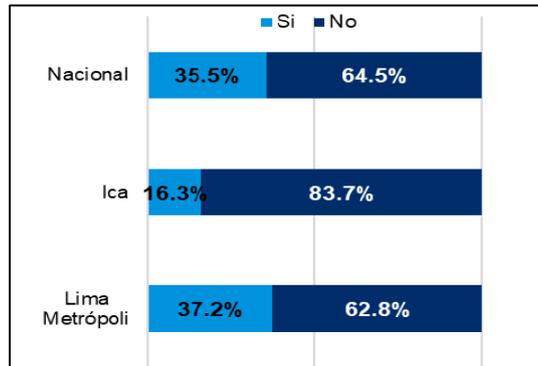
Estrato/Devolución	1 punto de Suministro (Cocina)	2 puntos con Suministro (Cocina + artefacto a gas*)	3 puntos con Suministro (Cocina + artefacto a gas*)
Medio (50%)	S/ 8.56	S/ 10.37	S/ 12.11
Medio Bajo (25%)	S/ 4.28	S/ 5.18	S/ 6.06

Fuente: Resolución de Consejo Directivo N° 065-2021-OS/CD.

### Acceso al programa bonogas

Alrededor de un tercio de los hogares que usan GN a nivel nacional son beneficiarios del Bonogas. En términos relativos, Lima Metropolitana registro un ratio de beneficiarios 1.3 veces mayor al de la región Ica.

Figura 36. Porcentaje de beneficiarios del Bonogas

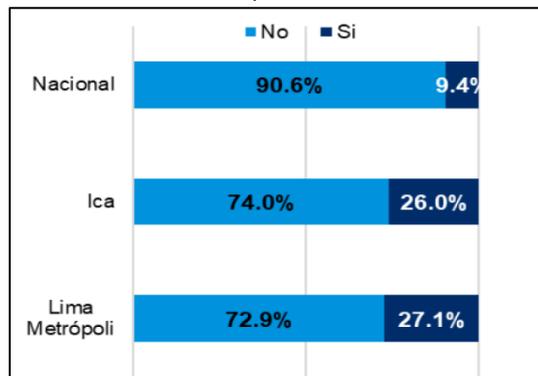


Fuente: Osinergmin (2018) ERCUE 2018

### Acceso al gas natural

Ha habido un avance significativo de acceso al gas natural para cocción a nivel nacional, pasando del 4% al 9.4% en el periodo 2014-2018. Sin embargo, no es suficiente. A 7 años de la primera conexión residencial, Ica ha registrado una cobertura de este servicio del 26 %. En Lima Metropolitana, 14 años después de que la concesionaria Cálidda se ponga en operación comercial, solo ha alcanzado el 27% de acceso. (22)

Figura 37. Porcentaje final de acceso al gas natural para cocción

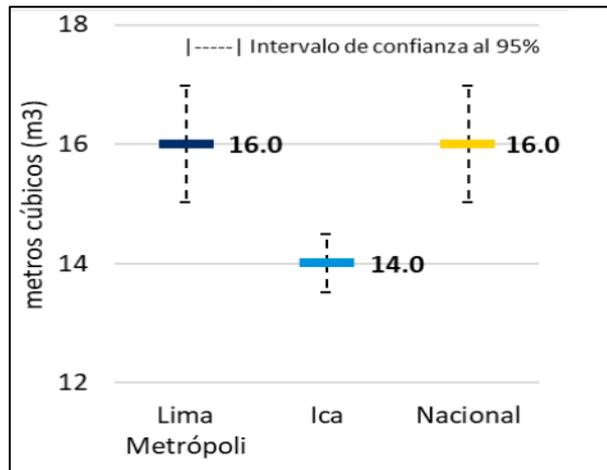


Fuente: Osinergmin (2018) ERCUE 2018. (22)

## Consumo mensual de gas natural

La mediana del consumo en Lima Metropolitana fue 15% mayor al de la región Ica, alcanzando un nivel de consumo de 16 metros cúbicos (m<sup>3</sup>) al mes, igual a la media nacional. (22)

Figura 38. Consumo promedio mensual residencial de gas natural

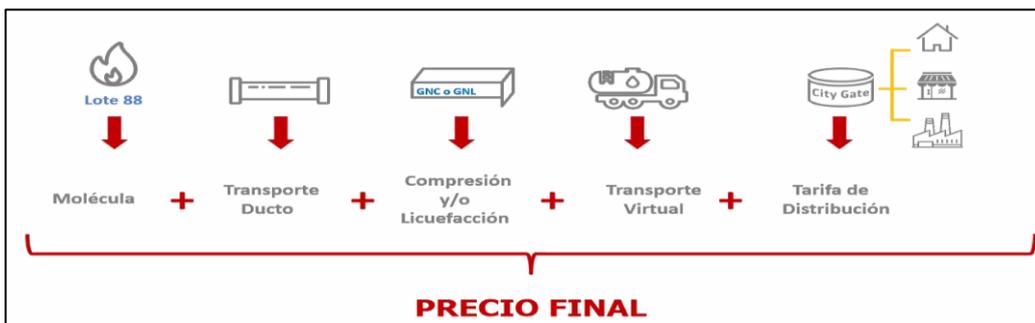


Fuente: Osinergmin (2018) ERCUE 2018. (22)

## Política energética para masificación del gas natural

El Ministerio de Energía y Minas plantea una política energética para masificar el gas natural, el cual propone el transporte virtual para distribución del gas en las regiones que no tienen acceso al City Gate de Lurín. Sin embargo, aquello aumentará el precio final del gas natural y la convertirá en un combustible no tan económico frente al GLP.

Figura 39. Componentes del precio final del gas natural para regiones que no cuentan con gasoducto principal

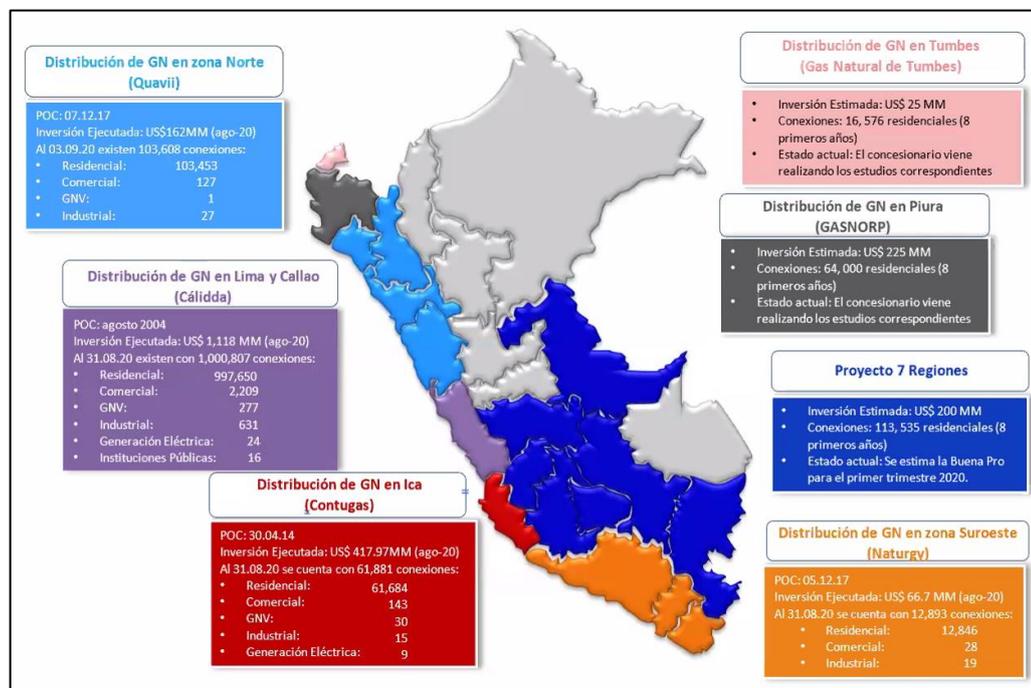


Fuente: Ministerio de Energía y Minas del Perú 2020

Como ya se anticipó, las empresas distribidoras Quavii y Naturgy operan bajo el mecanismo de transporte virtual, teniendo tarifas superiores a los de Lima y Callao y no tan competitivas frente al GLP, económicamente.

En cuanto al avance de la masificación del gas natural, el MINEM nos muestra en el siguiente mapa, los proyectos y su estado actual de avance de masificación que tienen en las regiones concesionadas (Ver figura 40).

Figura 40. Avance de masificación del gas natural



Fuente: Ministerio de Energía y Minas del Perú 2020

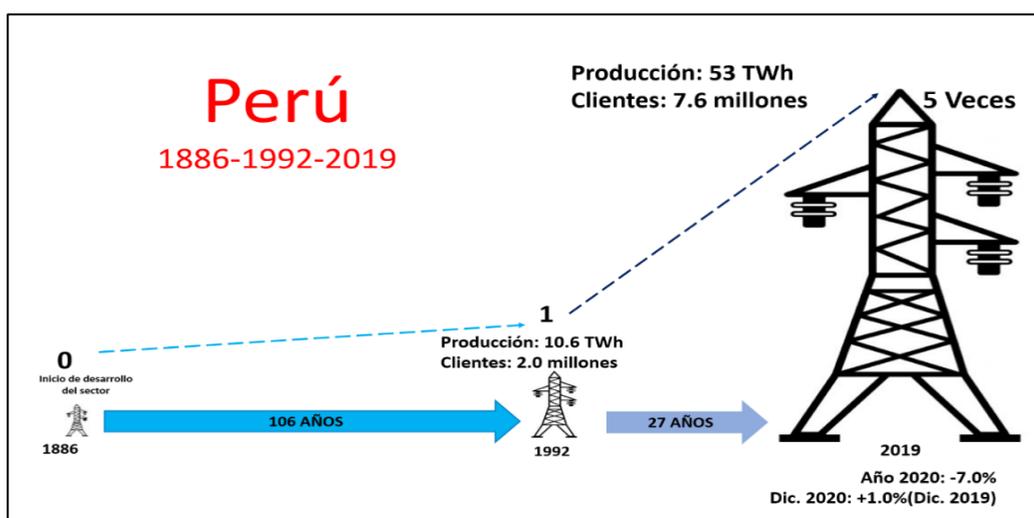
Cálidda, Contugas, Quavii y Naturgy, empresas concesionarias que operan en la actualidad, las dos últimas con sistema de transporte virtual. Y GN de Tumbes, Gasnorp y el proyecto 7regiones, aún están en etapa de estudios.

## 2.2.5 Mercado eléctrico peruano

Es importante resaltar en este apartado la extraordinaria evolución del mercado eléctrico. “La inversión privada comenzó a entrar al sistema y muy rápidamente creció la oferta de energía eléctrica, en generación, transmisión y distribución; esto apoyó el desarrollo económico del país, que fue vigoroso.” (23) La oferta se quintuplicó en estos últimos 27 años, mucha más que en los pasados 100 años; permitiendo de esta forma dar acceso a la electricidad a 7.6 millones de clientes, 4 veces más que en el año 1992 (Ver figura 41).

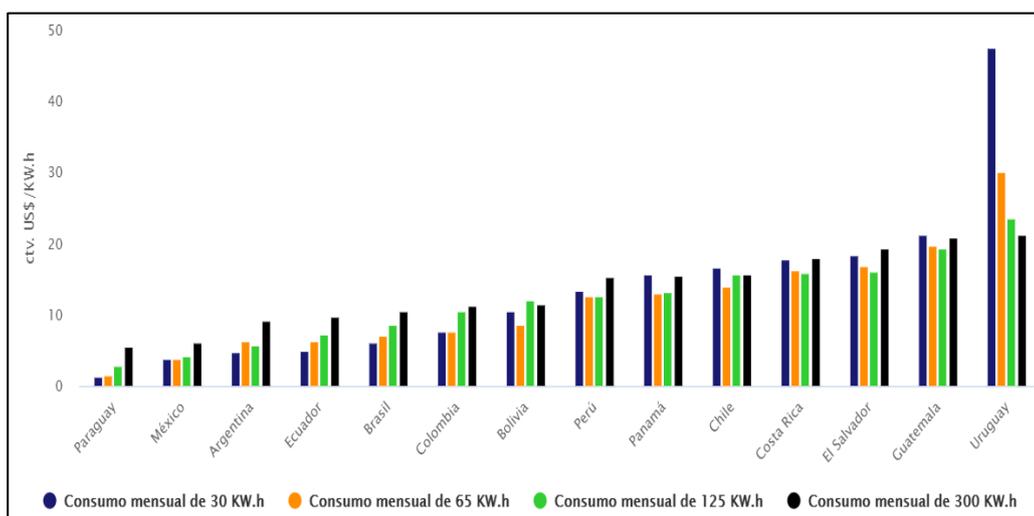
Asimismo, resaltar que la matriz diversificada del Perú está basada en fuentes renovables (62%) y amigables con el medio ambiente GN (38%). Convirtiéndola en una de las matrices eléctricas más confiables y con tarifas eléctricas accesibles debajo del promedio de Latinoamérica (Ver figura 42).

Figura 41. Evolución del mercado eléctrico (1886-2020)



Fuente: Ing. Edwin Quintanilla (2021)

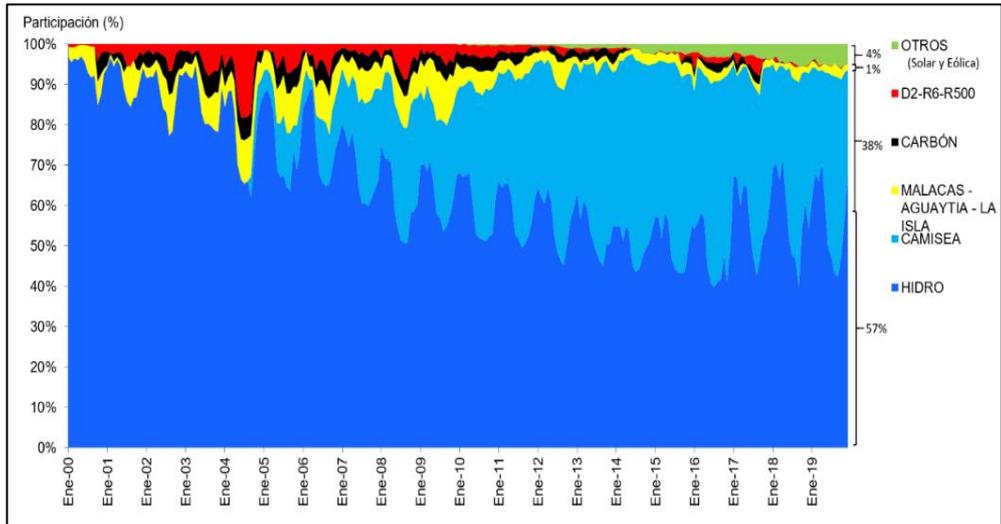
Figura 42. Tarifas eléctricas residenciales en Latinoamérica 2019



Fuente: Osinergmin (2020) Observatorio Energético Minero 2020

El ingreso de Camisea modificó la matriz energética del país, diversificando las fuentes primarias y abaratando los costos. En el año 2000, antes del ingreso de Camisea, solo 4% de la energía eléctrica era producida con GN, proveniente de los yacimientos de la Costa norte y Aguaytía. Con el inicio de operaciones de centrales térmicas con GN de Camisea se incrementó la participación del GN en generación, pasando a concentrar 10% de la producción eléctrica. En los últimos 15 años, la tendencia de la participación del GN ha sido creciente. En 2019, el GN representó 38% de la matriz energética de electricidad, convirtiéndose en uno de los pilares que sostiene el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (Ver figura 43).

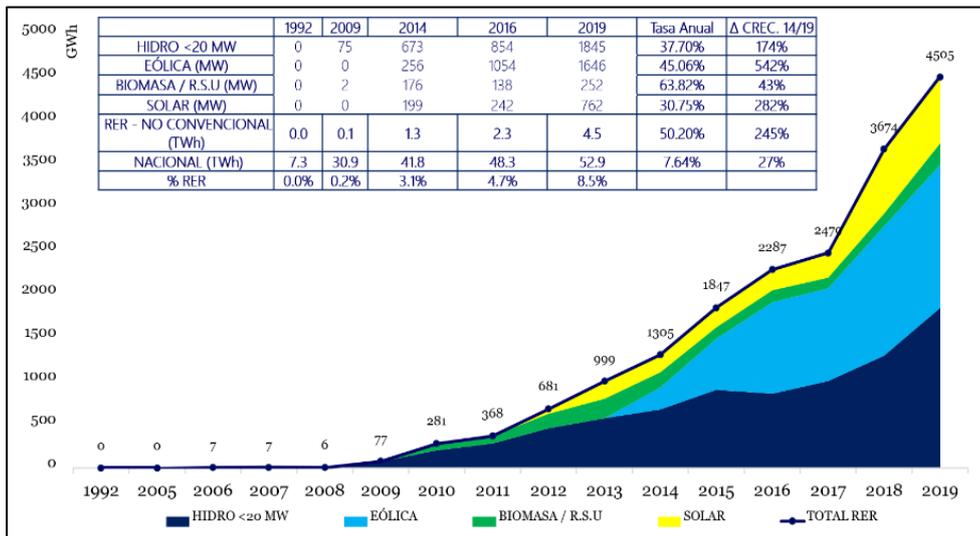
Figura 44. Evolución de la participación por tipo de recurso energético en la producción de energía eléctrica (2000 – 2019).



Fuente: COES (2019) "Aspectos Relevantes de la Operación del SEIN"

Las energías renovables no convencionales en Perú han ayudado a tener una matriz eléctrica más renovable, competitiva y eficiente con una participación del 8.5% (Ver figura 44). Si bien, su participación es mínima en la generación, en los últimos 5 años ha crecido enormemente a tasas de 28% por año. Siendo las pequeñas hidroeléctricas (<20MW) las de mayor crecimiento, seguido muy de cerca, las centrales eólicas y solares.

Figura 43. Producción renovable no convencional - SEIN



Fuente: COES (2019) Aspectos relevantes de la operación del SEIN.  
Elaboración: Propia

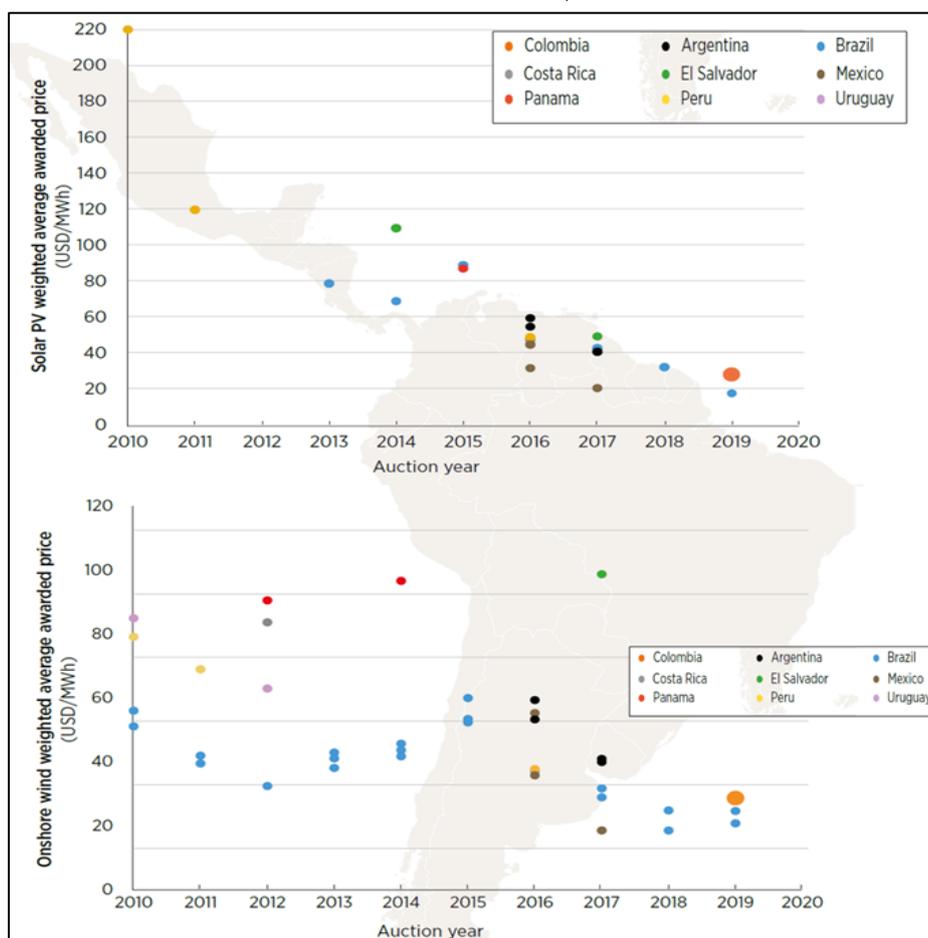
Si las energías renovables – no convencionales siguen la tendencia que han tenido estos últimos 5 años, el Perú tendría una matriz eléctrica con participación de fuentes renovables no convencional mayor al 20% para el 2025.

La fabulosa disminución de los costos de generación con energías renovables no convencional se puede evidenciar en las 4 subastas de renovables realizadas en Perú. Donde los costos de solar fotovoltaica y eólica onshore de la cuarta subasta del 2016, no solo fueron competitivos a nivel mundial, sino también dentro de una región rica en recursos con bajos costos blandos (Sudamérica). Los valores fueron de 48 US\$/MWh y 38 US\$/MWh.

Al 2019, dichos costos han seguido tendiendo a la baja en el mundo y en la región con costos menores a los 20 US\$/MWh, como es el caso de Brasil (Ver figura 45).

Sin duda, costos muy competitivos, que avizoran un cambio disruptivo en la generación de electricidad en la región Sudamérica.

Figura 45. Precios de la energía solar fotovoltaica y eólica en las subastas de energías renovables de América Latina, 2010-2019



Fuente: IRENA (marzo 2021) Renewable Energy Auctions in Colombia. (24)

Según IRENA (2021), en su publicación “Renewable Energy Auctions in Colombia” (24), una combinación de factores impulsa los precios de las subastas. Estos se pueden agrupar en cuatro categorías:

Condiciones específicas del país, como la disponibilidad de recursos, el diseño del mercado de energía y los costos de financiamiento, tierra y mano de obra;

El grado de confianza del inversor, que puede estar relacionado con la experiencia del postor y el subastador y la credibilidad del comprador;

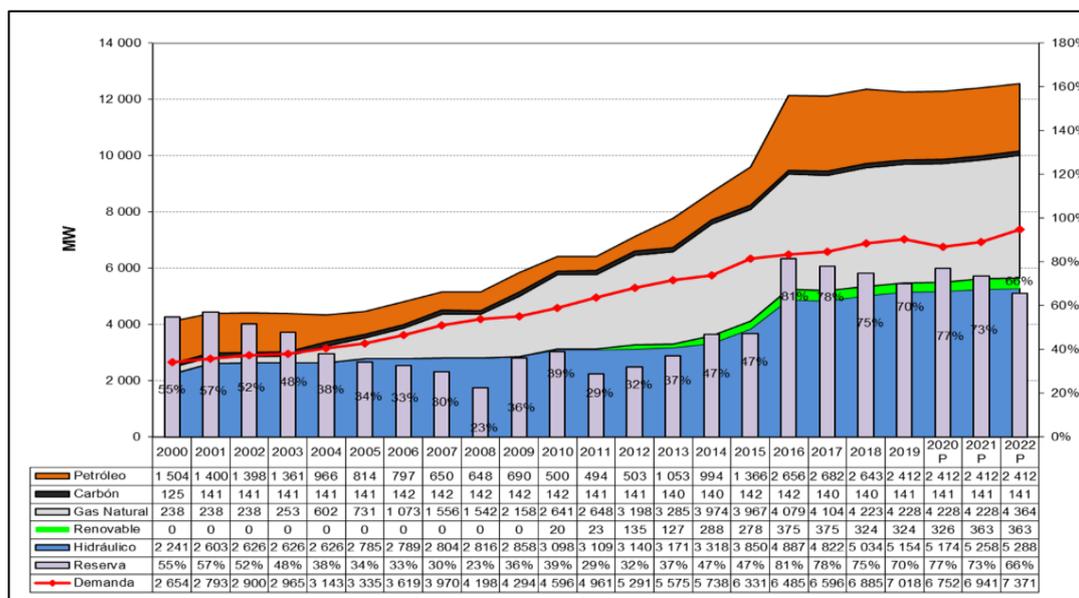
Otras políticas relacionadas con la energía renovable, incluidos objetivos claros, políticas de red, despacho prioritario y reglas de contenido local; y

El diseño de la subasta en sí, teniendo en cuenta las compensaciones entre obtener el precio más bajo y lograr otros objetivos.

### Oferta y reserva de generación

De acuerdo a la información histórica del COES y sus proyecciones hasta el año 2022, se determina el margen de reserva del SEIN, visto en la figura siguiente.

Figura 46. Evolución de demanda y oferta del SEIN 2020



Fuente: GRT – Osinergmin (2020)

Se observa que entre 2015 y 2016 el margen de reserva se incrementó de 47% a 81%, mientras que, del 2016 al 2019 disminuyó, a 70%; y para el 2021 y 2022 el margen se estima en 73% y 66% respectivamente.

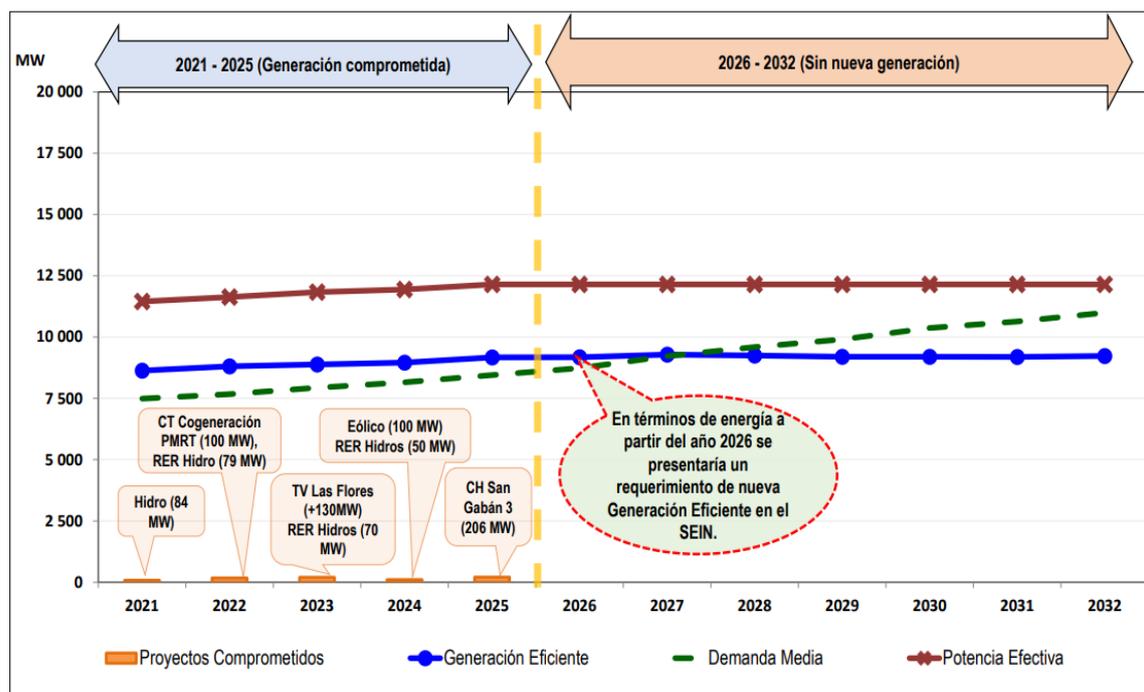
### Generación eficiente

“Se define como Generación Eficiente a la disponibilidad de electricidad a partir de fuentes de generación renovables y no renovables de bajo costo operativo, es decir, se excluye a la generación eléctrica en base a combustibles líquidos.” (25)

“Actualmente se cuenta con una oferta de Generación Eficiente definida solo hasta el año 2025, la cual está compuesta por proyectos comprometidos y de alta certidumbre de ejecución debido a que cuentan con contratos de suministro de energía, con autorización o concesión definitiva de generación y que presentan grados de avance acordes con sus compromisos contractuales. Esta cartera de proyectos comprometidos totaliza una capacidad instalada de 819 MW de Generación Eficiente hasta el año 2025.” (25)

Caso base sin disponibilidad de gas natural en el Sur, escenario de demanda media en el que no se considera el ingreso de nuevos proyectos de generación en el periodo 2023-2032. Y para evitar racionamiento en el sistema se consideró generación con petróleo diésel cuyo costo operativo equivale a la unidad más cara del SEIN (Ver Figura 47). (25)

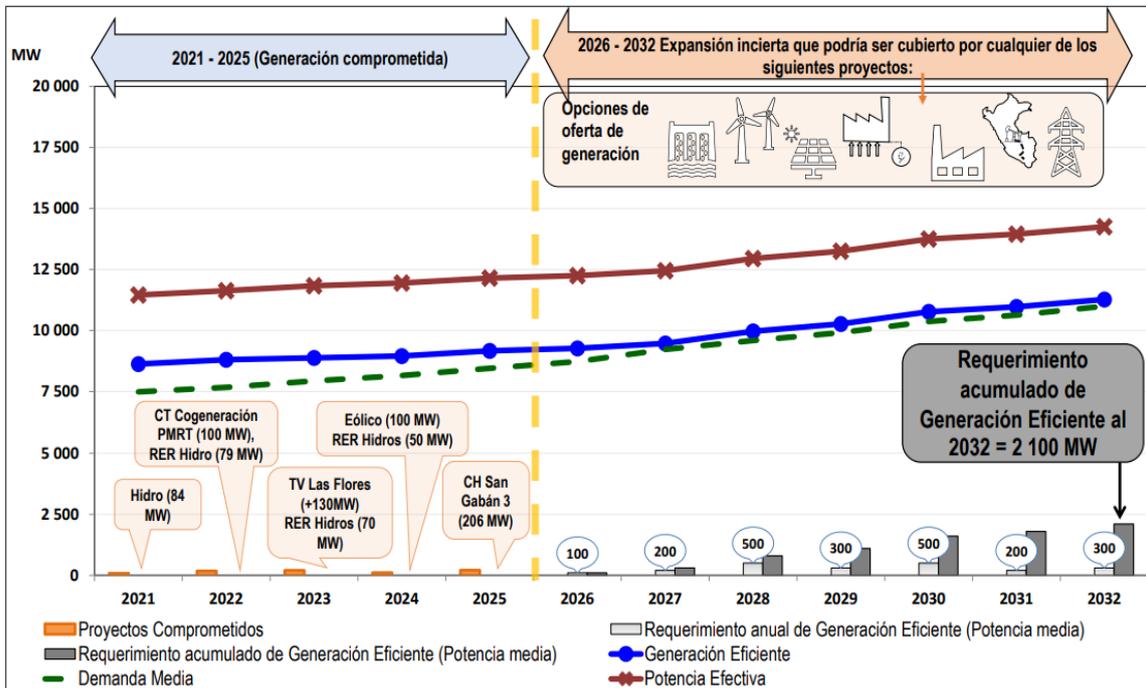
Figura 47. Balance oferta de generación eficiente (incluye el requerimiento de nueva generación) vs. máxima demanda anual del SEIN – Demanda Media



Fuente: COES (2021) Informe de diagnóstico de las condiciones operativas del SEIN, periodo 2023 - 2032

Para el escenario de demanda media, el requerimiento de generación para el año intermedio 2028 es de 800 MW para el año horizonte 2032 es de 2100 MW. El requerimiento de nueva generación eficiente en el sistema podría ser cubiertos por proyectos de generación de cualquier tipo de tecnologías como energía renovable: Solar, Eólica, Geotermia, Hidroeléctrica, Hidrógeno, etc. y Energía no renovable: Centrales térmicas a gas natural, entre otros (Ver Figura 48). (25)

Figura 48. Balance de generación eficiente en el SEIN. Periodo 2021 – 2032. Escenario de demanda media



Fuente: COES (2021) Informe de diagnóstico de las condiciones operativas del SEIN, periodo 2023 - 2032

### Tarifas eléctricas residenciales

Por el lado tarifario a nivel residencial, tenemos las tarifas BT5A, BT5B, BT5C, BT5D, BT5E, BT6, BT7 y BT8. Los usuarios pueden elegir libremente cualquiera de las opciones tarifarias, teniendo en cuenta el sistema de medición que requiere la respectiva opción, independientemente de su potencia conectada y con las limitaciones establecidas y dentro del nivel de tensión que le corresponda.

### Cargos de facturación

Los cargos de facturación al usuario son:

- Cargo fijo mensual
- Cargo por energía activa
- Horas punta
- Horas fuera de punta
- Cargo por potencia activa
- Horas punta
- Horas fuera de punta
- Cargo por energía reactiva

Tabla 11. Opciones tarifarias vigentes al 2021

Nivel MT	Nivel BT	Tipo de Medición		Consumo
MT2	BT2	2E 2P	Energía y Potencia en HP y HFP	Industrial
MT3p	BT3p	2E 1P	Energía en HP y HFP, y potencia (calificación presente en punta)	Comercial
MT3fp	BT3fp	2E 1P	Energía en HP y HFP, y potencia (calificación presente en fuera de punta)	Industrial
MT4p	BT4p	1E 1P	Energía y Potencia (calificación presente en punta)	Comercial
MT4fp	BT4fp	1E 1P	Energía y Potencia (calificación presente en fuera de punta)	Industrial
	BT5A	2E	Energía en HP y HFP	Comercial
	BT5B	1E	Energía (usuarios residenciales)	Residencial
	BT5C-AP	1E	Energía (alumbrado público a cargo de las empresas distribuidoras)	Alumbrado Público
	BT5D	1E	Energía (usuarios provisionales)	Residencial
	BT5E	1E	Energía (con sistema de medición centralizada)	Residencial
	BT6	1P	Potencia (avisos luminosos, cabinas telefónicas o similares)	Comercial
	BT7	1E	Energía (usuarios - prepago)	Residencial
	BT8	1E	Energía (usuarios rurales con sistemas fotovoltaicos - no convencionales)	Residencial
Energía	P: Potencia	HP: Horas Punta	HFP: Horas Fuera de Punta	

Fuente: Osinergmin (2021) Pliegos Tarifarios. Elaboración Propia

### Opción BT5A

Solo pueden optar por esta opción tarifaria los usuarios alimentados en BT (Baja tensión) con una demanda máxima mensual de hasta 20 kW en horas punta y fuera de punta (predominantemente para uso residencial), o con una demanda máxima mensual de hasta 20 kW en horas de punta y de hasta 50 kW en horas fuera de punta (destinado al uso industrial).

### Opción BT5B (residencial)

Solo pueden optar por esta opción tarifaria los usuarios alimentados en BT con una demanda máxima mensual de hasta 20 kW en horas punta y fuera de punta, o con una demanda máxima mensual de hasta 20 kW en horas de punta y de hasta 50 kW en horas fuera de punta.

### Pliegos tarifarios

La tabla 12 muestra las tarifas residenciales de las regiones del Perú. En la tarifa BT5A, se puede observar que el costo de la energía para HFP está entre S/. 0.24 y S/. 0.31 el kWh y para HP entre S/. 1.38 y S/. 2.17 por cada kWh. Respecto a la tarifa BT5B, se puede observar que el costo de la energía está entre S/. 0.34 y S/. 0.67 por kWh.

Tabla 12. Tarifas eléctricas de uso residencial BT5A y BT5B

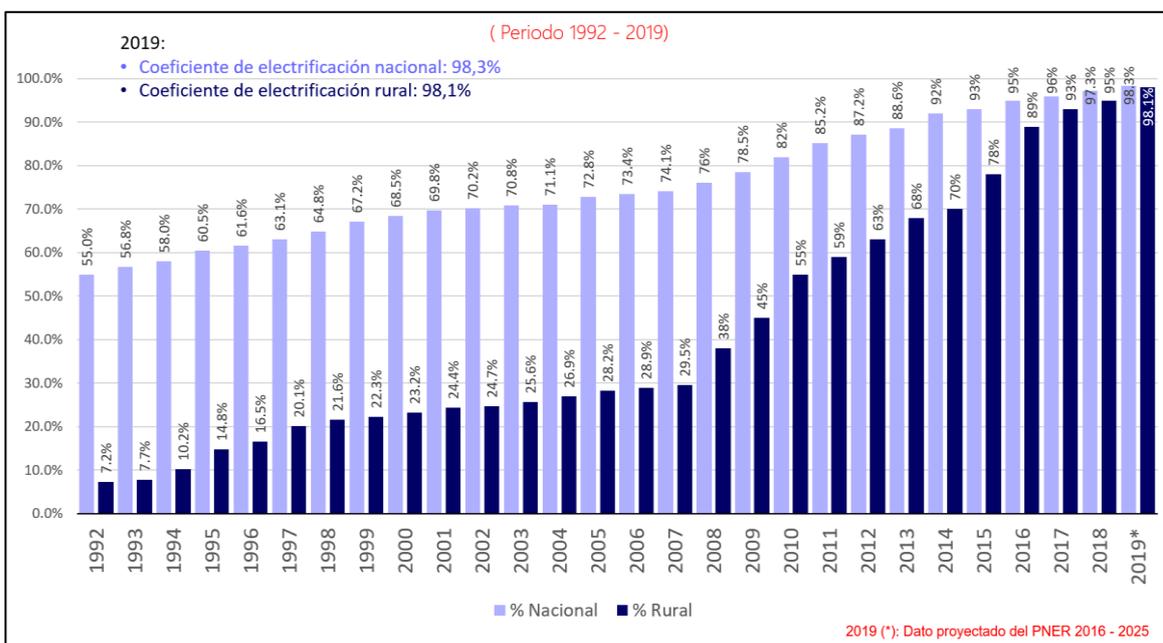
Ciudad	Tarifa BT5A (a): Demanda max mensual de hasta 20 kW en HP y HFP (4 de abril 2021)			Tarifa BT5B (a): Consumos menores o iguales a 100 kW.h por mes. 31-100 kW.h (4 de abril 2021)		
	Cargo fijo mensual (S./mes)	Cargo por energía activa en HFP (S./kW.h)	Cargo por energía activa HP (S./kW.h)	Cargo fijo mensual (S./mes)	Cargo por energía activa. Primeros 30 kW.h (S./mes)	Cargo por energía activa. Exceso 30 kW.h (S./kW.h)
Lima Norte	3.84	0.2549	1.3819	2.7	0.4321	0.5761
Lima Sur	5.15	0.2641	2.0689	2.76	0.4195	0.5593
Huancayo	12.54	0.2577	2.1764	3.89	0.6077	0.8103
Arequipa	8.81	0.2527	1.7528	3.56	0.4826	0.6434
Tacna	8.33	0.2565	1.8335	3.38	0.4917	0.6556
Moquegua	8.33	0.2431	1.8074	3.38	0.4797	0.6396
Juliaca - Puno	12.3	0.2562	2.1124	4.08	0.5779	0.7705
Ica	8	0.2502	2.0591	3.37	0.5081	0.6775
Ayacucho	12.54	0.2564	2.1748	3.89	0.6067	0.8089
Abancay-Apurímac	11.13	0.2598	2.0893	3.77	0.5515	0.7353
Cusco	11.13	0.2604	2.0904	3.77	0.552	0.736
Iberia - Madre de Dios	11.13	0.2628	2.1111	3.77	0.3714	0.7427
Pucallpa - Ucayali	7.93	0.2835	1.8834	3.76	0.5625	0.75
Pasco	12.54	0.2539	2.1668	3.89	0.4025	0.805
Huánuco	12.54	0.2537	2.1731	3.89	0.605	0.8066
Chimbote - Ancash	10.46	0.2414	1.7512	3.57	0.5087	0.6782
Trujillo - La libertad	10.46	0.242	1.7523	3.57	0.5092	0.6789
San Martín	8.92	0.2932	2.016	2.48	0.638	0.5088
Iquitos - Loreto	11.12	0.3077	1.377	3.92	0.3398	0.6795
Chachapoyas - Amazonas	11.6	0.2891	1.9943	3.92	0.6306	0.8408
Cajamarca	10.46	0.2414	1.7461	3.57	0.5075	0.6766
Chiclayo - Lambayeque	11.43	0.2534	1.6389	3.57	0.4721	0.6294
Piura	10.16	0.2458	1.8488	3.74	0.5366	0.7154
Tumbes	10.16	0.246	1.8497	3.74	0.5368	0.7157

Fuente: Osinergmin (2021) Pliegos Tarifarios. Elaboración: Propia

## Acceso a la energía eléctrica

En cuanto al acceso que tiene la población peruana a la energía eléctrica, su evolución ha sido extraordinaria al igual que la evolución del mercado eléctrico en sí. De acuerdo a las cifras del observatorio energético minero de Osinergmin, el coeficiente de electrificación<sup>1</sup> nacional es de 97.3% similar a lo que manifiesta el BID (Banco Interamericano de Desarrollo) 97% al año 2018. Del año 2019, solo es una estimación como se observa en la figura 49.

Figura 49. Acceso a la energía eléctrica (evolución 1992 -2019)



Fuente: Osinergmin (2021) Observatorio Energético Minero. Elaboración: Propia

### 2.2.6 Eficiencia final y efectiva

Existen varios artefactos domésticos destinados a brindar un mismo servicio (cocción, calentamiento de agua, calefacción, etc.) que pueden usar distintos vectores o insumos energéticos para operar. (26) Para el caso de cocción de alimentos, las tecnologías disponibles en Perú son: las cocinas a GN, cocinas a GLP, cocinas a leña y la que se plantea en esta investigación, cocinas de inducción.

En la actualidad, la mayor parte de las etiquetas de eficiencia energética de los equipos de uso doméstico solo tienen en cuenta el consumo del insumo final que requiere

<sup>1</sup> Electrificación: Según el Ministerio de Energía y Minas del Perú refiere al término electrificar como proveer de energía eléctrica a la población, el cual es diferente a la definición que se da en esta investigación basado en la AIE (Agencia Internacional de Energía) que se define a la electrificación como hacer que algo (Sistema energético) funcione con electricidad.

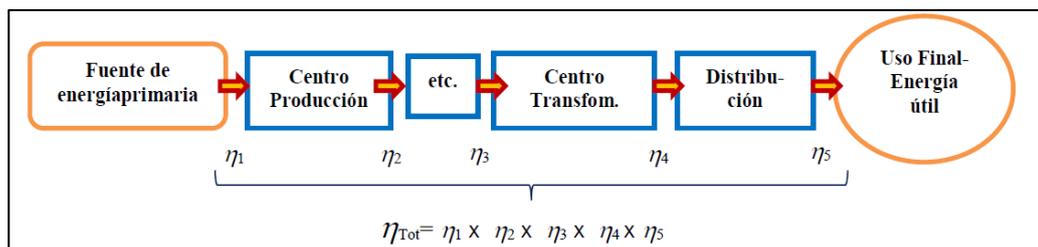
el artefacto para realizar el trabajo. Sin embargo, a la hora de comparar eficiencias de equipos que prestan el mismo servicio, usando distintos tipos de energía final o vectores energéticos, es preciso tener en cuenta todos los procesos de transformación que tienen lugar hasta que el vector energético llegue al artefacto.

**Eficiencia final:** Valor representativo que solo considera las pérdidas que el artefacto tiene al final de la cadena y no en su conjunto. (26)

**Eficiencia efectiva o global:** Si en verdad se desea reducir emisiones y que el sistema sea más eficiente y competitivo, se debe de tomar en cuenta las pérdidas que el insumo energético efectúa al recorrer toda la cadena de valor hasta llegar al usuario final. (26)

Es claro que cada etapa en la cadena (transformación, transporte y distribución) tiene una cierta eficiencia de procesamiento, que se representa con la letra  $n_i$ . La eficiencia total,  $n_{Tot}$  es el producto de las eficiencias parciales de toda la cadena. (26). Este concepto se muestra en la Figura 50.

Figura 50. Cadena de transformación energética



Fuente: Sensini et al (2018) ¿Qué significa la eficiencia de los artefactos domésticos? Factores de comparación energéticos. (26)

Existen distintas aproximaciones al problema de comparar el impacto de uso de los distintos vectores energéticos. Dos de estas aproximaciones se describen a continuación:

El **enfoque global**, en esta aproximación se consideran todas las pérdidas de energía involucradas para un determinado uso, desde el pozo al uso final. Por ejemplo, en la cocción con gas, el enfoque global tiene en cuenta todos los procesos desde que el gas sale del pozo, se acondiciona, se transporta a los City Gates, se distribuye y la eficiencia del equipo de cocción. (26)

Por otro lado, los factores de comparación basado en las **emisiones de CO2**, es otro enfoque válido, tal vez el más objetivo y relevante para generar FCIE (Factor de comparación de insumos energético). Este factor considera las emisiones de dióxido de carbono (CO2) que cada vector genera en su uso final. Se puede tener en cuenta todo el camino del insumo, desde su producción hasta su uso, o también las emisiones. (26)

## 2.2.7 Electrificación del uso final de energía en el sector residencial

### Escenarios futuros de la energía

El World Energy Outlook 2020 (WEO 2020) nos plantea 4 escenarios: 2 definidos desde ediciones pasadas con una visión a corto, mediano y largo plazo (Escenario de Políticas Declaradas y Escenario Desarrollo Sostenible), y debido a la pandemia (COVID-19) y a la mayoría de economías que se plantean emisiones netas cero para el 2050, se plantean 2 escenarios más con visión al 2030 (Escenario Emisiones Netas Cero al 2050 y Escenario Recuperación Lenta). Década decisiva para tomar acciones a fin del declive de la dependencia de combustibles fósiles. (16)

Tabla 13. Escenarios Futuros: Demanda global de energía primaria por combustible y escenario

Escenario					Recuperación Lenta	Emisiones netas cero para 2050	Políticas Declaradas			Desarrollo Sostenible			
	AÑO	2000	2010	2018	2019	2030	2030	2030	2040	2070	2030	2040	2070
Carbón		23%	28%	27%	26%	21%	13%	22%	19%	16%	17%	10%	5%
Petróleo		37%	32%	31%	31%	31%	25%	30%	28%	24%	30%	23%	8%
Gas Natural		21%	21%	23%	23%	24%	25%	24%	25%	24%	25%	23%	13%
Nuclear		7%	6%	5%	5%	5%	8%	5%	5%	6%	7%	9%	10%
<b>Total No Renovables</b>		<b>87%</b>	<b>87%</b>	<b>86%</b>	<b>86%</b>	<b>81%</b>	<b>72%</b>	<b>82%</b>	<b>78%</b>	<b>70%</b>	<b>78%</b>	<b>64%</b>	<b>35%</b>
<b>Total Renovables</b>		<b>13%</b>	<b>13%</b>	<b>14%</b>	<b>14%</b>	<b>19%</b>	<b>28%</b>	<b>18%</b>	<b>22%</b>	<b>30%</b>	<b>22%</b>	<b>36%</b>	<b>65%</b>
Hidro		2%	2%	3%	3%	3%	4%	3%	3%	4%	4%	4%	5%
Bioenergía*		10%	9%	9%	9%	11%	14%	10%	11%	13%	10%	13%	19%
Otros		1%	1%	2%	2%	5%	10%	5%	8%	14%	9%	18%	40%
<b>Total (Mtce)</b>		<b>10 037</b>	<b>12 852</b>	<b>14 300</b>	<b>14 406</b>	<b>15 014</b>	<b>11 906</b>	<b>15 755</b>	<b>17 085</b>	<b>19 865</b>	<b>13 378</b>	<b>13 020</b>	<b>15 278</b>
<i>Participación fósil</i>		80%	82%	81%	81%	76%	63%	77%	73%	64%	71%	56%	26%
<i>CO<sub>2</sub> emisiones (Gt)</i>		23.1	30.4	33.2	33.3	33.6	20.1	32.2	33.3	35.7	24.2	14.7	0
<i>Tasa media anual</i>			2.50%	1.99%	1.92%	0.38%	-1.72%	0.82%	0.82%	0.63%	-0.67%	-0.48%	0.12%

Fuente: IEA (2020) World Energy Outlook 2020. (16)  
Elaboración: Edwin Quintanilla

El **Escenario de Políticas Declaradas (STEPS)**, se basa en la configuración de políticas actuales y en la suposición de que la pandemia se controla el 2021. En este escenario, el Producto Bruto Interno (PBI) mundial también vuelve a los niveles anteriores a la crisis en 2021 y la demanda mundial de energía a principios de 2023, pero los resultados varían considerablemente según el combustible. (16)

En el **Escenario de Recuperación Lenta (DRS)**, la pandemia prolongada tiene impactos económicos y sociales más profundos y duraderos. El PBI mundial no se recupera a los niveles anteriores a la crisis hasta 2023, y la demanda mundial de energía solo regresa en 2025. (16)

El **Escenario de Desarrollo Sostenible (SDS)** prevé un aumento a corto plazo de la inversión en tecnologías de energía limpia durante los próximos diez años, junto con la acción para reducir las emisiones de la infraestructura existente, esto es suficiente para hacer de 2019 el año pico definitivo para las emisiones globales de CO<sub>2</sub>. Altas inversiones en tecnologías de energías limpias y una activa política de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. (16)

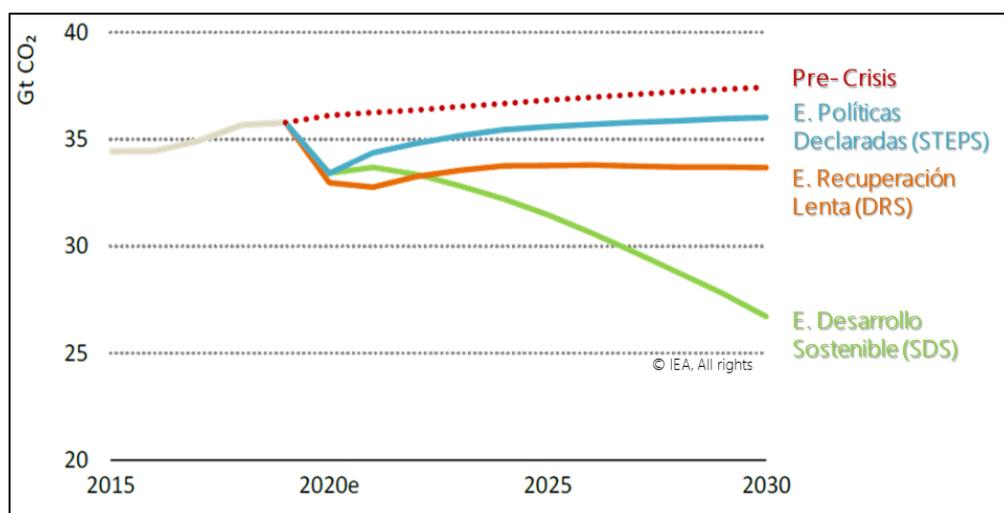
El **Escenario de Emisiones Netas Cero para 2050 (NZE2050)**, explorado en detalle por primera vez en esta la perspectiva 2020, establece, qué medidas adicionales serían necesarias durante los próximos diez años para poner al mundo en su conjunto en el camino de las emisiones netas cero para medio siglo. (16)

### Futuro de la emisión global de CO<sub>2</sub>

Las emisiones se reducen en relación con una trayectoria anterior a la crisis en cada escenario, pero solo una recuperación completamente sostenible conduce a su declive estructural a largo plazo. (16)

Una reducción anticipada de emisiones del 7% en 2020 no cambia las reglas del juego, especialmente porque casi todo se debe a la reducción de la actividad económica. (16)

Figura 51. Futuro de la emisión global de CO<sub>2</sub> por escenario.



Fuente: IEA (2020) World Energy Outlook 2020. (16)

“Parte de la población urbana del mundo vislumbró un futuro con bajas emisiones en 2020, aunque en circunstancias muy difíciles, ya que los cierres llevaron a un aire más limpio y cielos más despejados. Las reducciones en las emisiones de contaminantes atmosféricos, ya sean de tráfico o de fuentes estacionarias, producen ganancias

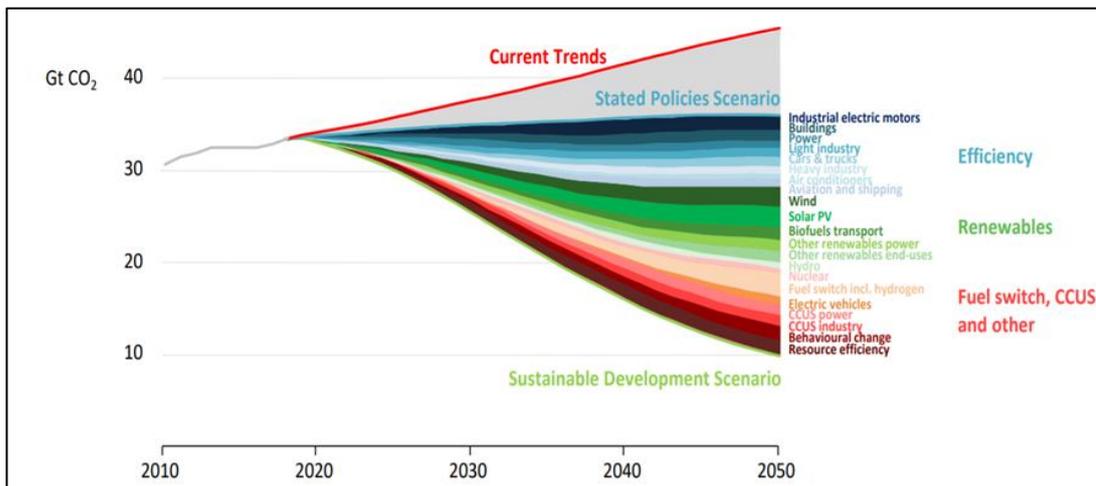
inmediatas en términos de calidad del aire. Sin embargo, no se puede decir lo mismo del CO2: aquí lo que cuenta es el peso acumulado de las emisiones durante muchas décadas.” (16)

El Escenario de Recuperación Lenta (DRS) (Ver Figura 51) ilustra el peligro de confundir el bajo crecimiento con una solución al cambio climático. Un menor crecimiento económico no es una estrategia de bajas emisiones.

### Desafío para la sostenibilidad

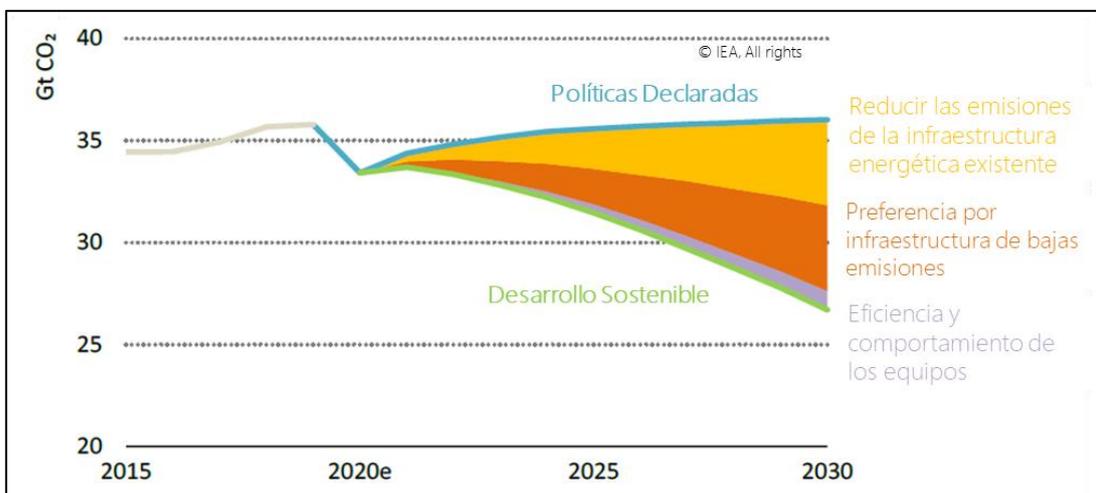
Se necesita una gran cantidad de políticas y tecnologías en todos los sectores para mantener los objetivos climáticos al alcance, y una mayor innovación tecnológica para ayudar a lograr una estabilización de 1.5 ° C. Triple desafío para la sostenibilidad: eficiencia, renovables y cambios estructurales (Ver Figura 52). (16)

Figura 52. Triple desafío para la sostenibilidad: eficiencia, renovables y cambios estructurales



Fuente: IEA (2019) World Energy Outlook 2019

Figura 53. Reducciones de emisiones de CO2.



Fuente: IEA (2020) World Energy Outlook 2020. (16)

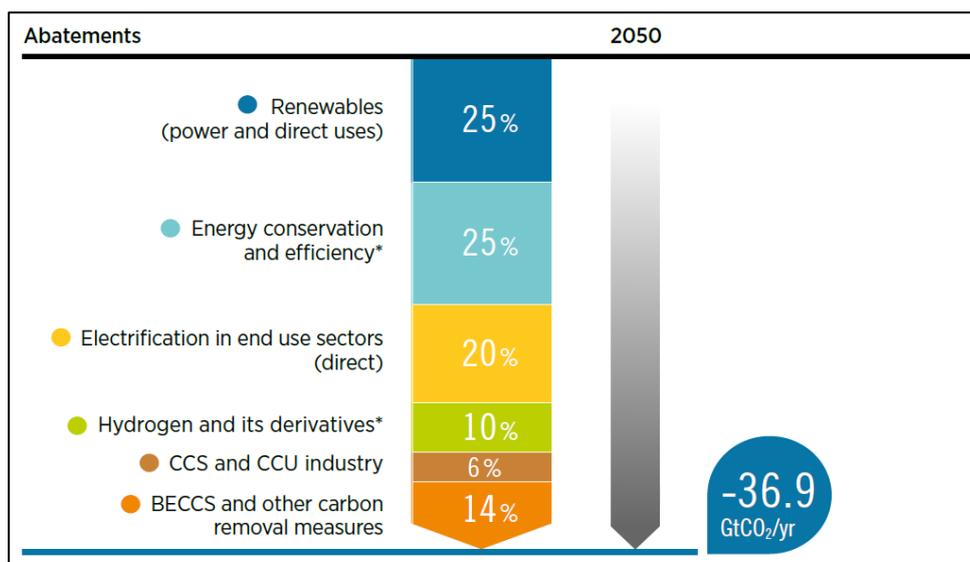
En el Escenarios Desarrollo Sostenible, se reduce las emisiones de la infraestructura existente y tiene preferencia por una nueva infraestructura de bajas emisiones; la eficiencia material y los cambios de comportamiento también reducen las emisiones (Ver Figura 53).

“Mantener la línea a 1,5 ° C significa llegar a cero emisiones netas para 2050 y garantizar una rápida disminución de las emisiones a partir de ahora. Los países de todo el mundo deben acelerar sus esfuerzos hacia la transición energética sin demora.” (27)

### Seis componentes de la estrategia de transición energética

“La energía renovable juega un papel clave en el esfuerzo de descarbonización. Más del 90% de las soluciones en 2050 involucran energía renovable a través del suministro directo, electrificación, eficiencia energética, hidrógeno verde y BECCS. La CAC basada en fósiles tiene un papel limitado que desempeñar, y la contribución de la energía nuclear se mantiene en los mismos niveles que en la actualidad.” (27)

Figura 54. Seis componentes de la estrategia de transición energética



BECCS = bioenergy with CCS; CCS = carbon capture and storage; CCU = carbon capture and utilization; GtCO<sub>2</sub> = gigatonnes of carbon dioxide.

Fuente: IRENA (2021) World Energy Transitions Outlook 2021. (27)

En el reciente informe de la IRENA (2021) World Energy Transition Outlook, muestra la ruta hacia las emisiones netas de CO<sub>2</sub> para el 2050, donde se expone seis componentes de la estrategia para la transición energética eficaz. “Las energías renovables incluyen fuentes de generación de energía renovable y uso directo de calor y biomasa renovables. La eficiencia energética incluye medidas relacionadas con la reducción de la demanda y mejoras en la eficiencia. Los cambios estructurales (por ejemplo, la

deslocalización de la producción de acero con hierro de reducción directa) y las prácticas de economía circular son parte de la eficiencia energética. La electrificación incluye el uso directo de electricidad limpia en aplicaciones de transporte y calor. El hidrógeno y sus derivados incluyen el uso de hidrógeno y combustibles y materias primas sintéticas. CCS describe la captura y almacenamiento de carbono de fuentes puntuales basadas en combustibles fósiles y otros procesos de emisión principalmente en la industria. BECCS y otras medidas de eliminación de carbono incluyen bioenergía junto con CCS (BECCS) en la generación de electricidad y calor, y en la industria y otras medidas en la industria.” (27)

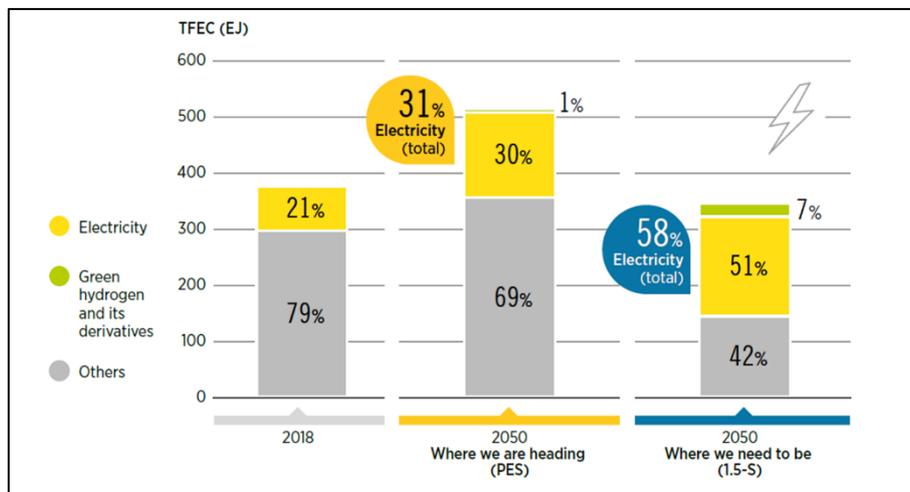
### Electrificación

“Las energías renovables, la electrificación y la eficiencia energética son los principales pilares de la transición energética.” (27)

Como se mencionó anteriormente, la electrificación incluye el uso directo de electricidad limpia en aplicaciones de transporte y calor. Aquello permite que el sector residencial se vuelva eficiente, dado que la electricidad brinda servicios más eficientes que otros energéticos. (27)

En tal sentido, La electricidad es el vector de energía central en los sistemas energéticos del futuro, según la perspectiva de la IRENA y la IEA. En el escenario 1.5°C pronosticado por la IRENA, la electricidad domina el consumo de energía final, ya sea directa o indirectamente, en forma de hidrógeno y otros combustibles electrónicos como el e-amoniaco y el e-metanol. Alrededor del 58% del consumo de energía final en 2050 es electricidad (directa), hidrógeno verde y sus derivados (Ver Figura 55).

Figura 55. La electricidad es el portador de energía central en los sistemas energéticos del futuro.



Fuente: IRENA (2021) World Energy Transitions Outlook 2021. (27)

## 2.3 Definición de términos básicos

**Transición energética:** Es una transición oportuna hacia un sistema energético más inclusivo, sostenible, asequible y seguro que proporciona soluciones a los desafíos mundiales relacionados con la energía, al tiempo que crea valor para las empresas y la sociedad, sin comprometer el equilibrio del triángulo energético. (1)

**Matriz energética:** Una matriz energética es una radiografía de cómo está balanceado el consumo de energía entre distintas fuentes en un periodo de tiempo. (28)

**Demanda de energía primaria:** Consumo de energía encontrada en la naturaleza que no ha sido sujeta a ningún proceso de conversión o transformación. (Hídrica, Petróleo, Gas Natural, Solar, Eólica, etc.). (29)

**Consumo final energético:** Dispone de mayor información sobre la desagregación y características de la demanda de combustibles (refiere al uso real) del país. (29)

**Electrificación:** Hace que el sistema (matriz de consumo final) funcione por medio de la electricidad, dado que, la electricidad ofrece servicios energéticos útiles con mayor eficiencia que otros combustibles. Además, incluye el uso directo de electricidad limpia en aplicaciones de transporte y calor. (27)

**Eficiencia energética:** Porcentaje de aprovechamiento de la energía total consumida. (26)

**Accesibilidad a la energía:** Tener acceso a la energía. (30)

**Competitividad del combustible:** Capacidad que tiene el combustible para competir con sus rivales en costos. (31)

**Asequibilidad a la energía:** alcanzable para la población, tanto en costos como accesibilidad.

**Sostenibilidad ambiental:** Equilibrio de la generación, transporte y consumo en cuanto a emisiones de CO<sub>2</sub>. (1)

**Sostenibilidad energética:** Equilibrio del sistema energético de un país a través de tres prioridades clave: La capacidad de apoyar el desarrollo y el crecimiento económico (Competitividad), Acceso universal a un suministro de energía seguro, confiable y limpio en toda la cadena de valor de la energía. (1)

**Seguridad en la cocción:** Contar con un sistema de cocción confiable en el suministro, con cero riesgos de quemaduras, cero riesgos de incendios, cero riesgos de

explosiones, cero riesgos de fuga de combustible, con venta del energético a la cantidad exacta y seguridad en el transporte del energético.

**Generación eficiente:** Se define como generación eficiente a la disponibilidad de electricidad a partir de fuentes de generación renovables y no renovables de bajo costo operativo, es decir, se excluye a la generación eléctrica en base a combustibles líquidos. (25)

**Medición diferencia:** Medir el consumo eléctrico en dos tipos de horarios: Horario fuera de punta (De 18:00 a 23:00 horas) y horario de punta (Diferente al horario fuera de punta).

**Factor de comparación de insumos energéticos (FCIE):** Cociente de las emisiones de CO<sub>2</sub> por kWh de determinado energético relativo a los de gas natural. (26)

**Intención de cambio al sistema de cocción por inducción:** Porcentaje de la población que tiene la intención de migrar de una cocina a gas a una de inducción.

**Porcentaje de cambio de combustibles fósiles:** Es la suma acumulada de los porcentajes de intención de cambio de cada año del proceso de implementación de cocinas de inducción planteados en esta investigación.

**Nivel de electrificación total:** Valor que indica el porcentaje de la matriz de consumo final energético que utiliza electricidad. Este valor incluye el porcentaje de electricidad para uso de cocinas de inducción y otros usos.

**Barrera de ingreso al sistema de cocción:** La barrera de ingreso es el costo que el usuario tiene que hacer para migrar al tipo de tecnología de cocción. La barrera de ingreso incluye el derecho de conexión (DC), la acometida (AC) y el sistema de instalación interna (SII).

## **CAPÍTULO III:**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Método de Investigación**

El método sistémico es el que se utilizó para la presente investigación “Propuesta de implementación de cocinas de inducción para electrificación de la matriz energética peruana”, ya que se buscó describir y analizar distintos parámetros de 3 tecnologías de cocción de alimentos: Cocinas a Gas, Cocinas a GLP y Cocinas de Inducción; con el objetivo de poner en manifiesto a la más accesible, económica, eficiente, limpia y segura. De esta forma, promover el uso de cocinas de inducción para electrificar la matriz energética peruana a través de los interesados: Usuarios Residenciales, Osinergmin y Distribuidora Eléctrica.

#### **3.2 Tipo de Investigación**

La investigación que se desarrolló es la del tipo científica básica, porque describió los eventos o situaciones que ocurren en el estudio de investigación, “tiene como propósito ampliar el conocimiento científico a partir de la observación del funcionamiento de los fenómenos de la realidad”. (32)

#### **3.3 Alcance de la investigación**

La presente investigación tuvo como propósito calcular y analizar la incidencia de implementación de cocinas de inducción para electrificar la matriz energética peruana. Para ello:

1° Se identificó a la tecnología más eficiente para la cocción de alimentos que use un combustible accesible, económico, eficiente, limpio y seguro para que respalden la

decisión del cambio de cocinas a gas por inducción. Todos estos criterios fueron analizados de manera numérica a excepción de la variable seguridad que fue categórica.

2° Se determinó el beneficio económico (Ahorro) que el usuario tendrá al usar cocinas de inducción con una tarifa eléctrica con medición diferenciada en horas fuera de punta y horas punta.

Medición de “2 energías (2E)” (Medición diferenciada, en Horas Fuera de Punta y Horas punta)

- La opción tarifaria BT5X, es la que se planteó.

3° Se calculó el nivel de electrificación de la matriz energética peruana al sustituir cocinas a GLP y a Bosta /Yareta por cocinas de inducción.

4° Se determinó las condiciones y los equipos eléctricos y/o electrónicos necesarios para la implementación y el correcto funcionamiento de una cocina de inducción en una vivienda residencial.

5° Se determinó el costo de implementación de cocina de inducción en una vivienda.

6° Se determinó las condiciones de implementación de las cocinas de inducción en los aspectos técnicos, económicos y legales que el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería - Osinergmin y la empresa concesionaria de distribución de energía eléctrica tendrían que optar para promover el cambio de cocinas a gas por cocinas de inducción.

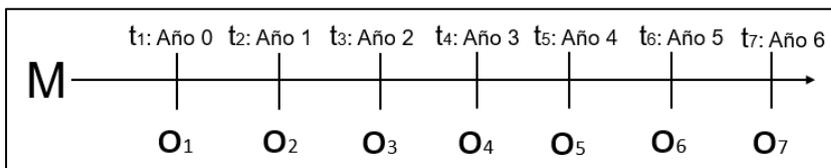
Si bien el uso de cocinas de inducción conlleva a tener un sistema energético sostenible, en esta investigación no se enfocó en cuanto es su aporte como índice global en dicha sostenibilidad energética, debido a que este último, está compuesto por más de 40 subindicadores que dependen de otros factores. Sin embargo, resaltar que los subindicadores relacionados con esta investigación, si fueron analizados y hallados su variación al cambiar el sistema de cocción a gas, leña, bosta, yareta por cocinas de inducción.

### **3.4 Diseño de la investigación**

#### **3.4.1 Diseño descriptivo longitudinal**

En la presente investigación se desarrolló el diseño descriptivo longitudinal el cual toma una muestra del objeto de investigación, la misma que es evaluada en distintos momentos en el tiempo y por períodos bastante largos. (32)

Diagrama:



Donde:

- M: Muestra del estudio
- t1 a t7: Momentos en que se hacen las observaciones; en este caso, los años del proceso de implementación de las cocinas de inducción.
- O1 a O7: Observación o mediciones de las variables de estudio; en este caso, el nivel de electrificación.

### 3.5 Población y muestra

La población general de implementación se consideró a todos los usuarios residenciales del Perú, consumidores de GLP y biomasa (Leña, bosta/yareta, etc.) para cocción de alimentos.

Solo para efectos de cálculo de la intención de cambio del usuario a una tecnología de cocción eficiente, competitiva, asequible, limpia y segura, “Cocina de inducción”, se tomó como población de estudio a las viviendas particulares con ocupantes presentes, por área urbana y rural, del distrito de Sicaya, provincia de Huancayo, departamento de Junín, Perú. El número de viviendas particulares registradas de mencionado distrito según el INEI - (Censos Nacionales 2017: XII de Población y VII de Vivienda) es un total de 5097 viviendas.

Característica 1: el distrito de Sicaya está dividida en 6 cuarteles (sectores geográficos).

Característica 2: la mayor zona rural del distrito de Sicaya se ubica en el primer y sexto cuartel.

#### Tamaño de la muestra

1° Etapa: Sondeo simple para la determinación de la probabilidad de éxito. Llevado a cabo en el distrito de Sicaya a 30 personas frente a la interrogante:

“¿Usted desea utilizar cocinas de inducción en su hogar?”

Y cuyos resultados fueron los siguientes:

SI ( ) ----- 22

NO () ---- 8

Datos:

- $n = 30$
- $x = 22$
- $p = \frac{22}{30} = 73\% \Rightarrow p = 0.73$
- $q = 1 - 0.73 = 27\% \Rightarrow q = 0.27$
- N.C. = 95%  $\Rightarrow 0.95$
- $\alpha = 1 - 0.95 = 0.05$
- $Z_{\alpha/2} = \pm 1.96$

Donde: n: número de viviendas para el sondeo simple (por juicio); x: número de personas que respondieron SI; p: probabilidad de éxito; q: probabilidad de fracaso; N.C.: nivel de confianza, Z: número de desviaciones estándar que están comprendidas entre el promedio y un cierto valor de variable x.

2° Etapa: El tamaño de la muestra se determinó a partir de la población de estudio (N) que es de 5097 viviendas, con un nivel de confianza (Z) del 1.96, con una probabilidad de éxito (p) del 25% y con error máximo admisible (E) de 0.06.

Remplazando datos en la fórmula:

$$n = \frac{N * p * q * (Z_{\alpha/2})^2}{p * q * (Z_{\alpha/2})^2 + (N - 1)E^2}$$
$$n = \frac{5097 * (0.75) * (0.25) * 1.96^2}{(0.75) * (0.25) * 1.96^2 + 5096 * 0.06^2}$$
$$n = 272.76$$

Muestra = 273 viviendas aproximadamente

### **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica de recolección de datos aplicado fue la documental para el análisis de accesibilidad, eficiencia, competitividad, sostenibilidad ambiental y seguridad, y la empírica para conocer la intención de cambio de un usuario residencial a la tecnología de cocción por inducción; específicamente la de datos e información estadística y la de aplicación de cuestionario respectivamente.

Aquello permitió tener información exacta y verídica para la comparación de tecnología en los conceptos de accesibilidad, eficiencia, competitividad, sostenibilidad

ambiental y seguridad; y saber cuan dispuestos están a cambiar de tecnología de cocción los usuarios residenciales. Finalmente se planteó un enfoque de energía procíclica que promueva el crecimiento y desarrollo del Perú con una matriz energética electrificada.

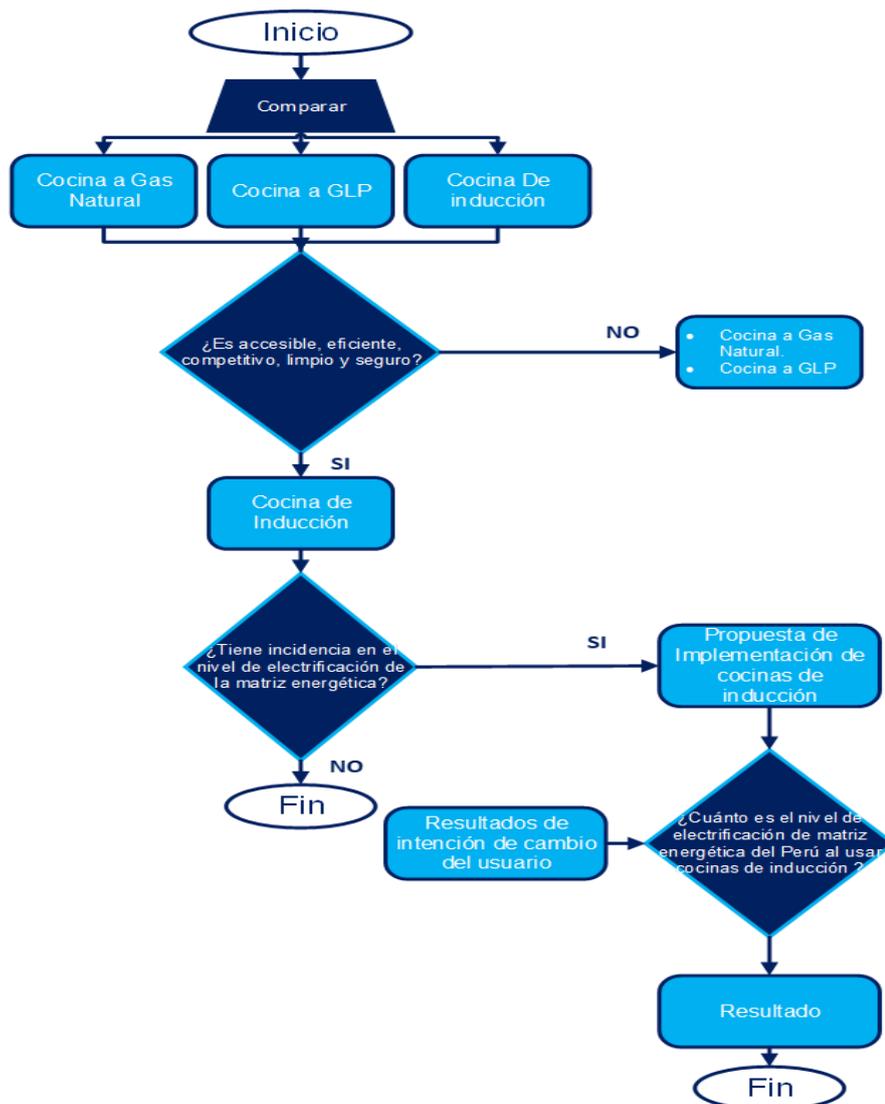
### Técnicas de análisis de datos

Un análisis lineal de patrones fue el que se ha optado para esta investigación, en el aspecto de analizar la tecnología de cocción y su efecto en la matriz energética por el camino óptimo y conveniente para el usuario residencial. Asimismo, un análisis estadístico descriptivo se utilizó para estimar la intención de cambio del usuario a una tecnología de cocción accesible eficiente, competitiva, limpia y segura.

### 3.6 Método de la investigación

El desarrollo de esta investigación siguió la siguiente ruta:

Figura 56. Ruta del proceso de investigación



Fuente: Elaboración Propia

Para cumplir dicha ruta se siguió los siguientes pasos:

1° Se identificó, calculó y comparó los valores de consumo promedio en energía eléctrica de combustibles para cocción: Gas Natural (GN), Gas Licuado de Petróleo (GLP) y Electricidad.

2° Se identificó y calculó las eficiencias finales y globales (efectivas) de las tecnologías de cocción al consumir su respectivo combustible y se identificó cuál de ellas es la más eficiente (Ahorro de energía)

3° Se identificó el acceso de cada combustible para cocción de alimentos: GN y GLP y Electricidad.

4° Se Identificó y calculó las emisiones de  $\text{gCO}_2/\text{kWh}$  de las tecnologías de cocción al consumir su respectivo combustible: Cocina a GN, Cocinas a GLP y Cocinas de inducción (Combustible electricidad).

5° Se identificó el nivel de seguridad de cada tecnología de cocción: Cocina a GN, Cocinas a GLP y Cocinas de inducción (Combustible electricidad).

6° Se calculó los costos reales del suministro de gas natural ya que es el combustible subsidiado frente a los otros dos (GLP y Electricidad) y se evaluó si es conveniente o no su masificación en todo el país.

7° Se identificó al combustible para cocción (GN, GLP y Electricidad) más competitivo.

8° Se determinó el beneficio económico (Ahorro) que el usuario tendrá al usar cocinas de inducción, con una tarifa eléctrica con medición diferenciada, frente al GLP.

9° Se determinó los costos de la "barrera de ingreso" (Costo de conexión) de cada tecnología de cocción.

10° Se estimó la intención de cambio de un usuario residencial de cocina a gas (GLP) a cocina de inducción (Electricidad).

11° Se calculó el nivel de electrificación de la matriz de consumo energético residencial en el proceso de implementación de cocinas de inducción.

12° Se calculó la incidencia del uso de cocinas de inducción en el nivel de electrificación de la matriz energética peruana.

13° Se determinó las condiciones y los equipos eléctricos y/o electrónicos necesarios para la implementación y el correcto funcionamiento de una cocina de inducción en una vivienda residencial.

14° Se determinó las condiciones de implementación de las cocinas de inducción en los aspectos técnicos, económicos y legales que el organismo regulador Osinergmin y la empresa concesionaria de distribución de energía eléctrica tendrían que optar para promover el cambio de la matriz energética. Aquello basado en una visión de energía procíclica para plantar una oferta energética tan competitiva que promueva el crecimiento en el uso de cocinas de inducción; en otras palabras, tener una electricidad tan competitiva frente a otros energéticos que incentive la migración de uso GLP a electricidad.

## CAPÍTULO IV:

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información

##### 4.1.1 Equivalencia en energía eléctrica del consumo promedio mensual de combustibles para la cocción de alimentos de un usuario residencial

La tabla 14 muestra los resultados de equivalencia, en energía eléctrica del consumo promedio de combustibles, para la cocción de alimentos de un usuario residencial optados para esta investigación: Gas Natural (GN), Gas Licuado de Petróleo (GLP) y Electricidad.

Tabla 14. Consumo promedio de cada combustible y su equivalencia en energía eléctrica

Combustible	Consumo Promedio Mensual de combustible para cocción de un usuario residencial.		
	En unidad comercial	En energía (kcal)	En electricidad (kWh)
GN	16m <sup>3</sup> <sup>1</sup>	167 kCal <sup>2</sup>	194 kWh <sup>2</sup>
GLP	15kg <sup>3</sup>	171 kCal <sup>3</sup>	194 kWh <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Datos adquiridos del Informe de Resultados Consumo y Usos de los Hidrocarburos Líquidos y GLP Encuesta Residencial de Consumo y Usos de Energía – ERCUE 2018.

<sup>2</sup>Datos calculados a partir de la información 1

<sup>3</sup>Datos calculados a partir de la información 2

Fuente: Osinergmin (2018) ERCUE2018. Elaboración: Propia

El consumo promedio mensual de **Gas Natural (GN)** de una vivienda residencial para cocción es de 16m<sup>3</sup>, dato adquirido del ERCUE 2018 de Osinergmin. Mencionado valor fue llevado a términos de energía eléctrica y resultó 194 kWh.

Para los cálculos de los consumos promedio mensual del **Gas Licuado de Petróleo (GLP)** y **Electricidad**, se tomaron como referente a los datos del consumo promedio mensual del GN registrado en el ERCUE 2018 de Osinergmin.

Se referenció al dato del consumo promedio del GN y no del GLP porque el valor recolectado para el GN fue a partir de mediciones exactas (Registradas en recibos) y no aproximaciones como lo recolectado para el GLP, según el ERCUE 2018 de Osinergmin.

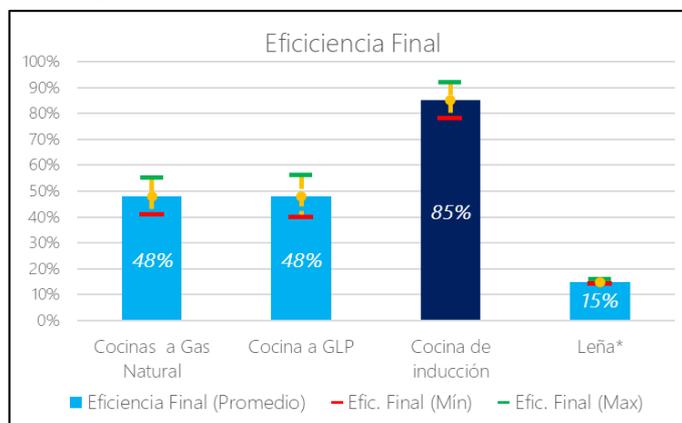
Los resultados para el GLP y Electricidad fueron de 194 kWh (Aprox. 15 kg - 1 ½ balones) y 110 kWh respectivamente. Los cálculos fueron basados en la eficiencia final de cada tecnología y detallados en el siguiente apartado de *Eficiencia de Tecnologías de Cocción*.

#### 4.1.2 Eficiencia de tecnologías de cocción

Se evaluaron dos tipos de eficiencias en esta investigación. La eficiencia final que solo considera las pérdidas que el artefacto tiene al consumir cierto combustible; y la eficiencia efectiva o global que considera todas las pérdidas que tiene el insumo energético en la cadena: generación, transmisión, distribución y la del artefacto.

##### La eficiencia final de tecnologías de cocción

Figura 57. Eficiencia final de tecnologías de cocción



Fuente: ENARGAS (2020) Eficiencia en la cocción; Department of energy U.S. Cookstoves Efficiency. Elaboración: Propia

La figura 57 muestra la eficiencia final promedio (barras) de los artefactos de cocción, medida utilizando ollas con tapa (valores representativos de los equipos de marcas conocidas). Además, indica una comparación entre equipos promedio dentro de cada tecnología. Como se pudo identificar la eficiencia final de la cocina de inducción es en general mayor, 37% más, a las de gas (GN y GLP).

Con el valor de la eficiencia final de una cocina a GN (48%) y el consumo promedio mensual residencial 194 kWh (16m3), se calculó la energía realmente aprovechada por dicha tecnología (93 kWh), desperdiciándose en el ambiente 101 kWh (Ver figura 58).

Asimismo, las eficiencias finales de cada cocina (GN, GLP e Inducción) y el valor del consumo promedio de GN (16m3) de una vivienda residencial para cocción, sirvieron para la estimación de los consumos promedios de GLP y Electricidad de un usuario residencial al usar la tecnología de cocción correspondiente.

Para estimar el consumo promedio mensual de una cocina a GLP (Uso residencial) se tomó el valor de la energía aprovechada del GN (93 kWh) por los motivos anteriormente mencionado. Dicho valor que representa una eficiencia final (Promedio) del 48% para la cocina a GN, también representa el 48% para la cocina a GLP. Con una regla de tres simples se calculó la energía total consumida por una cocina a GLP, resultando un valor muy similar a la del GN, 194 kWh (15 kg - 1 ½ balones) (Ver figura 58).

De igual forma, con el valor de la energía aprovechada del GN (93 kWh) para cocción se estimó el consumo promedio de electricidad, para cocción por inducción en el sector residencial. Los 93 kWh (Energía aprovechada) representa una eficiencia final del 48% para la cocina a GN, pero para la cocina de inducción representa el 85%. Con una regla de tres simples se calculó la energía total consumida de una cocina de inducción (Uso Residencial), resultando 110 kWh (Ver figura 58).

Figura 58. Energía aprovechada con eficiencia final de las cocinas de GN, GLP e Inducción



Fuente: Elaboración Propia

## La eficiencia efectiva o global

Para el cálculo de la eficiencia efectiva de cada tecnología de cocción se escogió el enfoque Factores de Comparación de Insumos Energéticos (FCIE) basado en emisiones de CO<sub>2</sub>, debido a su mayor objetividad frente a otros.

Dado que, en Perú, cerca del 38% de la electricidad se genera usando gas natural, cuya eficiencia de transformación como máximo no supera el 56%, fue natural generar un coeficiente de corrección FCIE, para así, poder comparar la eficiencia efectiva de los equipos que brindan una misma prestación (cocción de alimentos) con diferente combustible. Por tanto, una aproximación útil y efectiva fue definir los valores de los FCIE a partir de las emisiones de CO<sub>2</sub> de los diversos insumos finales utilizados, como se observa en la Tabla 15.

Tabla 15. Emisiones de CO<sub>2</sub> por energía (kWh) de los distintos insumos energéticos

Insumo o vector energético	gCO <sub>2</sub> /kWh	Factor de Emisión	Nota
Gas Natural	179	1.00	Combustión
GLP	217	1.21	Combustión
Gasolina	249	1.39	Combustión
Petróleo	264	1.47	Combustión
Gasoil	303	1.69	Combustión
Carbón	350	1.96	Combustión
Leña*	400	2.23	Combustión
Electricidad (GT)	185	1.03	Electricidad.
Electricidad (GN+CC)	340	1.90	Electricidad.
Electricidad (Diesel)	822	4.59	Electricidad.
Electricidad (Carbón)	874	4.88	Electricidad.
Electricidad (Térmica)	482	2.69	Electricidad.

\*En el caso de la leña, el valor de los factores de emisión varían con el tipo de leña entre 380 a 430 g(CO<sub>2</sub>)/kWh. Sin embargo, si se tiene en cuenta su ciclo de vida, es previsible que este valor podría ser menor.

Nota: Electricidad (GN + CC) se refiere a la electricidad generada por centrales de Ciclo Combinado a gas natural; Electricidad (Diesel) generada por centrales a Diesel; Electricidad (Carbón) generada por centrales a carbón y electricidad (GT) a la electricidad generada con la matriz de generación de Perú en su conjunto

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de emisión de los primeros siete insumos energéticos de la tabla 15, se refirieron a su combustión como combustibles. Los cuatro últimos en cambio, se refirieron a las emisiones por kWh de energía eléctrica.

Los datos de emisiones de CO<sub>2</sub> por combustión de los primeros 7 combustibles son exactos y no cambiantes y que fueron obtenidos del artículo de Sensini et al “¿Qué significa la eficiencia de los artefactos domésticos? Factores de comparación energéticos”. Para las emisiones de CO<sub>2</sub> del vector energético electricidad, fueron calculados a partir del consumo anual de los combustibles fósiles (GN, Diesel y carbón) que se utilizan para generar energía eléctrica en el Perú (Anexo 5). Aquellos datos se multiplicaron con los factores de emisión específicos de cada combustible y resultó la cantidad de emisiones que se genera al producir electricidad anualmente (Anexo 5).

Finalmente, se halló los factores de emisiones finales en g (CO<sub>2</sub>)/kWh del sistema eléctrico peruano en general, del generar con GN +CC, del generar con Diesel y del generar con Carbón. Los resultados se muestran a continuación en la tabla 16.

Tabla 16. Factor de emisión de generación eléctrica por tecnología y tipo de combustible (2005 -2020)

Factor de emisión final de Gen. Electricidad	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Factor emisión Gen. (Matriz de generación Perú) g(CO <sub>2</sub> /kWh)	171.6	160.9	172.8	218.3	206.2	235.4	232.2	190.1	192.3	202.6	187.0	206.6	167.7	143.3	144.9	131.0
Factor emisión Gen. (Solo Térmico) gCO <sub>2</sub> /kWh	668.8	653.8	543.3	558.6	556.0	567.0	552.0	432.3	415.9	416.3	391.8	415.6	412.8	378.9	377.3	372.7
Factor emisión Gen. (GN+CC) gCO <sub>2</sub> /kWh	339.9	339.9	339.9	339.9	339.9	339.9	339.9	339.9	339.9	339.9	339.9	339.9	339.9	339.9	339.9	339.9
Factor emisión Gen. (Diesel) gCO <sub>2</sub> /kWh	822.4	822.4	822.4	822.4	822.4	822.4	822.4	822.4	822.4	822.4	822.4	822.4	822.4	822.4	822.4	822.4
Factor emisión Gen. (Carbón) gCO <sub>2</sub> /kWh	873.9	873.9	873.9	873.9	873.9	873.9	873.9	873.9	873.9	873.9	873.9	873.9	873.9	873.9	873.9	873.9

Fuente: COES (2020) Estadísticas anuales. Elaboración: Propia

De los datos calculados de los factores de emisión de generación de electricidad por año, se promedió los de los últimos 15 para un valor más exacto. Se optó por los últimos

15 años porque a partir de ahí se impulsó el consumo masivo de gas natural para la generación de electricidad. Los resultados se muestran en la tabla 17.

Tabla 17. Factor de comparación de insumos energéticos del Perú

Factor de emisión final de Gen. electricidad	MEDIA De los últimos 15 años del factor de emisión final
Factor emisión de electricidad (Matriz de generación Perú) g (CO <sub>2</sub> /kWh)	185.2
Factor emisión Gen. (Solo Térmico) gCO <sub>2</sub> /kWh	482.1
Factor emisión Gen. (GN+CC) gCO <sub>2</sub> /kWh	339.9
Factor emisión Gen. (Diesel) gCO <sub>2</sub> /kWh	822.4
Factor emisión Gen. (Carbón) gCO <sub>2</sub> /kWh	873.9

Fuente: Elaboración Propia

El valor medio calculado de emisiones de electricidad de la matriz de generación del Perú en su conjunto, entre los años 2005 y 2020, fue de 185 g (CO<sub>2</sub>)/kWh.

Este valor (Factor de Emisión Final de CO<sub>2</sub>) fue fundamental para el cálculo del **FCIE (Factor de comparación de insumos energéticos)** el cual se definió como el cociente de las emisiones de CO<sub>2</sub> por kWh relativo a los de gas natural. Se consideró al gas como referente por ser el combustible que menos emisiones de CO<sub>2</sub> genera al momento de su combustión; además, que es el energético que sirve como fuente directa para cocción y generación de electricidad a la vez.

$$FCIE = \frac{\text{Emisiones de CO}_2 \text{ del insumo o vector energético en estudio}}{\text{Emisiones de CO}_2 \text{ del gas natural}}$$

Ecuación 4. Factor de comparación de insumos energéticos

La tabla 18 muestra los resultados de los factores de comparación de insumos energéticos o también llamados factores de corrección de los insumos energéticos. Para esta investigación se focalizó a los tres insumos o vectores energéticos que sirven para la cocción de alimentos:

- Gas natural GN: 1.00
- Gas licuado de petróleo: 1.21
- Electricidad (Matriz de generación en su conjunto): 1.03

Tabla 18. Promedio de los factores de emisión final por tipo de generación (2005-2020)

Insumo o vector energético	gCO <sub>2</sub> /kWh	FCIE
Gas Natural	179	1.00
GLP	217	1.21
Electricidad (GT)	185	1.03

Fuente: Elaboración propia

Este factor de comparación o factor de corrección (FCIE) fue necesario para calcular la verdadera eficiencia o eficiencia efectiva de cada tecnología de cocción.

Como se anticipó, la **eficiencia efectiva o global**, tiene en cuenta y corrige la eficiencia de los distintos artefactos de cocción según sus emisiones de CO<sub>2</sub> que genera en su uso; y fue calculada de la siguiente manera:

$$Eficiencia\ Efectiva \equiv \varepsilon_{ef} = \frac{(Eficiencia\ final)}{FCIE}$$

Ecuación 5. Eficiencia efectiva

La tabla 19 muestra los resultados de la eficiencia efectiva de las tres tecnologías de cocción, siendo la más alta la de la cocina de inducción (82%) y la más baja la de cocina a GLP (40%). La eficiencia efectiva de la cocina a GN (48%) es la misma que la eficiencia final, debido a que el combustible GN solo es combustionado en el uso final para este servicio (cocción de alimentos).

Tabla 19. Eficiencia efectiva de las tecnologías de cocción en el sistema energético peruano 2020

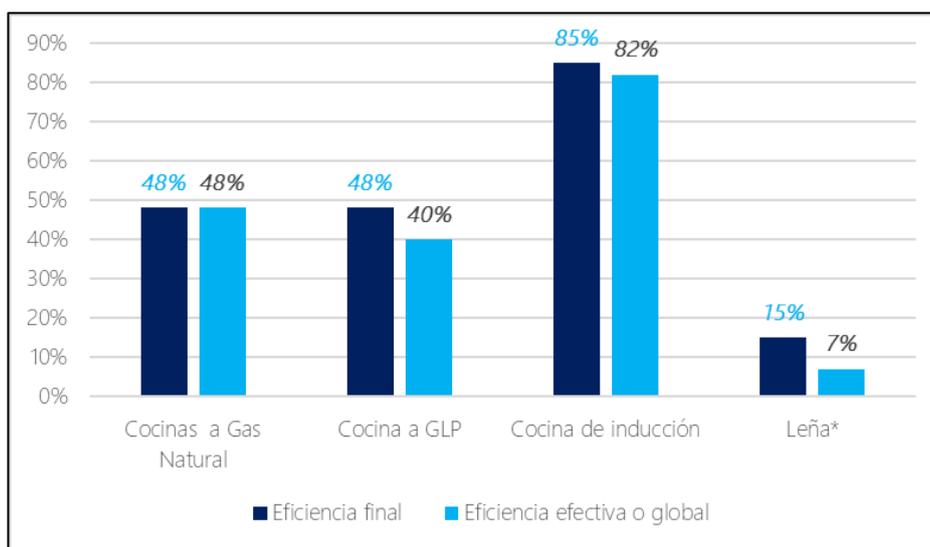
Insumo o vector energético	g(CO <sub>2</sub> )/kWh	Factor de emisión	Eficiencia final promedio	Eficiencia efectiva o Global
Cocinas a GN	179	1.00	48%	48%
Cocinas a GLP	217	1.21	48%	40%
Electricidad (GT) cocinas de inducción	185	1.03	85%	82%

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la figura 59, se muestran los resultados de ambas eficiencias (Final y efectiva) para los distintos equipos de cocción discutidos en esta investigación. De este modo, se pudo identificar que la cocina de inducción tiene una eficiencia energética

final de casi el doble que la de una cocina a gas (GLP y/o GN). Si bien la eficiencia efectiva de la cocina de inducción disminuye en 3% (Con eficiencia efectiva), aún sigue siendo la más eficiente frente a las cocinas a GLP y a GN, cuyas eficiencias efectivas calculadas fueron del 40% y 48% respectivamente.

Figura 59. Eficiencias promedio en tecnologías de cocción (final y efectiva)



Fuente: Elaboración propia

Los cálculos de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la matriz de generación de electricidad resultaron relativamente bajas en su conjunto, dicho valor superó en 6 g CO<sub>2</sub>/kWh a las emisiones de gas natural (combustión del combustible). Esto debido a que, el Perú cuenta con una matriz eléctrica diversificada con participación mayoritaria del 62% de fuentes renovables (Hidro, Solar y Eólica) y que permite que la cocina de inducción sea la más eficiente en el sistema energético del Perú.

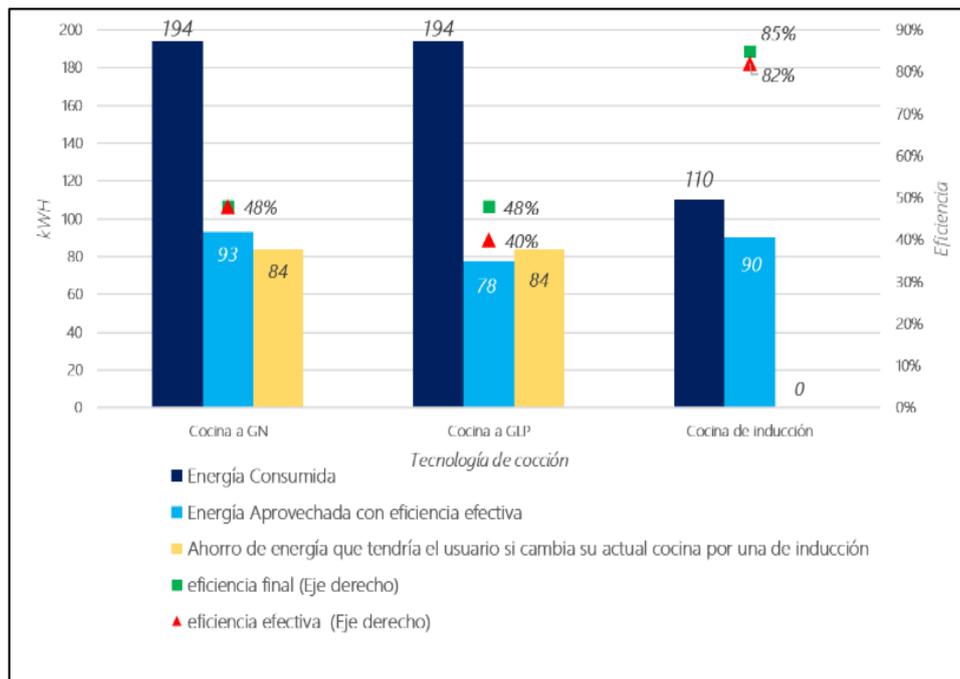
Sin embargo, fue importante evaluar que la eficiencia efectiva o global de una cocina de inducción disminuiría radicalmente si la matriz de electricidad de Perú dependiera mayoritariamente de combustibles fósiles y/o de gas natural. En ese hipotético caso, se calculó que la eficiencia efectiva de la cocina a gas natural sería mayor a la de la cocina de inducción; como es en Argentina, país donde es más conveniente cocinar con cocinas a GN que a inducción, por tener una matriz energética dependiente al GN en un 55%.

En esa misma premisa, si la electricidad fuera generada solo con centrales térmicas, el FCIE o factor de corrección sería de 2.69 y originaría un resultado de 30% de eficiencia efectiva de una cocina de inducción. En consecuencia, las cocinas a gas natural o GLP serían las más eficientes en ese contexto. Asimismo, transportar gas natural en forma de electricidad para ofrecer el mismo servicio (cocción) no sería eficiente debido a

las enormes pérdidas que se generaría al transportar GN como vector electricidad, es mejor que sea transportado por gasoductos.

**Consumo de energía real de las tecnologías de cocción en su conjunto y eficiencia de cada una de ellas.**

Figura 60. Comparación de consumos de energía promedio de un usuario residencial con eficiencia efectiva de las tecnologías de cocción.



Fuente: Elaboración propia

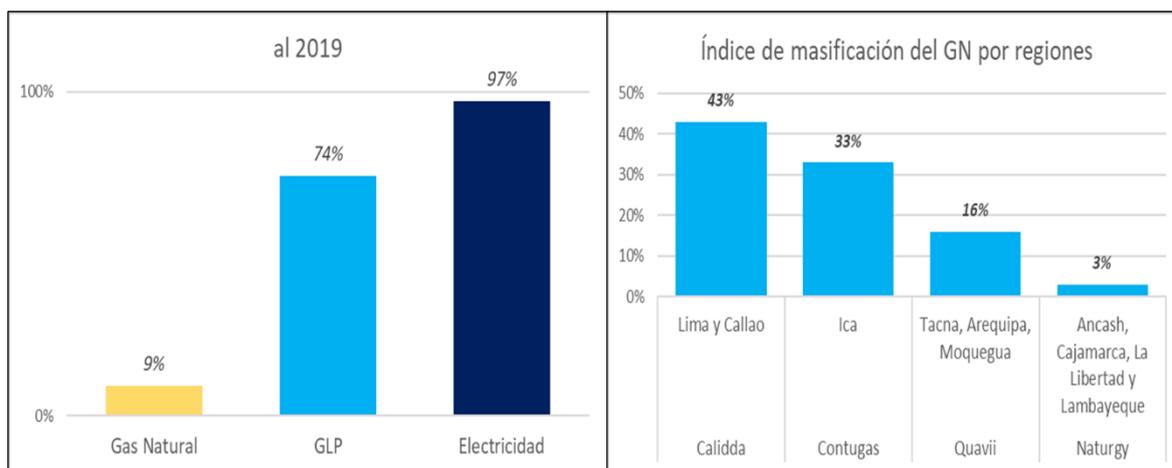
Con la eficiencia efectiva se halló la energía realmente aprovechada de cada tecnología de cocción, barra en celeste de la Figura 60. En ella se aprecia que una cocina a gas natural realmente aprovecha el 48% de la energía que consume, desperdiciando un poco más de la mitad en todo el sistema energético. Asimismo, se aprecia que una cocina a GLP es la menos eficiente de las tres (GN, GLP e Inducción), aprovecha solo el 40% de la energía que consumen mensualmente.

También, la Figura 60 muestra que la cocina de inducción es la más eficiente tecnología de cocción y que aprovecha el 82% de la energía consumida del sistema energético. Además, dicho consumo es ampliamente el menor de todas las cocinas; por lo que, un usuario residencial tendría un ahorro energético de 90 kWh-mes frente a las cocinas a gas (GN y GLP).

### 4.1.3 Accesibilidad de insumos energéticos para cocción

De las tecnologías que se optaron para esta investigación: Cocinas a GN, a GLP y a Inducción; la accesibilidad que se identificó a diciembre de 2019 para sus respectivos combustibles a nivel nacional, se muestra en la figura 61.

Figura 61. Índice de acceso a insumos energéticos para cocción de alimentos al 2019



Fuente: Datos GLP y GN – ERCUE 2018 Osinermin; datos electricidad – BID 2020. Elaboración: Propia

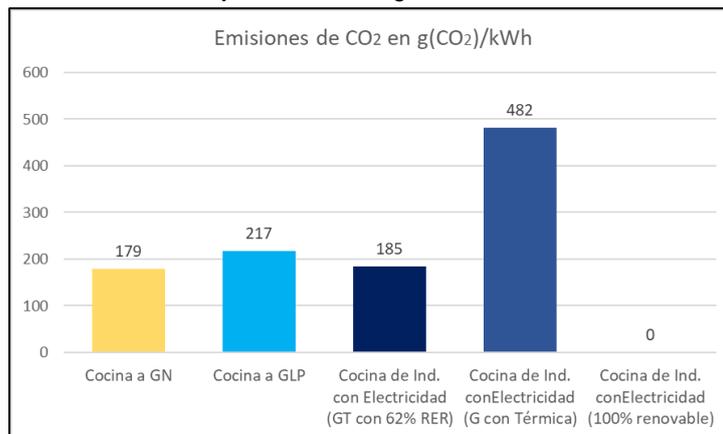
La oportunidad de mejora de la accesibilidad a combustibles limpios calculada, al usar cocinas de inducción, fue de 14%. Esto debido a que, la población ya cuenta con electricidad en el tomacorriente de su casa, según Osinermin el acceso a la electricidad fue de 97% al 2019. En consecuencia, el porcentaje de la población con acceso a combustible limpios para cocción pasará de 83% a 97% al usar cocinas de inducción.

### 4.1.4 Sostenibilidad ambiental de cada tecnología de cocción con su respectivo combustible

Un punto importante fue evaluar la huella de carbono del artefacto de cocción. Al no utilizar combustibles fósiles una cocina de inducción, se podría decir que no emite emisiones; sin embargo, como se evidenció en el apartado anterior, al momento de utilizar energía eléctrica, genera emisiones de CO<sub>2</sub>. La Figura 62 muestra los resultados de los cálculos realizados de las emisiones de CO<sub>2</sub> de cada tecnología de cocción. Aclarar que estos resultados son las emisiones totales que genera cada tecnología de cocción al sistema energético en su conjunto (en toda la cadena) al momento de su utilización.

Los resultados de las emisiones que genera las cocinas a GN y a GLP fueron de 175 g(CO<sub>2</sub>)/kWh y 217 g(CO<sub>2</sub>)/kWh respectivamente. Ambas emisiones se dan al final de la cadena y por única vez.

Figura 62. Emisiones de CO<sub>2</sub> en el sistema energético en su conjunto de tecnologías de cocción

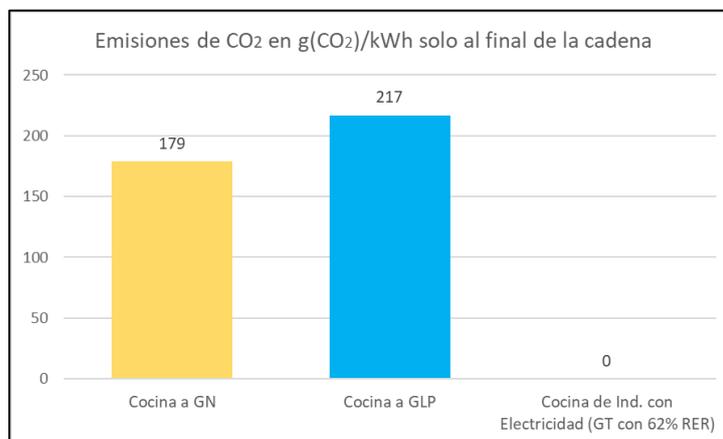


Fuente: Elaboración propia

Para la electricidad, el total de las emisiones generadas al año se dividió con el total de la producción, resultando un valor general emisiones de CO<sub>2</sub> de la generación total (GT) de 185 g(CO<sub>2</sub>)/kWh. Las emisiones de solo generación térmica resultó 482 g(CO<sub>2</sub>)/kWh. Y si las cocinas de inducción fueran alimentadas con fuentes renovables, sus emisiones serían cero. Este último caso es muy factible, debido a que, el consumo de una cocina de inducción se daría en horas fuera de punta, donde operan las centrales con combustible renovable.

Finalmente, fue importante resaltar que en el uso final de la cadena energética una cocina de inducción es totalmente limpia y no genera partículas contaminantes en el entorno del usuario (P.M. 5), reduciendo al máximo los riesgos de sufrir problemas oftalmológicos y bronquiales. No ocurre lo mismo con las cocinas a GLP y a GN, cuyas emisiones de CO<sub>2</sub> se dan al final de la cadena en el entorno del usuario, más son relativamente bajas y amigables con el medio ambiente y no peligrosas para el ser humano.

Figura 63. Emisiones de CO<sub>2</sub> al final de la cadena (entorno del usuario) de cada tecnología de cocción



Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.5 Seguridad de cada tecnología de cocción con su combustible respectivo

La tabla 20 muestra las características de seguridad de cada tecnología de cocción establecidas en esta investigación. Como se puede ver, se identificó 7 aspectos en seguridad de cada forma de cocción, 6 a nivel usuario y una a nivel país. Los aspectos sombreados de verde, son aspectos positivos y los de rojo negativos. Para una cocina de inducción, los 7 aspectos identificados fueron positivos y que la catalogaron como el sistema de cocción con nivel alto de seguridad frente a las de GN y a las de GLP. Al sistema de cocción a GN se catalogó con nivel medio de seguridad, debido a la proporcionalidad de aspectos positivos y negativos que se identificó. Finalmente, al sistema de cocción a GLP se catalogó con nivel bajo de seguridad, debido a que, todos los aspectos identificados fueron negativos.

Tabla 20. Nivel de seguridad de cada sistema de cocción

Cocinas de Inducción	Cocina a GN	Cocina a GLP
Para el usuario residencial		
<b>Cero riesgos de quemaduras:</b> tan solo calienta el recipiente o utensilio.	<b>Riesgos de quemaduras:</b> Hay fuego de por medio y se calienta todo el sistema de cocción.	<b>Riesgos de quemaduras:</b> Hay fuego de por medio y se calienta todo el sistema de cocción.
<b>Cero riesgos de incendios:</b> No hay fuego de por medio.	<b>Riesgos de Incendios:</b> Hay fuego de por medio	<b>Riesgos de Incendios:</b> Hay fuego de por medio.
<b>Cero riesgos de explosiones:</b> no cuenta con balón de gas.	<b>Cero riesgos de explosiones:</b> no cuenta con balón de gas.	<b>Riesgos de explosiones:</b> cuenta con balón de gas (bomba de tiempo latente).
<b>Cero riesgos de fuga de combustible</b> que causen intoxicaciones y asfixias.	<b>Riesgos de fuga de combustible</b> que causen intoxicaciones y asfixias.	<b>Riesgos de fuga de combustible</b> que causen intoxicaciones y asfixias.
<b>Venta del energético a la cantidad exacta (no fraude):</b> Existencia de medidor.	<b>Venta del energético a la cantidad exacta (no fraude):</b> Existencia de medidor.	<b>Riesgos de estafa:</b> Venta de energético inexacto (no hay medidor).
<b>Seguridad de suministro:</b> Punto de acceso al energético en el hogar (Tomacorriente).	<b>Seguridad de suministro:</b> Punto de acceso al energético en el hogar (conexiones internas de gas).	<b>No hay seguridad de suministro:</b> Compra externa de balón de gas (no hay punto de acceso al energético en el hogar).
Para el país		
<b>Seguridad en el transporte del energético:</b> Redes eléctricas	<b>Seguridad en el transporte del energético:</b> redes de gas natural.	<b>Riesgo en el transporte de grandes cantidades de GLP:</b> Grandes explosiones como el de villa el salvador.
<b>Nivel Alto de Seguridad</b>	<b>Nivel Medio de Seguridad</b>	<b>Nivel Bajo de seguridad</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.6 Costos reales del suministro de gas natural para un usuario residencial – Categoría A1

Para el cálculo del costo real del suministro de gas natural se tomó la categoría A1 sin promoción, los cuales corresponden a los usuarios residenciales con un consumo menor a 30 Sm<sup>3</sup>/mes. Según el pliego tarifario de Osinergmin, Cálidda tuvo los siguientes precios a enero de 2021.

Tabla 21. Pliego tarifario del servicio de distribución de gas natural de enero 2021

Categ. Tarifaria	Rangos		Gas y Transporte			TARIFAS UNICAS DE DISTRIBUCION EN S/			
	m <sup>3</sup> /mes		Precio medio del gas natural	CMT del Gas natural		Costo Fijo de Comercialización		CF Distribución	CV Distribución
				Transporte	Recargo FISE	(CF)		(DF)	(DV)
	Desde	Hasta	US\$/Sm <sup>3</sup>	US\$/Sm <sup>3</sup>	US\$/Sm <sup>3</sup>	S./mes	S./ (m <sup>3</sup> /día)-mes	S./ (m <sup>3</sup> /día)-mes	S./ Sm <sup>3</sup>
A1	0	30	0.13	0.06	0.002	2.15	-	-	0.68

Fuente: Elaboración: Propia

A partir de dichos precios se procedió al cálculo de los costos reales de producción, transporte y distribución.

Como se expuso en bases teóricas, el consumo promedio de gas natural de un usuario residencial es de 16m<sup>3</sup>, dicho valor fue multiplicado con el poder calorífico superior del GN (0,04 MMBtu/m<sup>3</sup>), resultando 0.61 MMBtu la energía consumida (Ver tabla 22).

Tabla 22. Energía promedio consumida de GN por un usuario residencial (Categoría A1)

Detalle de consumo:		
Consumo/mes	16	m <sup>3</sup>
Poder calorífico - PC	0.04	MMBTU/m <sup>3</sup>
Energía Consumida	0.61	MMBTU

Fuente: Elaboración Propia

#### Producción y transporte

Con la inversa del poder calorífico del GN (26m<sup>3</sup>/MMBTu), se multiplicó los precios de producción y transporte, resultando 3.46 \$/MMBTu y 1.40 \$/MMBTu respectivamente. Ambos datos fueron sumados y multiplicados con la energía promedio consumida de un usuario residencial, cuyo valor resultó 3 \$/Usuario-mes (Ver tabla 23).

Tabla 23. Costos de producción y transporte del GN para un usuario residencial (Categoría A1)

Producción y transporte		
Producción	3.46	\$/MMBTU
Transporte	1.40	\$/MMBTU
P&T	4.86	\$/MMBTU
\$/mes	3	\$/usuario-mes

Fuente: Elaboración Propia

## Distribución

Para el cálculo de los costos reales de distribución del GN orientado a un usuario residencial, se tuvo en cuenta los costos de Operación y Mantenimiento (O&M) y la de la inversión de red.

Tabla 24. Evolución de los metros de red por usuario del 2005 al 2020

Mes	Total (km)	Usuarios			m/usuario	Promedio año
		R/C	I	Total		
Oct-05	181	1049	52	1101	164	667
Oct-06	405	4536	138	4674	87	92
Oct-07	527	6363	204	6567	80	81
Oct-08	624	9288	252	9540	65	71
Oct-09	856	15085	308	15393	56	58
Oct-10	1192	26419	351	26770	45	48
Oct-11	1611	51595	382	51977	31	36
Nov-11	1634	52728	387	53115	31	36
Oct-12	2310	83179	429	83608	28	29
Oct-13	3166	133227	463	133690	24	24
Oct-14	4499	227545	497	228042	20	20
Oct-15	5593	309574	514	310088	18	18
Oct-16	7108	407415	534	407949	17	18
Oct-17	8135	529051	551	529602	15	16
Oct-18	9365	706096	632	706728	13	14
Oct-19	10212	799110	656	799766	13	13
Oct-20	11842	1005615	685	1006300	12	12

Nota: R/C = Residencial/Comercial e I = Industrial. Max. Valor entre el 2006 – 2020: 92 m/usuario y Mín. Valor en el mismo periodo: 12 m/usu

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 24 muestra la cantidad de usuarios que tiene la concesionaria Calidda en los sectores residencial, comercial e industrial y los kilómetros de red desde octubre del 2005 al 2020. Se dividió los kilómetros totales de red en distribución del gas entre la

cantidad total de usuarios de la concesionaria, resultando los metros por usuario. Siendo los más altos los primeros años (mayores a los 92 m/usuario) y los más bajos los dos últimos años (entre 13 y 12 m/usuario).

En la tabla 25 muestra el Capex (inversión en red) total ejecutado al 2020 de Cálida, el cual fue de 1 128 millones de US\$. Asimismo, muestra la cantidad de kilómetros de red al 2020, el cual fue de 11 842 km. Para el cálculo de la inversión por metro de red se dividió la inversión entre el total de kilómetros de red, resultando 95 US\$/m.

Tabla 25. Inversión del metro de red por usuario 2018-2020

Inversión	Unidad
1128	MM US\$ (3erT2020) - CAPEX
11842	km (2020)
95	US\$/m

Fuente: Elaboración Propia

El valor de la inversión por metro de red fue multiplicado por la longitud de red (en metros) mínima y del último año, resultando 1143 US\$/usuario. A este valor se le calculó su anualidad al 12% de tasa de retorno, en un periodo de 33 años (concesión), resultando 141 \$/usuario-año. A este valor se le añadió los costos de operación y mantenimiento (Aprox. 4% de la inversión por usuario) y se dividieron entre 12 meses, dando un resultado de 16 US\$/Usuario – mes, costo real de **distribución** (Ver tabla 26).

Tabla 26. Costos reales de distribución del GN para un usuario residencial (Categoría A1)

Distribución		
Longitud red	12.00	m/usuario
Inversión unitaria	95.25	\$/m
Inversión en red (Por usuario)	1143.05	\$/usuario
Anualidad con 12%	141	\$/usuario-año
O&M - Año	46	\$/usuario-año
Inversión+O&M - Anual	186	\$/usuario-año
Inversión+O&M - Mensual	16	\$/usuario-mes

Fuente: Elaboración Propia

## Conexión

Los costos reales de conexión domiciliaria comprenden: derecho de conexión, acometida y servicio integral de instalación interna (SIII).

Con respecto al **derecho de conexión**, el costo a enero de 2021 fue de 324 S/m3/d para las categorías A1 y A2; y el factor K fue de 9 (aplicables al procedimiento de Viabilidad de Nuevos Suministros aprobados mediante Resolución Osinergmin N.º 056-2009-OS/CD). Estos dos valores fueron multiplicados y llevados a dólares estadounidenses a tasa de cambio de 3.6, cuyo resultado fue de 810 US\$/m3/d. Finalmente, ese valor fue multiplicado por el consumo promedio diario del usuario residencial, dando como resultado el costo real del derecho de conexión, 426 \$/usuario (Ver tabla 27).

Tabla 27. Costos reales del derecho de conexión del GN y factor K.

Derecho de conexión	A1 y A2
S/m3/d	324
Factor K	9
S/m3/d	2915
US\$/m3/d	810
m3/d	0.53
US\$	426

Fuente: Elaboración Propia

Los topes máximos de **acometida** del tipo G 1.6 (Hasta 2.5 Sm3/h) para consumidores con consumos menores o iguales a 300 m3/mes (residenciales) a enero de 2021 fueron de s/ 516 con muro existente y s/ 637 con muro a construir. Ambos cargos incluyen IGTV (18%), por lo que al momento de llevarlos a dólares estadounidense se restó dicho impuesto. Los resultados se muestran en la siguiente tabla 28.

Tabla 28. Topes máximos de acometida del tipo G 1.6 (Residencial)

Topes máximos	Muro existente	Muro extraído	Unidad
Medidor G 1.6	516	637	S/ con/IGV
	122	150	\$ sin/IGV

Fuente: Elaboración Propia

El costo máximo del servicio integral de instalación interna (SIII) estuvo entre s/ 1163 y s/2100, según Resolución de Consejo Directivo N.º 065-2021-OS/CD, el pasado abril de 2021. El precio exacto depende a la cantidad de puntos de suministro y al tipo de instalación interna. Estos valores incluyen IGTV, por lo que al momento de llevarlos a dólares estadounidense se restó dicho impuesto. Seguidamente, se procedió a calcular la cuota máxima mensual de financiamiento en un periodo de 10 años sin interés, como dispone el FISE. La siguiente tabla 29 muestra los resultados.

Tabla 29. Costo máximo del servicio integral de instalación interna y cuota máxima mensual - Financiamiento en 10 años.

Tipo de instalación interna	1 punto de sum.	2 punto de sum.	3 punto de sum.	Unidad
Empotrado	1295	1705	2100	S/ con/IGV
A la vista	1163	1546	1911	
Empotrado	305	401	494	\$ sin/IGV
A la vista	274	364	450	
Cuota máxima mensual - Financiamiento en 10 años				
Empotrado	3	3	4	\$ sin/IGV
A la vista	2	3	4	

Fuente: Elaboración Propia

Los costos reales de conexión total se calcularon de la siguiente manera:

Se sumó los resultados del derecho de conexión (DC) y de acometida (AC) por usuario, al resultado se le halló su anualidad a una tasa de retorno de 12% conforme a ley en un periodo de 33 años(concesión). Dicho valor fue dividido en 12 meses para hallar la cuota mensual (DC+AC); y finalmente, sumarlo con la cuota del SIII, resultando 8 \$ la cuota real de conexión mensual (Ver tabla 29).

Tabla 30. Costo real de conexión del GN para un usuario residencial (Categoría A1).

Conexión		
Los costos de conexión domiciliaria son: derecho de conexión (DC) + acometida (AC) + Servicio integral de instalación interna (SIII)		
Derecho de conexión	426	\$/usuario
acometida	122	\$/usuario
SIII	2	\$/usuario - mes
Total (DC+AC)	548	\$/usuario
Total (DC+AC) Usuario-Año	67	\$/usuario-año
Total (DC+AC+SIII) Usuario-mes	8	\$/usuario-mes

Fuente: Elaboración Propia

### Costo total real del GN – Residencial mensual

Finalmente, los resultados reales de producción, transporte, distribución y conexión se sumaron, resultando 26 \$ el costo real del GN para un usuario residencial (Categoría A1) sin IGV, y con IGV 31\$ (Ver figura 31).

Tabla 31. Costo real del gas natural para un usuario residencial (Categoría A1).

Costo Total Real - Mensual		
Producción y transporte	3	\$/usuario-mes
Distribución	16	\$/usuario-mes
Conexión	8	\$/usuario-mes
\$/mes sin IGV	26	\$/usuario-mes
\$/mes IGV	5	\$/usuario-mes
Total \$/mes con IGV	31	\$/usuario-mes

Fuente: Elaboración Propia

### Cálculo del subsidio

Como se mencionó en bases teóricas, el precio del gas natural en Lima y Callao para la Categoría A1 a enero de 2021 fue aproximadamente 12.5 \$ el MMBtu o su equivalente 0.5 \$ el m<sup>3</sup>. Dicho valor se multiplicó por el consumo promedio de un usuario residencial (16m<sup>3</sup>) y resultó 8 \$/mes, el precio que actualmente se paga por el gas natural para la categoría A1 (Ver tabla 32).

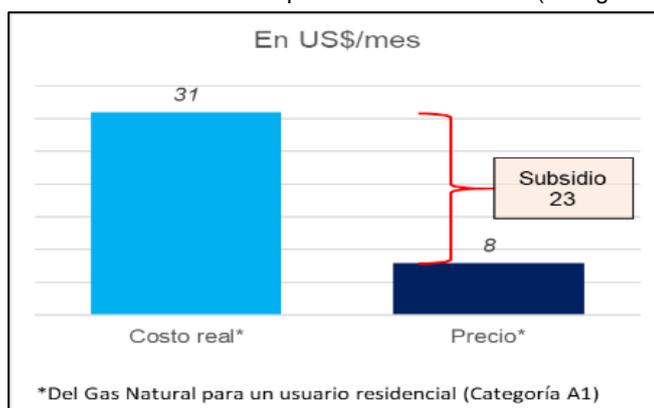
Tabla 32. Monto total de subsidio al gas natural para un usuario residencial (Categoría A1)

<b>Precio del gas residencial</b>		
\$/MMBtu	12.6	
\$/Sm <sup>3</sup>	0.5	
\$/mes	8	
<b>Subsidio</b>		
\$/mes-usuario	23	
\$/mes	23,565,409	=23 MM\$
\$ -año	282,784,904	=282 MM\$
Concesión (17 años)	4,807,343,365	=4800 MM\$

Fuente: Elaboración Propia

Se aplicó una diferencia entre el costo real y el precio del GN calculado y resultó el monto de 23 \$/mes, valor que se subsidia para cada usuario. Para hallar el monto total del subsidio para la concesionaria Cálidda se multiplicó el monto anterior con la cantidad de usuarios de la concesionaria, resultando 23 millones de \$ al mes y que asciende a 282 MM\$ al año; y por los 17 años de concesión que aún falta, el monto en subsidios que se calculó fue de 4800 millones de dólares (Ver tabla 32).

Figura 64. Monto del subsidio por usuario residencial (Categoría A1)



Fuente: Elaboración propia

### Resultados de los costos reales del gas natural

El costo real del gas natural para un usuario residencial, que se muestran en la figura 64, fue calculado con los costos mínimos en distribución y conexión. En tal sentido, en esta investigación, se denominó tres escenarios para ver los costos reales promedios y máximos.

**Escenario 1:** Cálculos realizados con costos mínimos en distribución y conexión. donde; se consideró 12 el metro de red por usuario, el costo de la acometida con muro existente y el costo del SIII con instalación a la vista y con un punto de suministro.

**Escenario 2:** Cálculos donde se consideró el metro de red por usuario, 14m en distribución (promedio de los últimos 4 años – años con programa bonogas); y en conexión, se consideró el costo de la acometida con muro inexistente y el costo del SIII con instalación empotrada y con un punto de suministro.

**Escenario 3:** Cálculos donde se consideró el metro de red por usuario 19m en distribución (promedio de los años 2014, 2015 y 2016 – años sin crecimiento de usuarios después de un salto del 2013 a 2014); y en conexión, se consideró el costo de la acometida con muro inexistente y el costo del SIII con instalación empotrada y con dos puntos de suministro. Los resultados de los valores de cada escenario se muestran en la siguiente tabla 33.

Tabla 33. Escenarios de costos reales del gas natural para usuario residencial (Categoría A1)

	Costo Total Real - Mensual (US\$/Usuario - Mes)
Escenario 1	31
Escenario 2	36
Escenario 3	44

Fuente: Elaboración propia

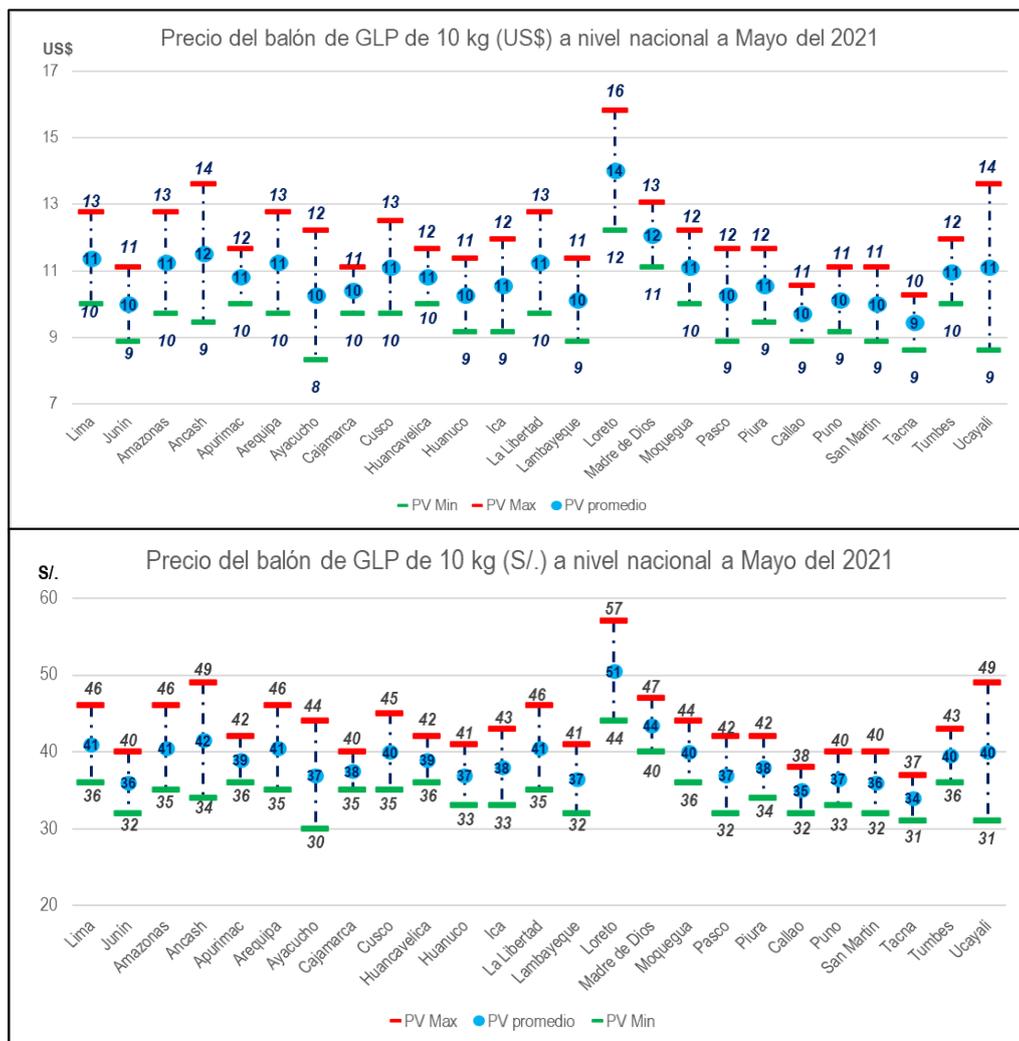
#### 4.1.7 Competitividad de combustibles para cocción: Gas natural, GLP y electricidad

##### Comparación de costos reales de combustibles energéticos para consumos equivalentes a 16m3 (GN)

Para el **gas natural**, en el apartado anterior se calcularon los costos reales del gas natural para un usuario residencial de consumo promedio de 16 m<sup>3</sup> (Categoría A1), los cuales resultaron \$31, \$36 y \$ 44 para los escenarios 1,2 y 3 respectivamente.

Para el **gas licuado de petróleo**, el costo y el precio de GLP para el usuario residencial, en esta investigación, se consideró como iguales, debido a la inexistencia de algún subsidio a dicho combustible en su totalidad de mercado. El vale de descuento de 18 soles solo es para una parte de la población (Aprox. 800 mil familias a marzo de 2021).

Figura 65. Precios del balón de GLP de 10 kg (Incluye IGV) a nivel nacional.



Nota: Tipo de cambio es 3.6 de soles a dólares. PV=precio de venta  
Fuente: Elaboración propia

La figura 65 muestra los resultados de los cálculos realizados en US\$ del precio del balón de gas a nivel nacional. El precio más alto se registró en la región de Loreto, 16 \$ (Precio Max.) ,12 \$ (Precio Min.) y un precio promedio de 14 \$. El precio más bajo en la región de Ayacucho, 12 \$ (Precio Max.) ,8 \$ (Precio Min.) y un precio promedio de 10 \$. Asimismo, en Lima Metropolitana se registró 13 \$ (Precio Max.) ,10 \$ (Precio Min.) y un precio promedio de 11 \$. Todos los datos fueron calculados a una tasa de cambio de 3.6 y basados en el portal web Facilito Balón de gas de Osinergmin.

Como se mencionó anteriormente, el costo del GLP envasado es igual a su precio, por la no presencia de subsidios. Por tanto, los resultados (Precios) que se muestran en la figura 65, también son los costos del GLP envasado de 10kg.

Al igual que el gas natural, se denominó tres escenarios dependiendo al costo (Del mínimo al máximo).

**Escenario 1:** Promedio de costos mínimo del GLP a nivel nacional (todas las regiones).

**Escenario 2:** Promedio de costos promedio del GLP a nivel nacional (todas las regiones).

**Escenario 3:** Promedio de costos máximo del GLP a nivel nacional (todas las regiones).

Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 34. Costo total real del balón del GLP (10kg) y del consumo promedio de un usuario residencial (15kg)

	Costo Total Real del GLP - 10kg	Costo Total Real del GLP - 15kg (Consumo promedio de un usuario residencial)
Escenario 1	\$10	\$14
Escenario 2	\$11	\$16
Escenario 3	\$12	\$18

Fuente: Elaboración propia

La segunda columna de la tabla 34 muestra los costos del GLP del consumo promedio de un usuario residencial en los tres escenarios (Costo mínimo, medio y alto). Los cálculos realizados de dicha columna muestran lo que, a mayo de 2021, los usuarios residenciales pagaron para cocinar mensualmente.

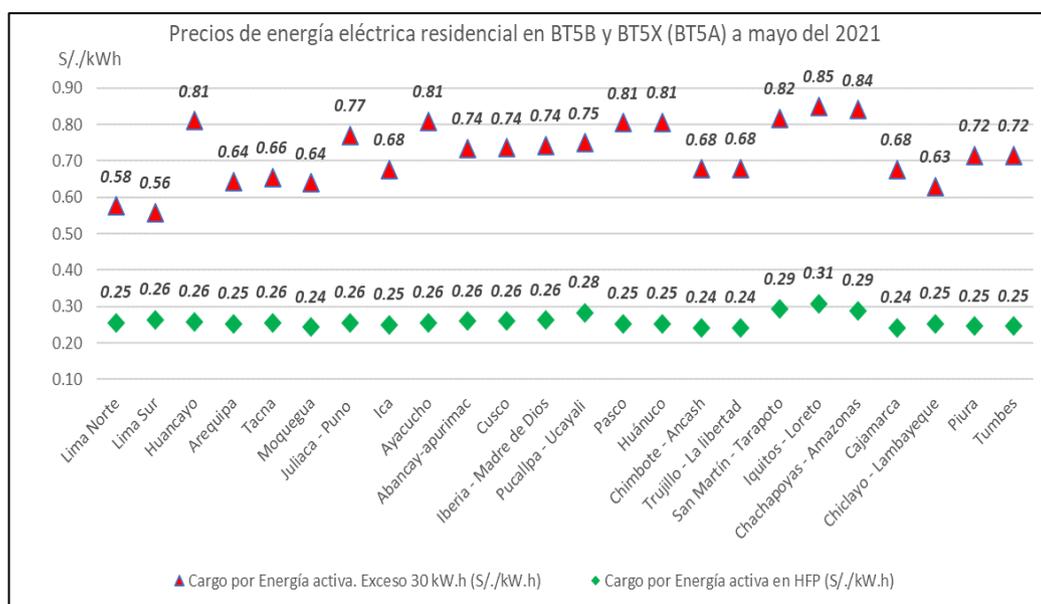
En el caso de **la electricidad**, los costos calculados se dieron en dos tipos de medición:

Medición de “1 energía -1E” (Medición en conjunto, en horas fuera de punta y horas punta) - La opción residencial actual: BT5B

Medición de “2 energías -2E” (Medición diferenciada, en horas fuera de punta y horas punta) - La opción tarifaria BT5X (basada en la opción tarifaria BT5A).

La figura 66 muestra los precios de energía eléctrica residencial, sin IGV, de las opciones tarifarias actuales BT5B – Residencial (Cargo por energía activa – exceso 30kWh) y la BT5A (Cargo en energía activa en HFP).

Figura 66. Precios de energía eléctrica residencial en BT5B y BT5X (BT5A) sin IGV a mayo de 2021



Fuente: Elaboración propia

Al igual que el GLP, se consideró el costo de la energía eléctrica igual a su precio porque las tarifas que se muestran en la figura 66 no consideran subsidios.

La tarifa más alta en la opción BT5B se registró en la región Loreto (0.85 s/./kWh) y la más baja en la región Lima (0.56 s/./kWh), con un promedio ponderado a nivel nacional de s/ 0.72 el kWh. Por otro lado, en la opción BT5A se registró la tarifa más alta, también en la región Loreto (0.31 s/./kWh) y la más baja, también en la región Lima (0.25 s/./kWh), con un promedio ponderado a nivel nacional similar al de la capital Lima s/ 0.26 el kWh.

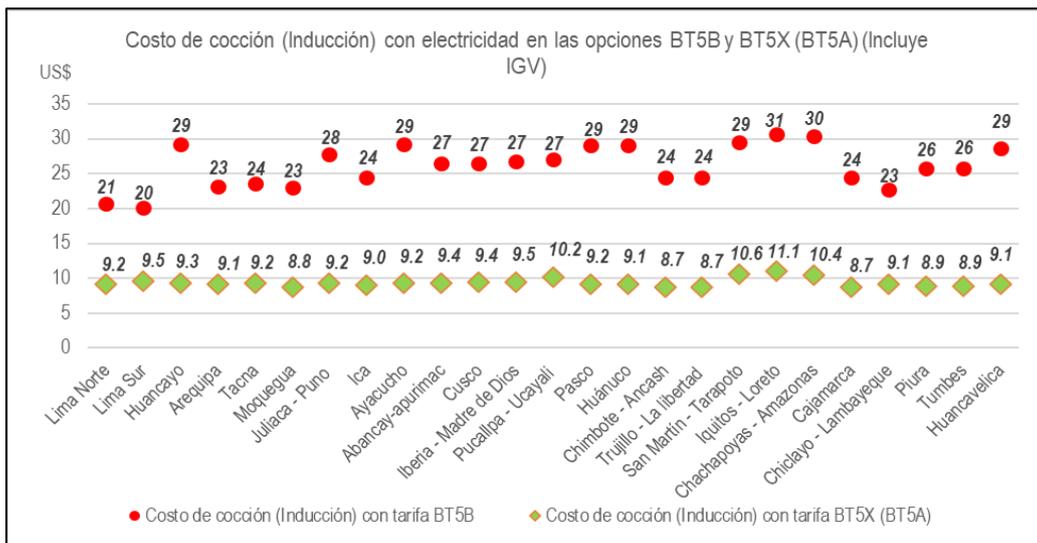
Es importante resaltar que, en esta investigación se planteó la opción BT5X. Opción de medición diferenciada, en horas fuera de punta (HFP) y horas punta (HP):

- HP: Periodo comprendido entre las 18:00 y las 23:00 horas de cada día de todos los meses del año.
- HFP: El resto de horas del mes no comprendidas en horas de punta (HP).

Los precios de energía eléctrica para esta opción BT5X fueron tomados de la opción tarifaria actual BT5A, opción con precios de electricidad semejantes a los que se desea implementar.

Con mencionadas tarifas, la BT5B y la BT5X (basada en la BT5A), se calculó el costo de cocinar con electricidad (cocinas de inducción) para un consumo equivalente a 16m<sup>3</sup> de GN; y que en la figura 67 se muestra por regiones.

Figura 67. Costos de cocción (inducción) para consumos equivalentes a 16m<sup>3</sup> (GN) con electricidad con las tarifas BT5B y BT5X(BT5A) (Incluye IGV).



Nota: Tipo de cambio es 3.6 de soles a dólares.

Fuente: Elaboración propia

Los costos de cocinar con electricidad con medición diferenciada BT5X, que se calcularon para un consumo equivalente a 16m<sup>3</sup> de GN (15kg de GLP), fueron de 9 US\$ en las regiones Lima, Junín, Huancavelica, Arequipa, Tacna, Moquegua, Puno, Ica, Ayacucho, Apurímac, Madre de Dios, Pasco, Huánuco, Ancash, La Libertad, Cajamarca, Lambayeque, Piura y Tumbes; 10 US\$ en las regiones de Ucayali, San Martín y Amazonas; y la más alta, 11 US\$ en la región Loreto.

Por otro lado, los costos de cocinar con medición en conjunto BT5B, que se calcularon para un consumo equivalente a 16m<sup>3</sup> de GN (15kg de GLP), fueron de 20 US\$ (costo más bajo registrado en Lima Metropolitana), 31 US\$ (costo más alto registrado en Amazonas y Loreto) y 26 US\$ (costo promedio a nivel nacional).

Asimismo, al igual que el gas natural y GLP, se denominó tres escenarios dependiendo al costo (Del mínimo al máximo).

**Escenario 1:** Costo mínimo de cocinar con electricidad (Inducción) con opción tarifaria BT5B y BT5X (BT5A)

**Escenario 2:** Costo promedio de cocinar con electricidad (Inducción) con opción tarifaria BT5B y BT5X (BT5A)

**Escenario 3:** Costo máximo de cocinar con electricidad (Inducción) con opción tarifaria BT5B y BT5X (BT5A)

Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 35. Costo Total real de electricidad para cocción (Inducción) de las opciones tarifarias BT5B y BT5X. Incluye IGV

	Costo de cocción (Inducción) con tarifa BT5B	Costo de cocción (Inducción) con tarifa BT5X (BT5A)
Escenario 1	\$20	\$9
Escenario 2	\$26	\$9
Escenario 3	\$31	\$11

Fuente: Elaboración propia

### Comparación de costos reales: GN, GLP y electricidad

Finalmente, se comparó los costos de los tres insumos energéticos en los tres escenarios que se muestran en la tabla 36. De acuerdo a los consumos que se estimó de cada insumo energético para cocción: Gas natural (194 kWh- mes), GLP (194 kWh -mes) y electricidad (110 kWh – mes), se calculó los costos reales sin subsidios de cada uno de ellos, resultando la electricidad con medición diferenciada el combustible para cocción más competitivo económicamente entre ellos.

Tabla 36 . Costos finales de insumos energéticos para cocción en US\$/mes para consumos promedios de 194 kWh (GN), 194 kWh (GLP) y 110 kWh (Electricidad). Incluye IGV.

Energético	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Gas natural ductos	31	36	44
GLP	14	16	18
Electricidad 1E (BT5B)	20	26	31
Electricidad 2E (BT5X)	9	9	11

Fuente: Elaboración propia

### Comparación de precios de solo energía para consumos equivalentes a 16m3 (GN)

El precio es el monto final que paga el usuario residencial, el cual puede incluir subsidios.

Para el gas natural se calculó el precio de acuerdo a los pliegos tarifarios que se publicaron en el portal web de Osinergmin de la concesionaria Calidda a enero de 2021. El resultado fue de 12.5 US\$/MMBtu y que llevado a \$/Sm<sup>3</sup>, resultó 0.5. Dicho resultado se multiplicó por el consumo promedio de un usuario residencial de gas natural (16m<sup>3</sup>), resultando 8 US\$ por usuario mensualmente.

Los precios de GLP y la electricidad, como ya se anticipó, se consideraron iguales a los costos porque no se consideran los subsidios que se dan a una parte de la población peruana. La comparativa se muestra en la siguiente tabla 37.

Tabla 37. Precios finales de solo energía para cocción en US\$/mes para consumos promedios de 194 kWh (GN), 194 kWh (GLP) y 110 kWh (Electricidad).

Energético	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Gas natural ductos	8	8	8
GLP	14	16	18
Electricidad 1E (BT5B)	20	26	31
Electricidad 2E (BT5X)	9	9	11

Fuente: Elaboración propia

La comparación de precios de la tabla 37 no refleja verdadera competitividad porque los valores del gas natural están subsidiados. Sin embargo, el precio de electricidad con medición diferencia BT5X, que es igual su costo, compite con el precio subsidiado del gas natural.

Resaltar que, el precio de 9 US\$ de la electricidad para cocción calculado, está presente en 20 regiones del Perú, una de ellas es Lima, donde se encuentra más del 40% de la población. Por el contrario, se identificó, el gas natural (Precio de 8 US\$) solo está disponible en las regiones de Lima, Ica, Tacna, Arequipa, Moquegua, Ancash, Lambayeque, La Libertad y Cajamarca con índices de acceso muy por debajo del 50%. Los precios que se registraron en las regiones de la costa sin acceso al City Gate de Lurín, tienen subsidios más elevados en distribución que en las regiones con acceso.

### **Comparación de costos reales de combustibles energéticos para consumos equivalentes a 16m<sup>3</sup> (GN) por regiones**

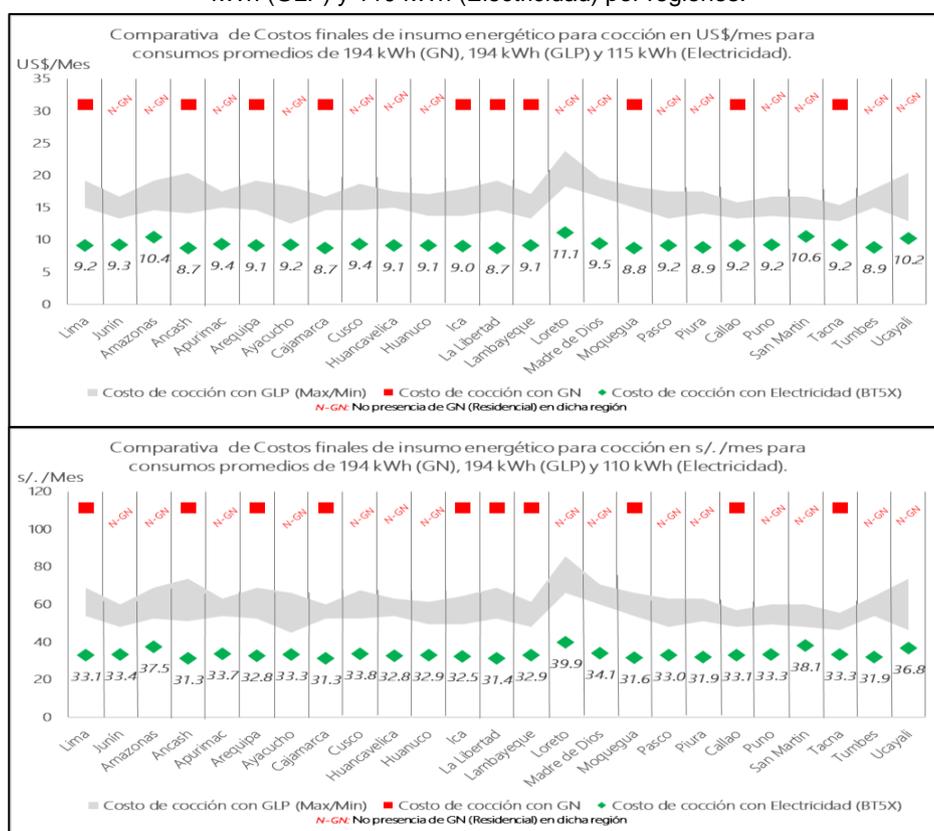
La figura 68 muestra la comparación realizada de los costos finales de los insumos energéticos para cocción de consumos promedios mensuales (194 kWh (GN – 16m<sup>3</sup>), 194 kWh (GLP – 15kg) y 110 kWh (Electricidad inducción), de todas las regiones del Perú.

Se identificó al GN como el combustible más costoso y con menos presencia a nivel nacional (9%). 15 de las regiones del Perú no tienen acceso al GN y en las regiones que hay presencia de GN(Residencial), el índice de acceso es muy bajo; Lima y Callao (43%); Ica (33%); Arequipa, Moquegua y Tacna (3%); y Ancash, Cajamarca, La Libertad, y Lambayeque (17%); a junio de 2020.

Asimismo, se identificó al GLP con costos menores al del GN-Residencial pero no asequibles para una parte de la población (aprox. 26%). La presencia del GLP para cocción es a nivel nacional, con índice de acceso del 74%, pero debido a su alto y volátil costo, no permite su masificación completa.

Los cálculos realizados de los costos de electricidad con opción BT5X (Medición diferenciada) muestran que la electricidad es el energético ideal para cocción de alimentos, por su bajo costo y su accesibilidad mayor al 95% a nivel nacional. El costo calculado de electricidad es 50% menor al del GLP y 70% menor al del GN, para un consumo promedio mensual equivalente a 16m3: GN (194 kWh - 16m3), GLP (194 kWh - 15kg - 1 ½ balones) y Electricidad (110 kWh).

Figura 68. Comparación de costos reales de insumos energéticos para cocción en US\$/Mes y s./mes (Incluye IGV) para consumos promedios de 194 kWh (GN), 194 kWh (GLP) y 110 kWh (Electricidad) por regiones.



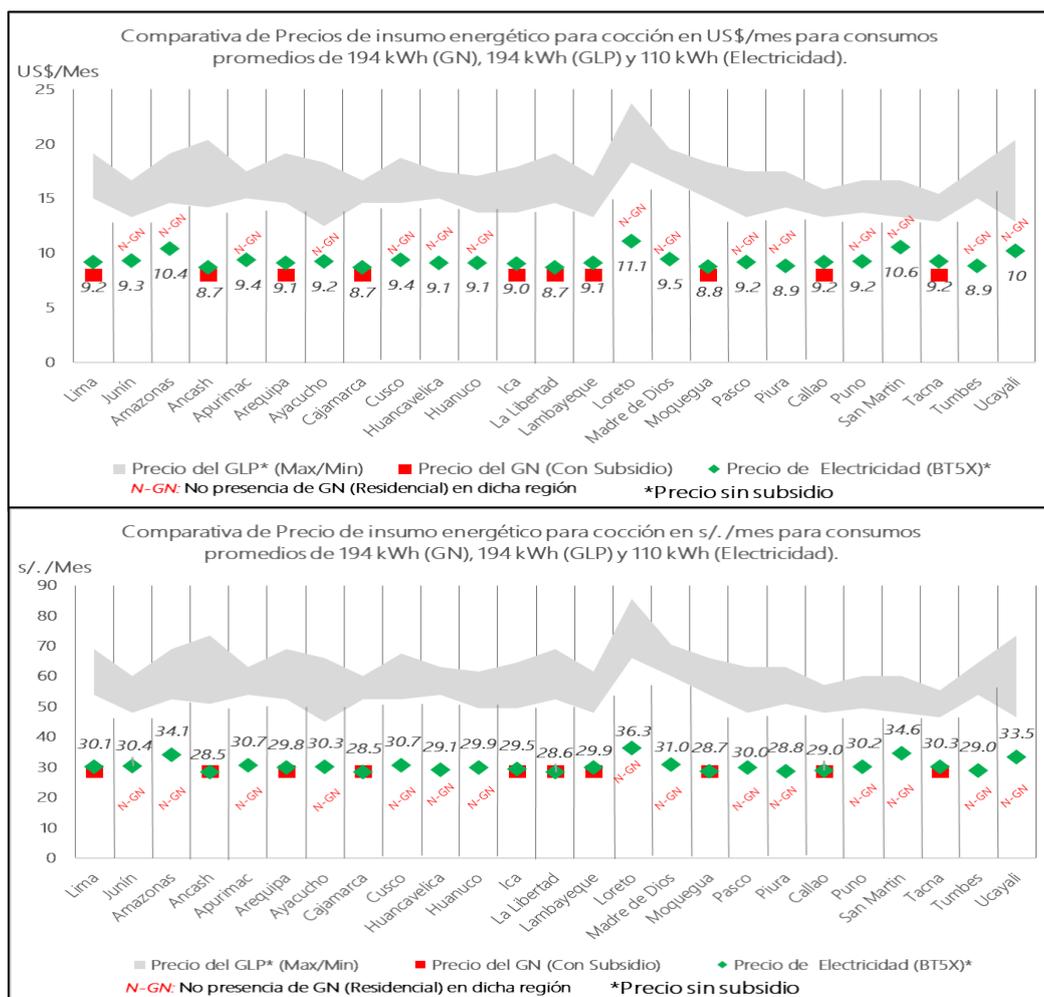
Tipo de cambio es 3.6 de soles a dólares.

Fuente: Elaboración propia

## Comparación de precios de solo energía para consumos equivalentes a 16m3 (GN) por regiones

La figura 69 muestra la comparación realizada de los precios con IGV de los insumos energéticos para la cocción de consumos promedios mensuales (194 kWh (GN – 16m3), 194 kWh (GLP – 15kg) y 110 kWh (Electricidad)), de todas las regiones del Perú.

Figura 69. Comparación de precios de solo energía para cocción en US\$/mes para consumos promedios de 194 kWh (GN), 194 kWh (GLP) y 110 kWh (Electricidad) por regiones



Fuente: Elaboración propia

“En la regulación de los servicios públicos debe existir una ponderación de los objetivos asociados a la eficiencia, con aquellos asociados a la equidad”. En el Perú, a través del Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos, se pudo concluir que existe una decisión de política de Estado para priorizar el objetivo de equidad, siendo que el marco regulatorio de la distribución de gas natural busca promover el acceso al gas natural de los diferentes tipos de consumidores, garantizando que las tarifas que pagan los consumidores por el consumo de gas natural deben representarles cierto nivel de ahorro

con respecto al uso del combustible sustituto. En ese contexto, el diseño tarifario de la distribución de gas natural también responde a los objetivos de acceso sugeridos por el marco normativo vigente.” (33)

Frente a esa premisa, fue importante resaltar que el precio de 8 US\$ presente en la región Lima que se muestra en la figura 69, es un valor subsidiado, y que cuyo monto responde a objetivos sugeridos y no reales de competitividad.

Los precios de electricidad y GLP que se calcularon, no se consideraron los subsidios que se dan a parte de la población peruana, por lo que, sus costos y precios en este estudio se consideraron iguales.

Resaltar que los precios de electricidad (BT5X) que se calcularon son tan competitivos como los del GN subsidiado. Además, la ventaja que se identificó para electricidad es su presencia en todo el Perú a un 97% frente al 9% del GN-Residencial.

#### **4.1.8 Cálculos de costos y precios de solo energía en US\$/mes para consumos equivalentes a 1 balón de 10 kg de GLP**

De acuerdo con el ERCUE 2018 de Osinergmin, el consumo promedio de una vivienda residencial a nivel nacional es de 1 balón de 10 kg por mes, dato que en esta investigación se consideró como incongruente, pero que refleja el ahorro de GLP que las familias hacen, en especial los hogares rurales, por el elevado y volátil precio del balón de GLP. El ahorro consiste en un consumo mixto de combustible, Leña y GLP.

A partir de esa premisa, se calcularon los costos y precios de los tres energéticos: GN, GLP y electricidad para consumos equivalentes a 1 balón de 10kg de GLP y que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 38. Equivalencia en energía eléctrica de 1 balón de 10kg de GLP a GN y electricidad.

	Consumo de un balón de 10 kg de GLP	Consumo de GN equivalente a un balón de 10 kg de GLP	Consumo de Electricidad equivalente a un balón de 10kg de GLP
En Unidad Comercial	10kg	11m3	75 kWh
En energía Eléctrica	132 kWh	132 kWh	75 kWh

Nota: Para el cálculo de las equivalencias se consideraron los siguientes datos: GLP – Pc: 11.5 kcal/kg y Efic. Final: 48%; GN – Pc: 10.44kcal/m3 y Efic. Final: 48%; y electricidad (Inducción): Efic. Final: 85%

Fuente: Elaboración propia

A partir de dichos consumos equivalentes a un balón de 10kg de GLP se calcularon los costos y precios de cada combustible.

Tabla 40. Costos de energía en US\$/mes para consumos equivalentes a 1 balón de 10 Kg de GLP.

Energético	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Gas natural ductos	28	32	40
Balón de GLP 10kg	10	11	12
Electricidad 1E (BT5B)	14	18	21
Electricidad 2E (BT5X)	6	6	8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Precios de solo energía en US\$/mes para consumos equivalentes a 1 balón de 10 Kg de GLP.

Energético	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Gas natural ductos	5	5	5
Balón de GLP 10kg	10	11	12
Electricidad 1E (BT5B)	14	18	21
Electricidad 2E (BT5X)	6	6	8

Nota: Escenario 1: Costos y precios mínimos; Escenario 2: Costos y precios promedio; Escenario 3: Costos y precios máximos. Los precios del GN que se presentan en la tabla, no consideran el monto de conexión, acometida y SIII.

Fuente: Elaboración propia

La tabla 39 muestra los costos calculados de solo energía en US\$/mes para consumos equivalentes a 1 balón de 10kg de GLP. Al igual que para los consumos promedios calculados anteriormente, se identificó a la electricidad con medición diferenciada BT5X como el energético más competitivo del mercado.

En cuanto a precios, la energía eléctrica compite con el GN subsidiado, de igual a igual. La ventaja que se identificó para la electricidad fue que el precio de 6 \$ está presente en 19 regiones del país incluyendo la capital Lima, a lo que el GN Residencial, su precio subsidiado de 5 \$ solo está presente en la capital e Ica con índices de acceso del 43% y 33% respectivamente. En las regiones de Tacna, Arequipa, Ancash, La Libertad, Moquegua y Cajamarca tienen un índice de acceso ínfimo, por el Norte 16% y por el lado sur 3%. Los precios que se calcularon son similares a los de Lima e Ica, pero con un subsidio mayor (Ver tabla 40).

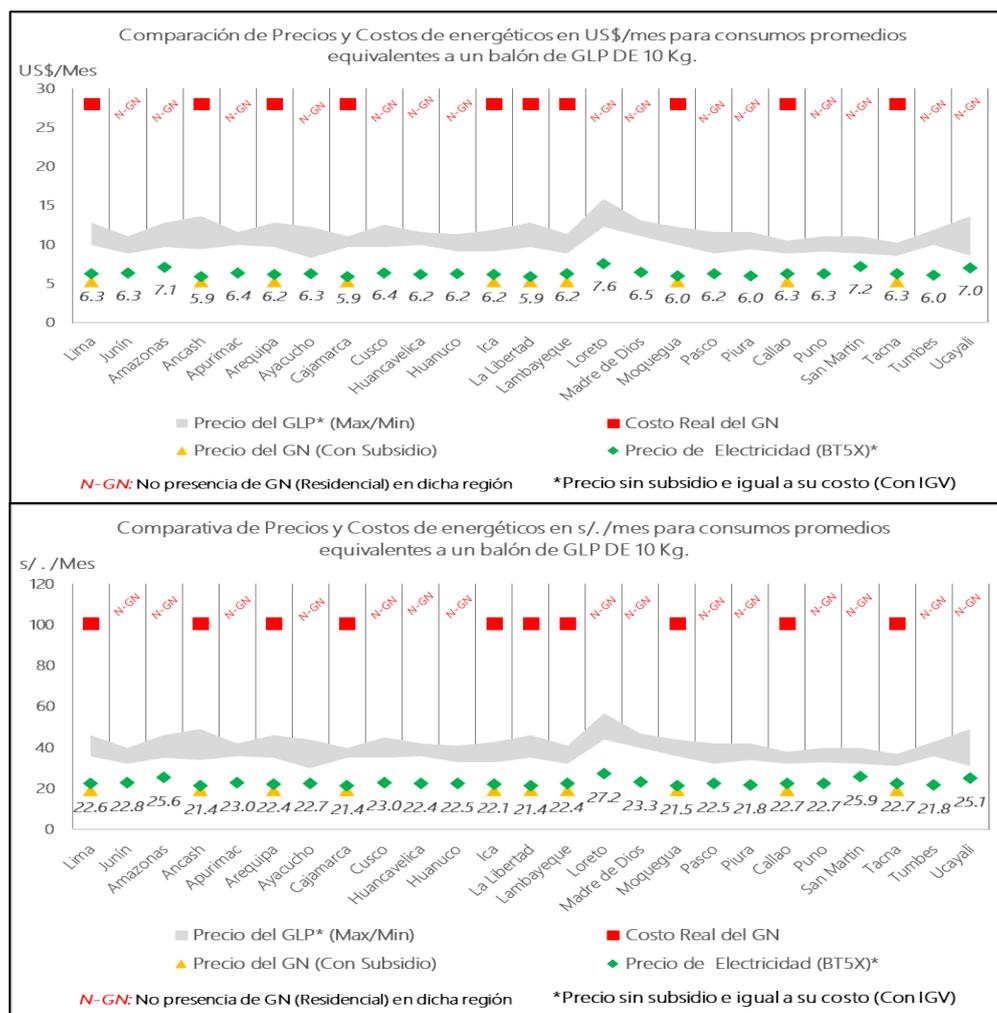
Tanto los costos como los precios de GLP que se reconocieron para un balón de GLP, muestran que no es un combustible competitivo, ni asequible para una parte de la población (Aprox. 26%).

## Comparación de precios y costos de energéticos (US\$/Mes) para consumos promedios equivalentes a un balón de GLP de 10 kg en todas las regiones del Perú

La figura 70 resalta la competitividad de la electricidad tanto en costos como en precios. El precio promedio de la electricidad BT5X calculado fue de 6 US\$ a nivel nacional, que en soles es 22. El precio promedio calculado de un balón de GLP de 10 kg fue de 11.5 US\$, equivalentes a 41 soles. Ambos precios son iguales a los costos de mencionados combustibles, por la no presencia de subsidios en su totalidad.

El costo calculado del GN Residencial fue de 28 US\$, muy por encima del costo del GLP y electricidad. A dicho costo si se le resta el subsidio calculado de aproximadamente 23 US\$, resulta un precio de 5.3 US\$ para un consumo equivalente a un balón de GLP de 10 kg, que en soles resulta 19. Valor solo disponible para las regiones de Lima e Ica, Ancash, La libertad, Lambayeque, Cajamarca, Arequipa, Moquegua y Tacna.

Figura 70. Comparación de precios y costos de energéticos para consumos promedios equivalentes a un balón de GLP de 10 kg (Incluye IGV) por regiones



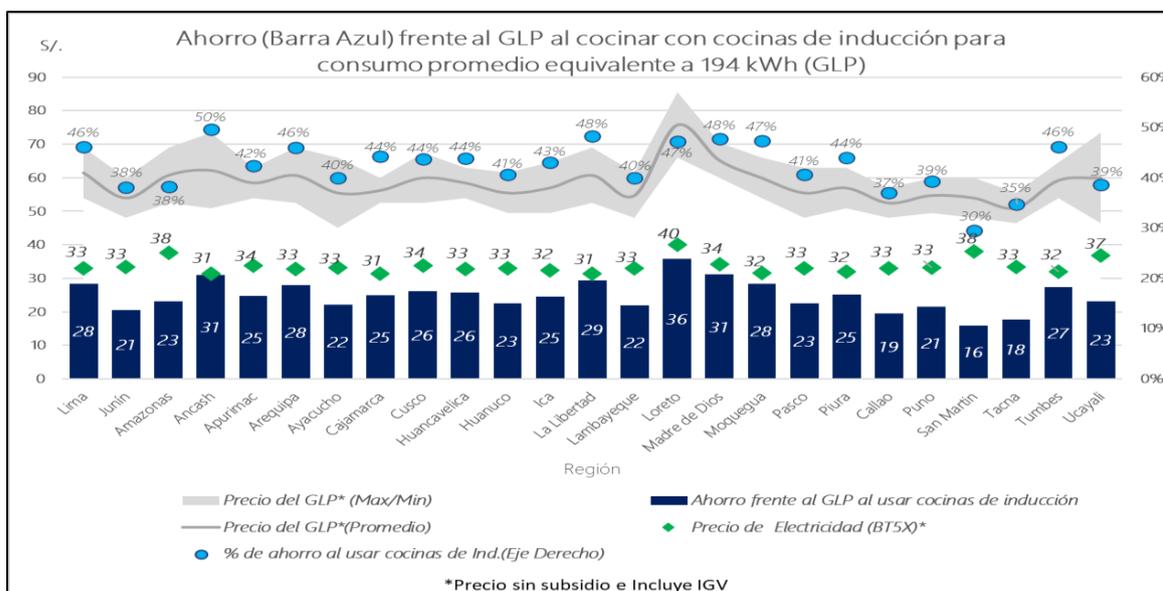
Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.9 Beneficio económico (Ahorro) que el usuario tendrá al usar cocinas de inducción

**Beneficio económico (Ahorro) que el usuario tendrá al usar cocinas de inducción con una tarifa eléctrica de medición diferenciada.**

Para un consumo promedio mensual residencial equivalente a 16m<sup>3</sup> de GN (15kg de GLP), el valor calculado del ahorro promedio al usar cocinas de inducción (Electricidad) frente al GLP (Precio promedio a nivel nacional) fue de 7 US\$, 25 soles. El mayor ahorro se identificó en la región Loreto, 10 US\$; y el menor en la región San Martín, 4.4 US\$. En la capital Lima, región que concentra la mayor parte de la población (más del 40%), el valor de ahorro calculado fue de alrededor de 9 US\$, 28 soles (Ver figura 71).

Figura 71. Ahorro (en US\$) al cocinar con cocinas de inducción para consumos equivalentes a 16m<sup>3</sup> (Consumo promedio residencial de gas natural) por regiones.

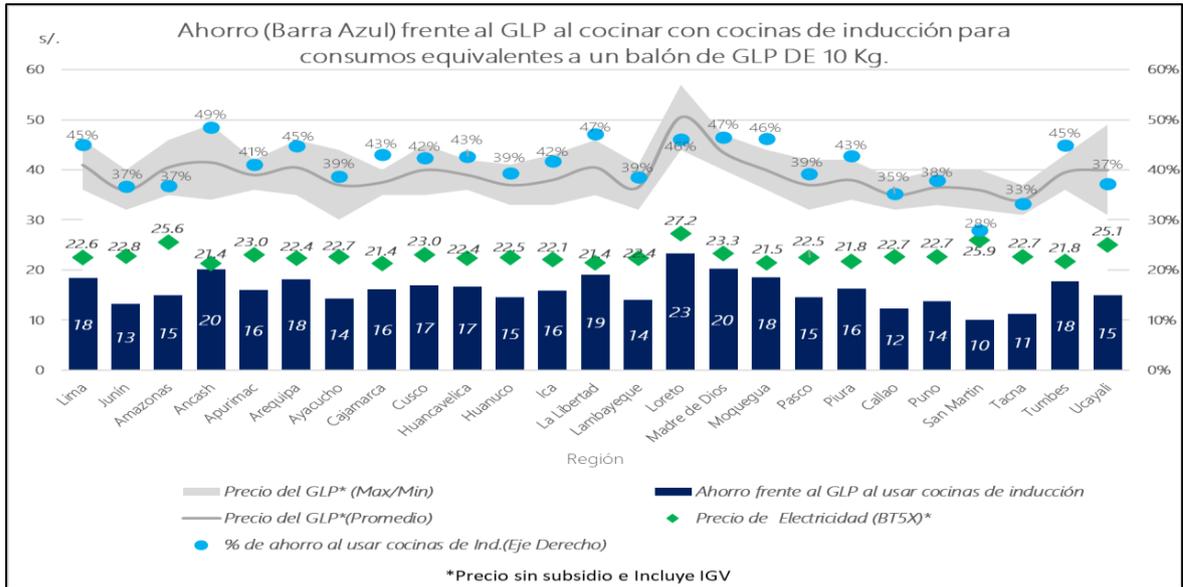


Fuente: Elaboración propia

Asimismo, fue necesario calcular mencionados ahorros para un consumo equivalente a de un balón de GLP de 10kg, a fin de una comparación más directa. Los resultados se muestran (en US\$ y s/.) en la figura 72.

Para un consumo equivalente a un balón de GLP de 10kg, el ahorro promedio calculado a nivel nacional fue de 5.1 US\$, 18.1 soles. Al igual que para un consumo promedio equivalente a de un balón y medio (15kg), se identificó el mayor ahorro en la región Loreto 6 US\$, 23 soles; y el menor en la región San Martín 3 US\$, 10 soles.

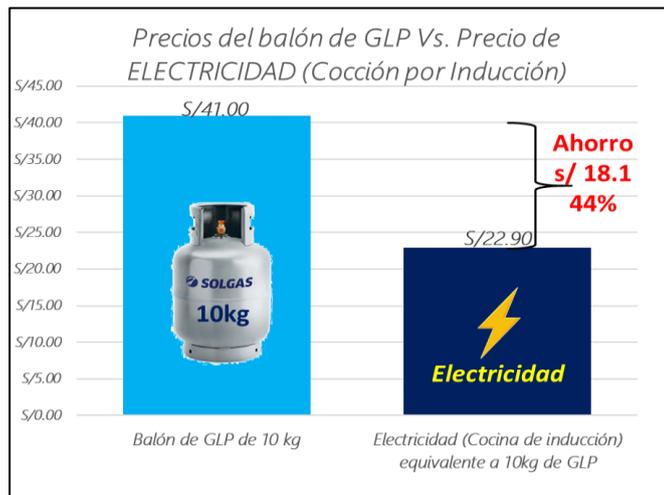
Figura 72. Ahorro (en s/. y US\$) frente al GLP al cocinar con cocinas de inducción para consumos equivalentes a un balón de GLP de 10 kg por regiones.



Fuente: Elaboración propia

En otros términos, se calculó que: el pago que un usuario residencial realiza para cocinar una cierta cantidad con un balón de GLP (41 soles), podría reducirse en un 44% (18.1 soles) al usar cocinas de inducción. El usuario residencial pagaría alrededor de 23 soles para cocinar la misma cantidad que la que realiza con un balón de GLP de 10 kg (Ver figura 73).

Figura 73. Ahorro al cocinar con cocinas de inducción para consumo equivalente a de un balón de GLP de 10kg.



Fuente: Elaboración propia

**Beneficio económico (Ahorro) que el usuario tendrá al usar cocinas de inducción con energía proveniente de energías solar-fotovoltaica.**

Se evaluó la utilidad de tener un sistema energético electrificado interconectado para generar un mayor beneficio económico al usuario residencial.

Esta evaluación consistió en calcular costos de energía eléctrica a partir de una central solar-fotovoltaica de 100 MW ubicada una zona con altos índices de radiación solar. La enorme reducción de los costos de este tipo de tecnología (ver tabla 41), permiten tener costos eficientes de 1.3 cent.US\$/kWh en horarios solares (de 6 am a 6 pm).

Tabla 41. Subastas recientes a nivel mundial de centrales Solar-Fotovoltaica

País	Precio (US\$/MWh)
India 2018 /Colombia 2019	27
Emiratos Árabes Unidos 2018	24
México 2018 / California 2019	20
Arabia Saudita 2018/Brasil 2019	18
Emiratos Árabes Unidos 2020	13,5
Portugal 2020	13,1

Fuente: Elaboración propia

Para el caso del Perú, se tomó como referencia la última subasta de Colombia 2019, el cual ofrece un costo de energía solar fotovoltaica de 27 US\$/MWh. A partir de ese valor, se calculó el costo de energía de 2.7 cent. US\$/kWh. La central Solar-fotovoltaica de 100 MW debe situarse en una región con índices altos de radiación solar (Ejemplo Arequipa - La Joya).

Al valor de 2.7 cent. US\$/kWh se le sumó otros costos y el IGV y resultó un precio de energía de 4,4 cent. US\$/kWh o 0.1584 s/. /kWh (tasa de cambio 3.6).

En esta investigación se consideró el planteamiento de un contrato directo entre el usuario residencial y la central solar-fotovoltaica para que el usuario pueda aprovechar el precio calculado del párrafo anterior.

Asimismo, se calculó el número de usuarios que se beneficiarían a partir de un central solar-fotovoltaica de 100 MW.

- Instalación de una planta fotovoltaica en el Sur: 100 MW.
- Energía: Potencia\*horas de trabajo\*factor de plata= 100 MW \* 12 horas \* 30 días \* 0,7 = 25 200 000 kWh/mes

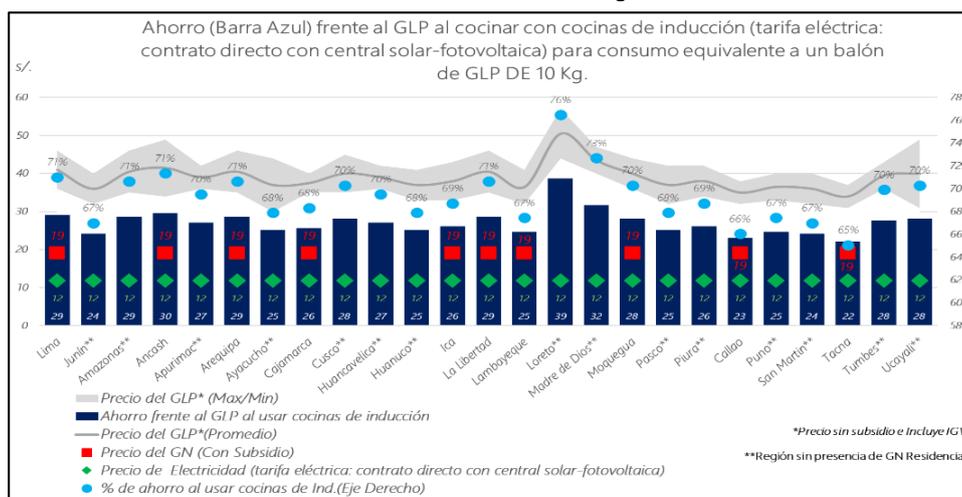
Si cada hogar consume (95 kWh/mes) ello equivale atender a 265 263 hogares.

El precio calculado de cocinar con cocinas de inducción con electricidad provenientes de centrales solar- fotovoltaica fue de 3.3 US\$, 12 soles para un consumo

equivalente a un balón de GLP de 10kg. Valor que permite tener un beneficio económico por encima al 50% en todas las regiones del Perú frente al GLP y GN.

El ahorro promedio calculado al cocinar con electricidad (Inducción) provenientes de centrales solar- fotovoltaica a nivel nacional fue de 7.5 US\$, 27 soles. Se identificó el mayor ahorro en la región Loreto 11 US\$, 39 soles; y el menor en la región San Martín 7 US\$, 24 soles (Ver figura 74).

Figura 74. Ahorro (Barra Azul) frente al GLP al cocinar con cocinas de inducción (tarifa eléctrica: contrato directo con central solar-fotovoltaica) para consumo equivalente a un balón de GLP de 10 Kg.



Fuente: Elaboración propia

El precio de 12 soles que fue calculado para cocinar por inducción tendería a ser cada vez más bajo, debido a que, los costos de la tecnología solar-fotovoltaica serán cada vez menores, según proyecciones de la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés).

#### 4.1.10 Barrera de ingreso (BI) a las tecnologías de cocción: a GN, a GLP y a electricidad

La barrera de ingreso es el costo que el usuario tiene que hacer para migrar al tipo de tecnología de cocción.

La barrera de ingreso incluye el derecho de conexión (DC), la acometida (AC) y el sistema de instalación interna (SII).

##### Derecho de conexión (DC):

**DC del gas natural:** Este valor incluye el costo de la tubería de conexión, tubería que comprende desde la red principal de distribución hasta el medidor.

**DC del GLP:** Este valor incluye el costo de la adquisición del balón de 10kg, la válvula Fisher para el cilindro del GLP y la manguera adecuada para el gas.

**DC de la electricidad:** Este valor comprende el costo de medición inteligente (Medidor y termomagnético), o si se opta por el sistema adicional de medición convencional (Medidor, termomagnético, temporizador, conductor), el costo del mismo.

Tabla 42. Comparación de costos de conexión de combustibles para cocción

	Gas Natural	GLP	Electricidad	
			Medición Inteligente	Medición adicional Convencional
Costo en US\$ sin IGV del derecho de conexión	95	34	35	41
Costo en US\$ con IGV del derecho de conexión	112	40	41	48
Costo en s/. con IGV del derecho de conexión	401	145	149	174

Nota: tasa de cambio 3.6

Fuente: Elaboración propia

La tabla 42 muestra los resultados de los costos calculados del derecho de conexión de las tecnologías de cocción: cocinas a GN, cocinas a GLP y cocinas de inducción (Electricidad).

El costo de conexión para que un usuario residencial tenga acceso al gas natural fue de 401 soles (Incluye IGV). El costo de conexión al GLP calculado fue de 145 soles con IGV, valor competitivo y asequible para la población; al igual que la electricidad, cuyo valor calculado fue de 149 soles (sistema de medición Inteligente), también incluye IGV.

**Acometida (AC):**

**AC de gas natural:** Este valor incluye el costo de la tubería de conexión de empalme con la instalación interna de la vivienda, medidor, válvulas de empalme y la construcción de muro de existir la necesidad.

**AC de GLP:** Inexistencia de acometida para la implementación de cocinas a GLP.

**AC de electricidad:** los costos del cable de acometida se incluyeron en el aspecto anterior, derechos de conexión. Por lo que, tampoco hay costo alguno que referenciar en este aspecto.

La tabla 43 muestra los costos de acometida que un usuario, si opta por el uso de gas natural, tendría que pagar. El valor calculado fue de 518 soles, costo si la vivienda

cuenta con un muro adecuado para la instalación del sistema de medición; y si es que en caso no, el valor calculado fue de 637 soles.

Tabla 43. Comparación de costos de acometida de combustibles de cocción

	Gas Natural		GLP	Electricidad
	Acometida sobre muro existente	Acometida muro construido		
Costo en US\$ sin IGV de la acometida	122	150	-	-
Costo en US\$ con IGV de la acometida	144	177	-	-
Costo en s/. con IGV de la acometida	518	637	-	-

Nota: tasa de cambio 3.6

Fuente: Elaboración propia

Para los combustibles GLP y Electricidad no se consideraron costos de acometida debido a no tener dispositivo alguno que instalar en este concepto.

#### **Sistema de instalación interna (SII):**

**SII del gas natural:** Este valor incluye el costo de la conexión de la red interna del domicilio del consumidor, la adecuación de la cocina, la capacitación del usuario y la elaboración del expediente administrativo.

**SII de GLP:** Este valor incluye el costo de la cocina a GLP de 2 hornillas.

**SII de electricidad:** Este valor incluye el costo del interruptor termomagnético, cable conductor, tomacorriente, la cocina de inducción de 2 hornillas y juego de ollas (3 piezas con tapa).

La tabla 44 incluye los costos de instalación interna a la vista y el costo del sed básico de cocción necesario para la implementación (cocina y ollas).

Tabla 44. Comparación de costos de instalación interna para un punto de suministro.

	Gas Natural	GLP	Electricidad
Costo (en US\$) sin IGV de la instalación interna y tecnología de cocción	274	35	162
Costo (en US\$) con IGV de la instalación interna y tecnología de cocción	323	41	191
Costo en soles (s/.) con IGV de la instalación interna y tecnología de cocción	1164	149	689

Nota: tasa de cambio 3.6

Fuente: Elaboración propia

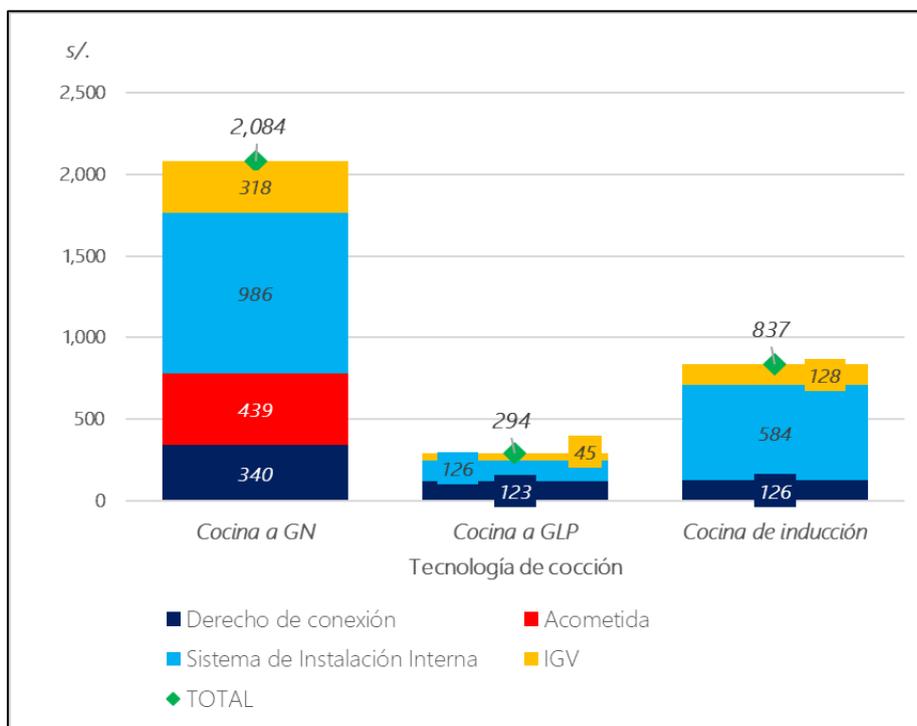
El costo del sistema de instalación interna del gas natural fue calculado a partir de la información brindada por el portal del FISE – beneficio del bonogas. Dicho valor fue calculado en torno de un punto de suministro y con las tuberías de gas a la vista (no empotradas), resultando 1164 soles.

El costo del sistema de instalación interna del GLP fue calculado a partir de la información de las principales tiendas del mercado en oferta de cocinas a GLP. Mencionado valor fue calculado basado en un set básico de cocina a GLP (2 hornillas), resultando 149 soles.

Para el costo del sistema de instalación interna de electricidad (Inducción) se consideró los costos unitarios de los dispositivos de la instalación interna: Interruptor termomagnético, cable conductor y tomacorriente; y los equipos de cocción: Cocina de inducción y juego de ollas. El costo de la instalación interna resultó s/ 86.00 y el costo de los equipos de cocción s/ 603 (cocina de inducción 2 hornillas s/ 358.00 y juego de ollas 3 piezas con tapa s/ 245.00), dando un costo final del sistema de instalación interna de electricidad 689 soles.

### Comparación de la barrera de ingreso a cada tecnología de cocción

Figura 75. Comparación de barrera de ingreso a la tecnología de cocción (Para un punto de suministro)



Fuente: Elaboración propia

La figura 75 muestra que la barrera de ingreso calculado del gas natural es la más alta, más del doble que la de la electricidad (cocina de inducción) y 7 veces más que la del GLP. El valor calculado de dicha barrera a mayo de 2021 fue de 2 084 soles.

La barrera de ingreso más baja es la del GLP, cuyo valor a mayo de 2021 fue s/ 294. Con un valor cercano, le sigue la barrera de ingreso la cocción con electricidad (inducción), 837 soles.

El resumen de los costos de la barrera de ingreso son los siguientes.

Tabla 45. Comparación de los costos del derecho de conexión a las tecnologías de cocción

	Gas Natural	GLP	Electricidad
Derecho de conexión	Tubería de conexión (comprende desde la red principal de distribución hasta el medidor) – Costo con IGV = <b>s/ 401</b>	Balón de 10kg, la válvula Fisher y la manguera – Costo con IGV = <b>s/ 145</b>	Medidor inteligente, Termomagnético y conductor – Costo con IGV = <b>s/ 149</b>
Acometida	Medidor, tuberías y válvulas de empalme – Costo con IGV = <b>s/ 518</b>	-----	-----
Sistema de Instalación Interna	Conexión domiciliaria de red interna, adecuación de la cocina y capacitación del usuario - Costo con IGV = <b>s/ 1164</b>	Cocina a GLP de 2 hornillas - Costo con IGV = <b>s/ 149</b>	Interruptor termomagnético, cable conductor, tomacorriente, cocina de inducción de 2 hornillas y juego de ollas (3 piezas con tapa) - Costo con IGV = <b>s/ 689</b>
Costo total	<b>s/ 2 084</b>	<b>s/ 294</b>	<b>s/ 837</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.11 Beneficios adicionales

A parte de los 5 pilares necesarios para la transición energética identificados para la tecnología de cocción por inducción: asequibilidad, competitividad, eficiencia, sostenibilidad ambiental y seguridad; y cuyos resultados hallados fueron los más óptimos para el usuario y el sistema energético en su conjunto; se identificaron beneficios adicionales de manera directa para el usuario final al usar cocina de inducción en vez de una a gas, los cuales se describen a continuación.

Tabla 46. Ventajas de cocinar con electricidad (Cocinas a Gas vs. Cocinas de inducción)

Desventajas al Cocinar con Gas	Ventajas al Cocinar con Electricidad (Inducción)
<p>Uso deficiente de la energía:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprovechamiento de un 48% de la energía total consumida.</li> <li>• Desperdicio: 101 kWh de 194 kWh (Consumo promedio mensual residencial)</li> </ul>	<p>Uso eficiente de la energía:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprovechamiento de un 85% de la energía total consumida.</li> <li>• Desperdicio: 17 kWh de 110 kWh</li> </ul>
<p>Cocción Lenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarda más de 11 minutos en llevar a ebullición un litro de agua.</li> </ul>	<p>Rapidez en la cocción de alimentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hervir un litro de agua a 2.5 KW de potencia demora entre 2 a 3 minutos.</li> </ul>
<p>Dispositivo de cocción no "inteligente"</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Única Perilla de regulación de la temperatura (Promedio 6 Niveles).</li> <li>• No tiene panel de control.</li> <li>• No tiene apagado automático.</li> <li>• No tiene programación para comidas básicas.</li> <li>• No tiene sistema de bloqueo para niños.</li> </ul>	<p>Dispositivo de cocción con mayor "inteligencia"</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 niveles de regulación temperatura en zona de cocción</li> <li>• Panel de control táctil LED.</li> <li>• Apagado automático si no se detecta utensilio después de 30s.</li> <li>• Programación en tiempo de cocción para comidas básicas como arroz y agua.</li> <li>• Bloqueo para niños</li> </ul>
<p>Emisiones de CO2 en uso final</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gas natural: 179 gCO2/kWh</li> <li>• GLP: 217 gCO2/kWh</li> </ul>	<p>Cero emisiones de CO2 en uso final</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 gCO2/kWh</li> </ul>
<p>Disponibilidad de Energía</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Movilización de cilindros</li> </ul>	<p>Disponibilidad de energía</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía en el tomacorriente</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se reconoció la importancia de la cocina de inducción para las cocinas (espacio) del futuro. Espacios abiertos con diseños sostenibles e iluminación racional, encimeras de porcelana y cuarzo, electrodomésticos inteligentes de fácil uso e interactivas.

#### 4.1.12 Resultados del cuestionario aplicado a la población

Las respuestas obtenidas del cuestionario aplicado a la población de Sicaya, se muestran a continuación:

1.- Tipo de energías que se usan para cocción:

- En el distrito rural-urbano de Sicaya el 91% utiliza GLP, 7% Leña y el 2% otros (bosta, carbón, yareta, etc.) para cocción de alimentos.

2.- Acerca de la duración del balón de GLP:

- Al 50% de la población sicaina le dura el balón de GLP de 10kg entre 15 a 20 días. Familias de 4 a 5 integrantes.

- Al 20% le dura el balón de GLP de 10 kg entre 21 a 25 días. Familias de 2 a 4 integrantes.
- A otro 20% le dura el balón de GLP de 10 kg entre 26 a 30 días. Familias de 2 integrantes y a familias de 4 a 6 integrantes (ahorran el combustible: Utilizan Leña y GLP a la vez).
- A un 10% le dura el balón de GLP de 10 kg más de 30 días. Familias de 2 integrantes y personas que viven solas.

3.- Acerca del consumo promedio del GLP:

- En promedio, la población sicaina consume 1 ½ de GLP al mes (15 kg).

4.- Acerca del costo del GLP:

- Al 53.3% de la población sicaina le cuesta el balón de GLP de 10kg entre s/36 a s/40.
- Al 19.2% le cuesta el balón de GLP de 10kg entre s/41 a s/45.
- Al 17.2% le cuesta el balón de GLP de 10kg entre s/31 a s/35.
- Al 10% le cuesta el balón de GLP más de s/45.

5.- Acerca de los usuarios:

- Las familias en promedio la conforman 4 miembros.

6.- Acerca de las horas de cocción de alimentos:

- Desayuno: 49.3% entre 6 a 7 am; 36.6% entre 7 a 8 am; 14.2% entre 8 a 10 am
- Almuerzo: 67.2% entre 12 a 1 pm; 25.4% entre 1 a 2 pm; 7.5% entre 2 a 4 pm
- Cena o lonche: 48.5% entre 6 a 7pm; 26.1% entre 8 a 9 pm; 16.4% entre 5 a 6 pm; 7.5% entre 9 a 10 pm; 1.5 % más de las 10pm.

7.- Acerca del servicio eléctrico:

- Un 65.7% manifiesta que el servicio es bueno, el 29.9% indica que el servicio es regular y el 4.5% manifiesta que es malo.
- El consumo es para alumbrado y para usos de electrodomésticos como TV, radio, plancha y licuadora mayoritariamente.
- El pago por el servicio fluctúa mayoritariamente entre s/21 a s/70.

8.- Acerca de la disposición al cambio de cocina de GLP a cocina de inducción:

- Si se dan las condiciones mencionadas anteriormente (beneficio económico alrededor del 44%):
  - El 83.6% indicó que “Si” en la siguiente escala: 29.9% (Si, inmediatamente); 35.1% (Si, dentro de un año), 12.7% (Si, dentro de 2 años a más) y 5.9% (Si, dentro de 3 años a más).
  - El 16.4% indicó que no definitivamente porque consideran que es más peligroso que una cocina a gas, porque consideran que pagarían más por el servicio de electricidad y porque no podrían cocinar si no hay electricidad, básicamente por falta de información.

#### 4.1.13 Matriz energética peruana

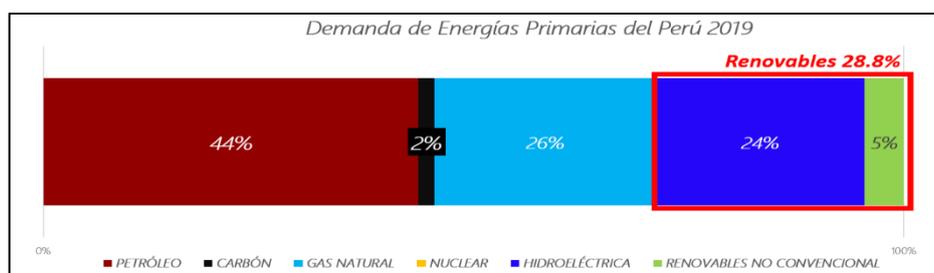
Se focalizó al consumo final energético nacional como la matriz energética peruana en este estudio, debido a que, la radiografía del consumo final nacional de energía brinda mayor información real sobre la desagregación, por sector y participación, de la demanda de combustibles en el Perú.

No se optó por la radiografía de la demanda de energías primarias porque no brinda detalles de consumo por sectores, ni la desagregación de cada combustible en sus usos y/o derivados (Ver figura 76).

Las diferencias que existen entre la demanda de energías primarias y el consumo final energético son las pérdidas por transferencia y/o transformación del energético en los procesos de generación, transporte y distribución; la demanda incluye todas estas pérdidas y el consumo final las excluye. Además, la radiografía de consumo final nacional separa cada energético de acuerdo a su uso final, haciéndola más objetiva. Por ejemplo, separa la cantidad del gas natural que se utiliza directamente del que se utiliza para generar electricidad (Ver figura 77).

#### Demanda de energías primarias

Figura 76. Demanda de energías primarias del Perú 2019



Fuente: BP (2020) Statistical Review of Energy 2020. Elaboración: Propia

La **demanda de energías primarias** en el Perú al año 2019 fue de 28 Mtoe, 72% de energías fósiles y 28% de energías renovables como se observa en la figura 76.

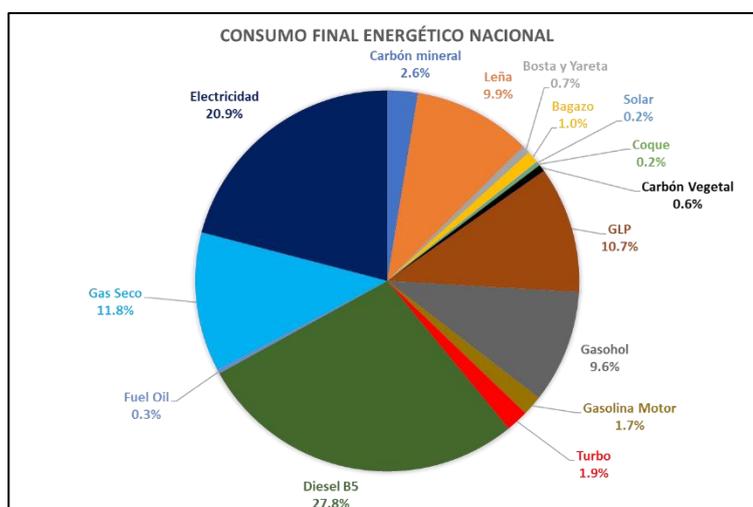
### Consumo final de energía

Como ya se anticipó, debido a la disponibilidad de mayor información sobre la desagregación de la demanda de combustibles, se optó por el análisis de la electrificación en la matriz de **consumo final de energía** (refiere al uso real). Aquello brindó mayor detalle del porcentaje de electrificación al usar cocinas de inducción en el sistema energético peruano.

El consumo final excluye las pérdidas por transferencia y/o transformación del energético en los procesos de generación, transporte y distribución; y refiere al uso real del consumidor de manera directa (Energía primaria) o indirecta (Energía secundaria). (29)

En el año 2019, el consumo final de energía fue de 22.07 Mtoe, siendo el consumo final nacional el valor de 20.9 Mtoe (Energético 20.5 Mtoe y 0.4 Mtoe No energético) y del bunker de 1.17 Mtoe (Ver figura 77). (29)

Figura 77. Consumo final energético nacional - 2019



Fuente: MINEM (2020) Balance nacional de energía 2019.  
Elaboración: Propia

Respecto a cada fuente en particular, se obtuvo las siguientes participaciones apreciables en la parte de consumo final energético nacional: 27.8% DB5/MGO; 20.9% electricidad; 11,8% gas distribuido (seco); 10,7% GLP; 9,9% leña; y 9.6% gasohol; entre otros, como el carbón mineral, turbo, gasolina motora, bagazo (energético), y bosta & yareta, que tuvieron porcentajes menores (Ver figura 77).

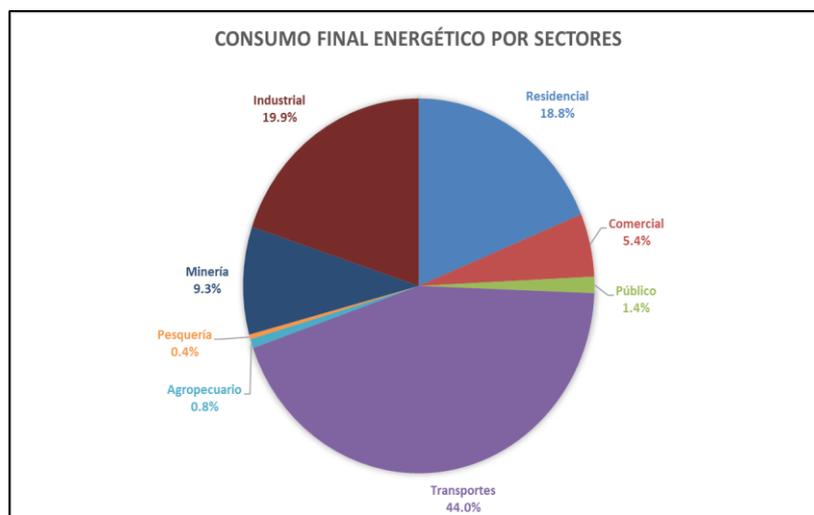
El 2019, el sector transporte nacional tuvo mayor presencia en la matriz de consumo final energético, con una participación del 44,0%, equivalente a 9.03 Mtoe. Le siguió los

sectores industrial y minero, con consumos de 4.08 Mtoe y 1.91 Mtoe respectivamente, que representaron en conjunto el 29,2% del consumo final energético (Ver figura 78).

El sector residencial, también fue un sector importante el 2019, con un consumo de 3.85 Mtoe y representando el 18.8%. Seguido del sector comercial/público, con un consumo significativo de 1.41 Mtoe y que representó el 6.8% del consumo final energético (Ver figura 78).

Finalmente, los sectores de menor consumo fueron el agropecuario y pesca, con el 1,1% de participación, equivalente a 0.3 Mtoe (Ver figura 78).

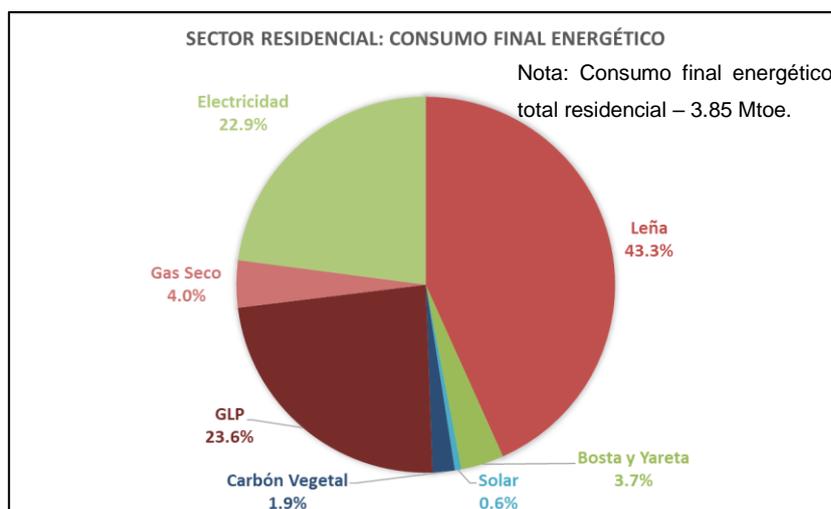
Figura 78. Consumo final energético por sectores 2019



Fuente: MINEM (2020) Balance nacional de energía 2019.  
Elaboración: Propia

### Sector residencial

Figura 79. Consumo final energético del sector residencial 2019



Fuente: MINEM (2020) Balance nacional de energía 2019.  
Elaboración: Propia

En el año 2019, el sector residencial consumió un total de 3.85 Mtoe, siendo la leña, la fuente mayor consumida, 1.7 Mtoe, equivalente a 43,3% respecto del consumo total residencial, seguido del GLP con el 23.6% (0.91 Mtoe) y de la electricidad con el 22.9% (0.88 Mtoe).

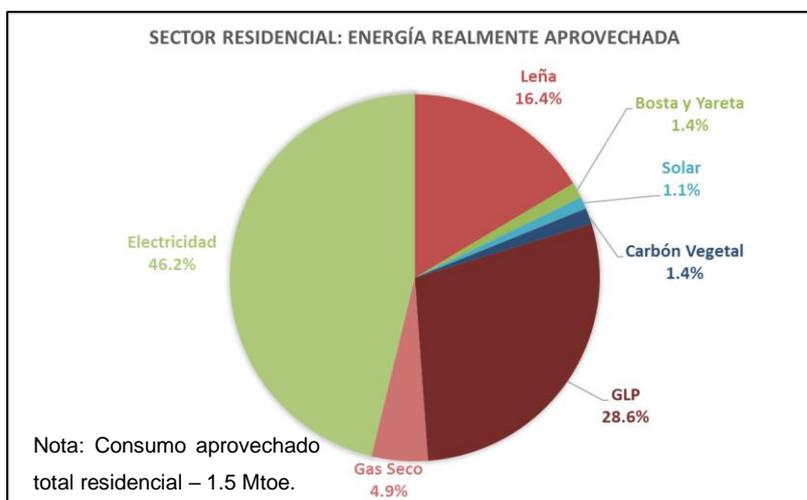
Como se pudo identificar, no es un sector electrificado, tiene una participación mayoritaria de combustibles fósiles por encima del 77% del consumo final. E aquí la gran oportunidad de su electrificación.

Asimismo, fue importante resaltar que el consumo final de los combustibles que se presentan en la figura 79, no es aprovechada en su gran totalidad.

Se tomó en cuenta eficiencias finales promedio de equipos utilizados de cada combustible: electricidad 80%, leña 15%, bosta/yareta 15%, solar 75%, carbón 30%, GN y GLP 48%; para estimar la energía realmente aprovecha en este sector. El resultado fue que el 60% de la energía consumida se desperdicia en el sector residencial y solo 1.5 Mtoe (40%) es realmente aprovechada.

Los resultados dieron a la electricidad como el energético más eficiente y que a pesar de tener una participación del 22.9% en el consumo final energético (ver figura 79), es el que más se aprovecha (Ver figura 80).

Figura 80. Energía realmente aprovechada del sector residencial 2019 por sectores.



Fuente: MINEM (2020) Balance nacional de energía 2019.  
Elaboración: Propia

En tal sentido, la oportunidad de la cocina de inducción, identificada en esta investigación, es el reemplazo de las grandes participaciones de 43.3%, 3.7% y 23% de la leña, la bosta/yareta y el GLP respectivamente.

#### **4.1.14 Nivel de electrificación del consumo final energético residencial**

El concepto de electrificación que se optó en esta investigación fue el de la IEA (International Energy Agency), el cual define a:

*Electrificar: Hacer que el sistema (matriz de consumo final) funcione por medio de la electricidad, dado que, la electricidad ofrece servicios energéticos útiles con mayor eficiencia que otros combustibles. Concepto diferente al que opta el Ministerio de Energía y Minas del Perú, el cual refiere a electrificar como provisión de electricidad a un determinado lugar.*

A partir de los resultados de la pregunta 8 del cuestionario aplicado y el consumo final de los energéticos del sector residencial, se estimó el porcentaje de electrificación de la matriz de consumo final energético residencial al usar cocinas de inducción.

Los resultados de la pregunta 8 del cuestionario aplicado brindó la intención de cambio de la población a la tecnología de cocción por inducción de la siguiente manera:

El 29.9% indicó que si (Inmediatamente) se cambiaría al tipo de cocción por inducción; el 35.1% Si (dentro de un año), el 12.7% Si (dentro de 2 años a más) y el 5.9% (Si, dentro de 3 años).

El 16.4% indicó que no definitivamente. Básicamente, por falta de información y comprensión del sistema de cocción por inducción. Algunas de las razones que dieron son las siguientes:

- Consideran que cocinar con cocinas de inducción es más peligroso que una cocina a gas;
- Consideran que pagarían más por el servicio de electricidad y;
- Consideran que no podrían cocinar si no hay electricidad.

A partir de esa información, se estableció un periodo de 4 años para la etapa de implementación de las cocinas de inducción y un año 0 para la etapa de acondicionamiento. Se añade dos años más para cubrir la brecha del 16.4% (Sombreado celeste de la figura 81), porcentaje de la población que indicó "NO" al cambio de tecnología por falta de información y/o comprensión del sistema.

**Los términos que se tomaron en cuenta para el cálculo del nivel de electrificación son los siguiente:**

**1.- Intención de cambio:** Porcentaje de la población que tiene la intención de migrar de una cocina a gas a una de inducción. Valor obtenido del cuestionario aplicado a

la población sicaina y que se consideró de la siguiente manera para cada año del periodo de implementación:

Año 0: Etapa de acondicionamiento de normativas y procesos.

Año 1: Se consideró para este año la intención de cambio del 29.9%, porcentaje de la población que respondió "Sí, inmediatamente".

Año 2: Se consideró para este año la intención de cambio de 35.1%, porcentaje de la población que respondió "Sí, dentro de 1 año".

Año 3: Se consideró para este año la intención de cambio de 12.7%, porcentaje de la población que respondió "Sí, dentro de 2 años".

Año 4: Se consideró para este año la intención de cambio de 5.9%, porcentaje de la población que respondió "Sí, dentro de 3 años".

Año 5: Se consideró para este año la intención de cambio de 8.2%, mitad del porcentaje de la población que respondió "No" al cambio de tecnología por falta de comprensión y/o información.

Año 6: Se consideró para este año la intención de cambio de 8.2%, la otra mitad del porcentaje de la población que respondió "No" al cambio de tecnología por falta de comprensión y/o información.

Para estos 2 últimos años, se propuso que la población que respondió "No al cambio" por falta de comprensión y/o información del sistema de cocción por inducción, cambiarán de postura al percibir los beneficios técnicos y económicos de cocinar con cocina de inducción pasado 4 años de la etapa de implementación.

**2.- Porcentaje de cambio de combustibles fósiles:** Es la suma acumulada de los porcentajes de intención de cambio de cada año: Año 0 = 0%; Año 1= 29.9%; Año 2: 29.9% + 35.1% = 65.0%; Año 3: 65.0% + 12.7%=77.7%; Año 4: 77.7% + 5.9% = 83.6%; Año 5: 83.6% + 8.2% =91.8% y Año 6: 91.8% + 8.2 =100%.

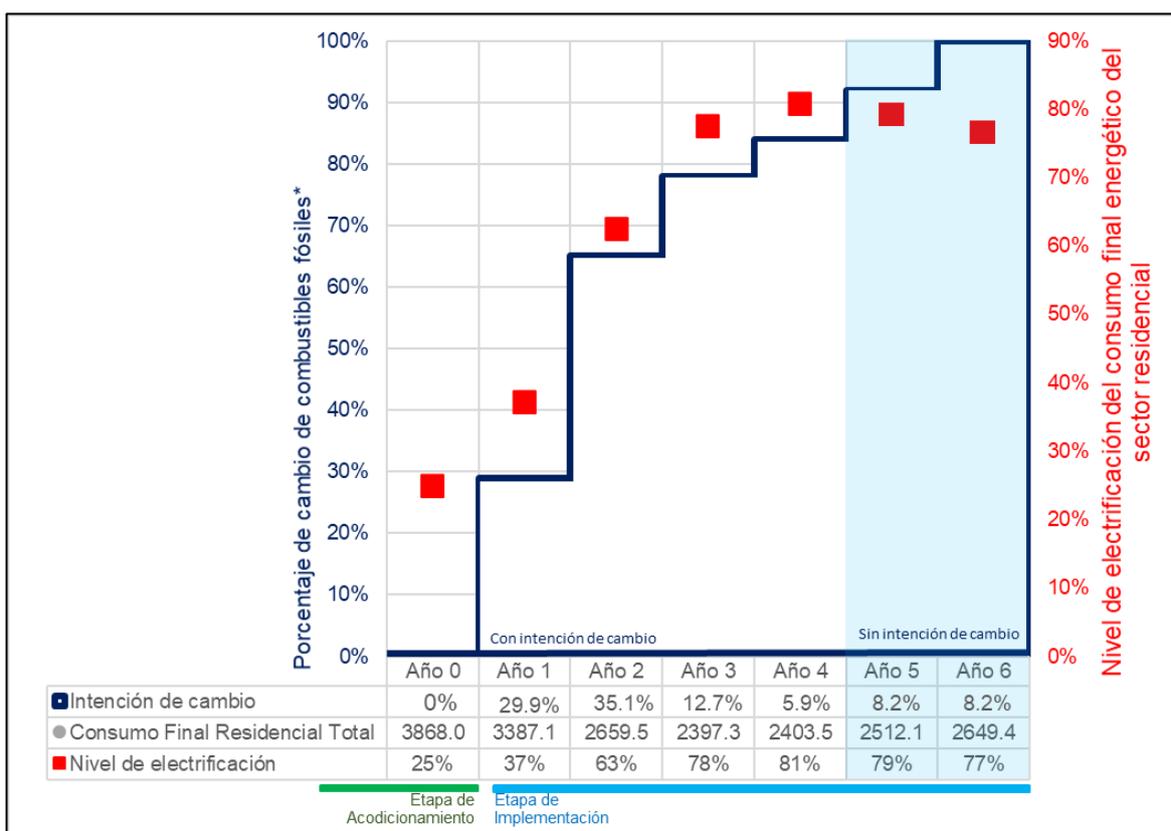
El valor de cambio de combustibles indica el porcentaje de combustibles fósiles que será reemplazado por la electricidad en la matriz de consumo final energético residencial.

Este porcentaje de cambio de combustibles fósiles incluye la leña, bosta, yareta y GLP, excluye al gas natural por la existencia de políticas de masificación de gas distribuido que hace difícil que la electricidad lo desplace a gran medida.

**3.- Nivel de electrificación total residencial:** Valor que indica el porcentaje de la matriz de consumo final energético residencial que utiliza electricidad. Este valor incluye el porcentaje de electricidad para uso de cocinas de inducción y otros usos.

El valor calculado del nivel de electrificación total en los años del periodo de implementación de cocinas de inducción se muestra en la figura 81, los cuales son: Año 0: 25%, Año 1: 37%, Año 2: 63%, Año 3: 78%, Año 4: 81%, Año 5: 79% y Año 6: 77%.

Figura 81. Nivel de electrificación de la matriz de consumo final energético residencial.



Nota: La unidad de los valores del consumo final residencial es ktoe = miles de toneladas equivalentes de petróleo.

\* incluye la leña, bosta, yareta y GLP, excluye al gas natural.

Fuente: Elaboración propia

### Proceso de cálculo del nivel de electrificación de la matriz de consumo final energético residencial

1.- A partir de los datos históricos, comprendidos de 2004 a 2019, se calculó la tasa anual compuesta de crecimiento (TACC) de la evolución de cada combustible.

Tabla 47. Evolución del consumo final energético residencial y la tasa anual compuesta de crecimiento (TACC) de cada combustible.

Combustible	2004	2010	2014	2015	2019	TACC
Leña	2192.1	2199.7	2032.2	1919.4	1666.0	-3.90%
Bosta/Yareta	258.9	206.1	155.7	143.8	141.1	-4.12%
Solar	0.0	3.1	2.3	15.5	21.4	8.42%
Electricidad	475.7	653.9	766.9	791.3	881.2	3.37%
Kerosene	304.5	13.8	0.0	0.0	0.0	-100.00%
Gas natural	0.1	6.0	42.3	59.5	155.7	26.79%
GLP	454.0	666.3	804.7	835.6	908.5	1.39%
Carbón vegetal	133.7	104.5	78.2	81.2	72.1	-4.03%
<b>Total energía</b>	<b>3818.9</b>	<b>3853.3</b>	<b>3882.4</b>	<b>3846.3</b>	<b>3846.0</b>	<b>0.39%</b>

Nota: La unidad de los valores del consumo final residencial es ktoc = miles de toneladas equivalentes de petróleo.

Fuente: MINEM (2020) Balance nacional de energía 2019. Elaboración: Propia

Por criterio, la TACC de algunos combustibles se calculó en periodos más cortos; con el objetivo de tener valores más acordes de la evolución de cada combustible en los últimos años.

2.- A partir de la tasa anual de crecimiento de cada combustible se calculó la matriz de consumo final energético residencial de los años 2020 y 2021.

Tabla 48. Pronóstico del consumo final energético residencial de los años 2020 y 2021

Combustible	Dato Histórico		Pronóstico			
	2019		2020		2021	
	Energía	Participación	Energía	Participación	Energía	Participación
Leña	1667.1	43%	1615.3	42%	1566.2	40%
Bosta y Yareta	141.2	4%	135.3	4%	129.7	3%
Solar	21.5	1%	22.3	1%	24.2	1%
Carbón Vegetal	72.2	2%	69.2	2%	66.4	2%
GLP	909.1	24%	919.1	24%	929.8	24%
Gas Distribución	155.7	4%	185.4	5%	215.2	6%
Electricidad	881.8	23%	911.1	24%	956.7	25%
<b>Consumo final total energético</b>	<b>3848.6</b>	<b>100%</b>	<b>3857.6</b>	<b>100%</b>	<b>3888.3</b>	<b>100%</b>

Nota: La unidad de los valores del consumo final residencial es ktoc = miles de toneladas equivalentes de petróleo.

Fuente: MINEM (2020) Balance nacional de energía 2019. Elaboración: Propia

3.- Con los datos del consumo final del año 2021, se proyectó el consumo final para los próximos 6 años de cada combustible, periodo de implementación de las cocinas de inducción. A esta proyección se le llamó “**Escenario electrificado con cocinas de inducción**”.

Para el cálculo del consumo final energético de los años Año 1: 2022; Año 2: 2023; Año 3: 2024; Año 4: 2025; Año 5: 2026; y Año 6: 2027 del “Escenario electrificado con cocinas de inducción” se tomó en cuenta la evolución de cada combustible de la siguiente manera:

**Solar y carbón:** las evoluciones de estos combustibles para los próximos 6 años se calcularon con las TACC históricas de años anteriores; esto debido a que, la implementación de cocinas de inducción no afecta directamente en sus evoluciones. Las TACC calculadas fueron de 3.9% y -4.03% para la solar y el carbón respectivamente.

**Gas natural:** el valor para el primer año se calculó con la TACC histórica de años anteriores de este combustible; esto debido a que, la implementación de cocinas de inducción no afecta en gran medida. Los valores de los años 2, 3, 4, 5 y 6, se consideró la ralentización del GN debido al aumento masivo de cocinas de inducción; las variaciones calculadas para los años 2, 3, 4, 5 y 6 son: +10%, +5%, +3%, +2% y +1% respectivamente.

**Leña, bosta/yareta y GLP:** Se tomó en cuenta el porcentaje de cambio de combustibles fósiles\*, calculados anteriormente, para el cálculo de la cantidad total de reemplazo de leña, bosta/yareta y GLP en los próximos 6 años al usar cocinas de inducción. Los detalles se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 49. Análisis de reemplazo de los combustibles fósiles (Leña, Bosta, Yareta y GLP) por electricidad al usar cocinas de inducción.

		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Cantidad total de fósiles (Leña, bosta/yareta y GLP)		2548.5	1786.5	625.3	139.4	22.9	1.9
Cantidad de energía a ser reemplazado por electricidad	Leña	440.7	671.6	281.0	67.4	12.1	1.1
	Bosta y yareta	31.3	47.7	20.0	4.8	0.9	0.1
	GLP	290.0	441.9	184.9	44.4	8.0	0.7
	Total Remplazado	762.0	1161.2	485.8	116.6	21.0	1.9
Energía realmente aprovechada del total de reemplazo de combustibles fósiles*		210.0	320.0	133.9	32.1	5.8	0.5
Energía eléctrica que reemplaza al total de energías fósiles*		247.0	376.5	157.5	37.8	6.8	0.6
Intención de cambio		30%	35%	13%	6%	8%	8.2%
Porcentaje de cambio de combustibles fósiles*		30%	65%	78%	84%	92%	100%
Nivel de electrificación		37%	63%	78%	81%	79%	77%

Nota: La unidad de los valores de los combustibles es ktoe = miles de toneladas equivalentes de petróleo

\* incluye la leña, bosta, yareta y GLP, excluye al Gas Natural

Fuente: Elaboración propia

**Electricidad:** Se tomó en cuenta la evolución propia del consumo de la electricidad con su TACC histórica (3.37%) para calcular su evolución en los 6 años del periodo de

implementación. Adicionalmente, se le sumó a cada año la cantidad adicional de electricidad necesaria para reemplazar a la leña, a la bosta/yareta y al GLP.

Para hallar la energía eléctrica necesaria para reemplazar a los combustibles fósiles, se le halló la energía realmente aprovechada con eficiencias del 15% (Leña y bosta) y 48% (GLP). Con dicha energía realmente aprovechada se calculó la cantidad de energía eléctrica (Con Efic. 85%) necesaria de reemplazo (Ver tabla 49).

### **Evolución del consumo final energético residencial en el escenario electrificado con cocinas de inducción 2019 – 2027**

Los resultados de la evolución de la cantidad y participación de los combustibles y el nivel de electrificación de la matriz de consumo final energético residencial en el “Escenario Electrificado con cocinas de inducción”, se muestran en la tabla 50.

El detalle de los resultados hallados y que se muestran en la tabla 50, son los siguientes:

a) Año 4: Hasta este año, se termina con el reemplazo de cocinas (De gas por inducción) de la población dispuesta al cambio de tecnología de cocción (84%).

- El valor calculado del consumo final energético residencial del año 4 es de 2403.9 ktoe.
- El consumo final cae para ese año en 38%, debido a que, la matriz de consumo se vuelve más eficiente con un nivel de electrificación del 81%.
- La electricidad usada para cocinas de inducción es del 34% en la matriz de consumo final residencial, el cual representa el 42% del uso de electricidad.
- La participación de los fósiles en su conjunto es de 13.7% para dicho año.

b) Año 6: Año final de cambio de cocinas de inducción al 100%. Último año de cierre de brechas.

- El valor calculado del consumo final energético residencial es de 2649.4 ktoe.
- El nivel de electrificación se consolida en un 77% y la participación de la leña, bosta/yareta y el GLP es nula.
- El único combustible fósil es el gas natural con una participación de 12% en la matriz de consumo.
- La electricidad usada para cocinas de inducción es del 32% en la matriz de consumo final, el cual representa el 41% del uso de electricidad.

Tabla 50. Evolución del consumo final energético residencial en el “Escenario electrificado con cocinas de inducción”

Combustible	Histórico				Año 0		Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5		Año 6	
	2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025		2026		2027	
	Energía	Cuota																
<b>Leña</b>	<b>1667.1</b>	<b>43%</b>	<b>1615.3</b>	<b>42%</b>	<b>1566.2</b>	<b>40%</b>	<b>1033.3</b>	<b>31%</b>	<b>361.6</b>	<b>14%</b>	<b>80.6</b>	<b>3%</b>	<b>13.2</b>	<b>1%</b>	<b>1.1</b>	<b>0%</b>	<b>0.0</b>	<b>0%</b>
<b>Bosta y yareta</b>	<b>141.2</b>	<b>4%</b>	<b>135.3</b>	<b>4%</b>	<b>129.7</b>	<b>3%</b>	<b>73.4</b>	<b>2%</b>	<b>25.7</b>	<b>1%</b>	<b>5.7</b>	<b>0%</b>	<b>0.9</b>	<b>0%</b>	<b>0.1</b>	<b>0%</b>	<b>0.0</b>	<b>0%</b>
<b>Solar</b>	<b>21.5</b>	<b>1%</b>	<b>22.3</b>	<b>1%</b>	<b>24.2</b>	<b>1%</b>	<b>38.8</b>	<b>1%</b>	<b>58.2</b>	<b>2%</b>	<b>87.3</b>	<b>4%</b>	<b>130.9</b>	<b>5%</b>	<b>196.4</b>	<b>8%</b>	<b>294.6</b>	<b>11%</b>
<b>Carbón Vegetal</b>	<b>72.2</b>	<b>2%</b>	<b>69.2</b>	<b>2%</b>	<b>66.4</b>	<b>2%</b>	<b>38.8</b>	<b>1%</b>	<b>22.6</b>	<b>1%</b>	<b>13.2</b>	<b>1%</b>	<b>7.7</b>	<b>0.3%</b>	<b>4.5</b>	<b>0%</b>	<b>2.6</b>	<b>0%</b>
<b>GLP</b>	<b>909.1</b>	<b>24%</b>	<b>919.1</b>	<b>24%</b>	<b>929.8</b>	<b>24%</b>	<b>679.8</b>	<b>20%</b>	<b>237.9</b>	<b>9%</b>	<b>53.1</b>	<b>2%</b>	<b>8.7</b>	<b>0.4%</b>	<b>0.7</b>	<b>0%</b>	<b>0.0</b>	<b>0%</b>
<b>Gas Distribución</b>	<b>155.7</b>	<b>4%</b>	<b>185.4</b>	<b>5%</b>	<b>215.2</b>	<b>6%</b>	<b>252</b>	<b>7%</b>	<b>277</b>	<b>10%</b>	<b>290</b>	<b>12%</b>	<b>298</b>	<b>12%</b>	<b>319</b>	<b>13%</b>	<b>322</b>	<b>12%</b>
<b>Total Electricidad</b>	<b>881.8</b>	<b>23%</b>	<b>911.1</b>	<b>24%</b>	<b>956.7</b>	<b>25%</b>	<b>1255.6</b>	<b>37%</b>	<b>1670.9</b>	<b>63%</b>	<b>1867.5</b>	<b>78%</b>	<b>1944.4</b>	<b>81%</b>	<b>1990.4</b>	<b>79%</b>	<b>2030.3</b>	<b>77%</b>
<i>Electricidad (otros*)</i>	881.8	23%	911.06	24%	956.6	25%	1008.5	30%	1047.4	39%	1086.4	45%	1125.5	47%	1164.8	46%	1204.0	45%
<i>Electricidad (cocinas de inducción)</i>	0	0%	0.0	0%	0.0	0%	247.0	7%	623.5	24%	781.0	33%	818.8	34%	825.6	33%	826.2	32%
<b>Consumo final total energético</b>	<b>3848.6</b>	<b>100%</b>	<b>3857.0</b>	<b>100%</b>	<b>3868.0</b>	<b>100%</b>	<b>3371.6</b>	<b>100%</b>	<b>2654.0</b>	<b>100%</b>	<b>2397.4</b>	<b>100%</b>	<b>2403.9</b>	<b>100%</b>	<b>2512.2</b>	<b>100%</b>	<b>2649.4</b>	<b>100%</b>

Nota: La unidad de energía es ktoe = miles de toneladas equivalentes de petróleo. \*Otros: Demas usos con electricidad excepto la cocina de inducción

Fuente: Elaboración propia

## Participación del uso de cocinas de inducción en la electrificación de la matriz de consumo final energético residencial

Los resultados de la incidencia de electrificación al usar cocinas de inducción en la matriz de consumo final energético residencial fueron los siguientes:

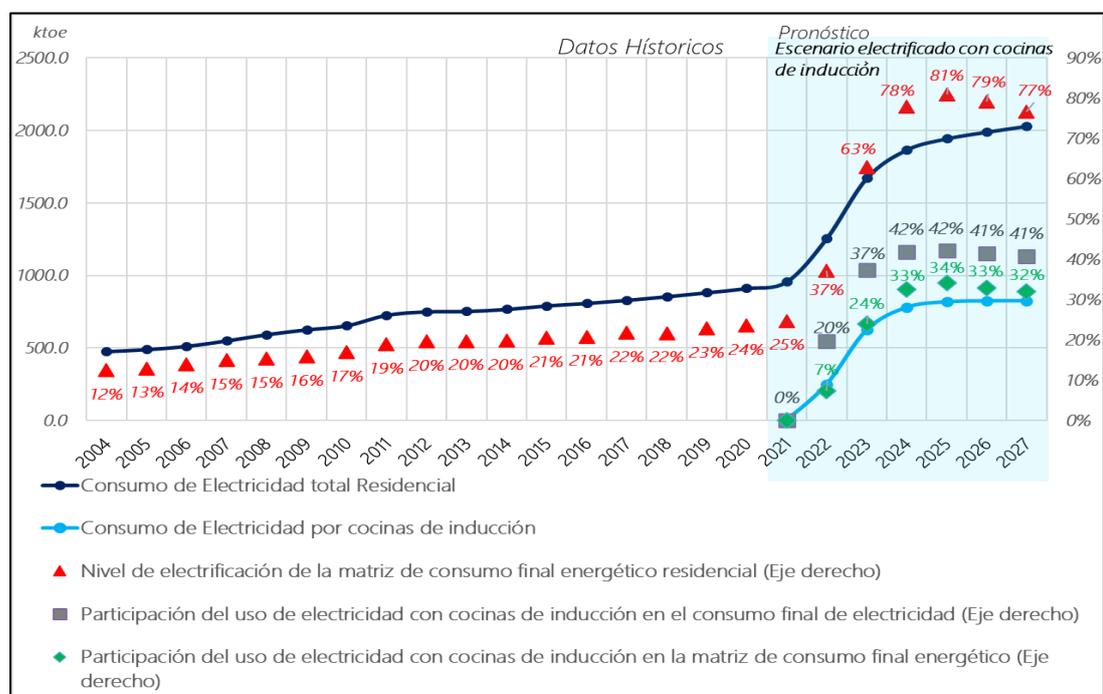
El consumo de electricidad aumenta en un 130% al 2027, pasando de 911.1 ktoe a 2030.3 ktoe con referencial al 2012.

Las participaciones del consumo de electricidad para uso de cocinas de inducción son: 0%, 20%, 37%, 42%, 42%, 41% y 41% en los años 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026 y 2027 respectivamente. Años de proceso de sustitución de cocinas a GLP y/o leña/bosta/yareta por inducción (Ver figura 82).

Las participaciones del consumo de electricidad para uso de cocinas de inducción en la matriz de consumo final energético residencial son: 0%, 7%, 24%, 33%, 34%, 33% y 32% en los años 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026 y 2027 respectivamente.

En el año fin del proceso de sustitución “Escenario electrificado”, la incidencia de la cocina de inducción es del 41% en el consumo de electricidad, aquello ayuda a tener un nivel de electrificación del 77% en el consumo final energético residencial (Ver figura 82).

Figura 82. Incidencia del uso de cocinas de inducción en el nivel de electrificación del consumo final energético residencial.



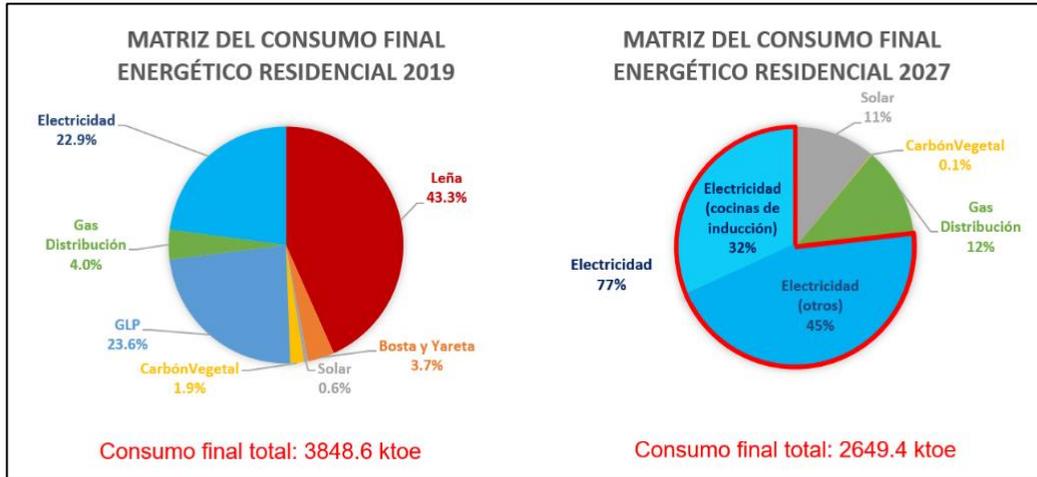
Nota: ktoe = miles de toneladas equivalentes de petróleo.

Fuente: Elaboración propia

## Incidencia de las cocinas de inducción en el nivel de electrificación de la matriz de consumo final energético residencial

La participación calculada de la electricidad consumida por cocinas de inducción en sustitución completa de cocinas a leña, bosta/yareta y GLP fue de 32% en la matriz de consumo final energético residencial en el año fin (2027) del proceso de implementación.

Figura 83. Matriz de consumo final energético residencial electrificado al 2027 con incidencia de cocinas de inducción.

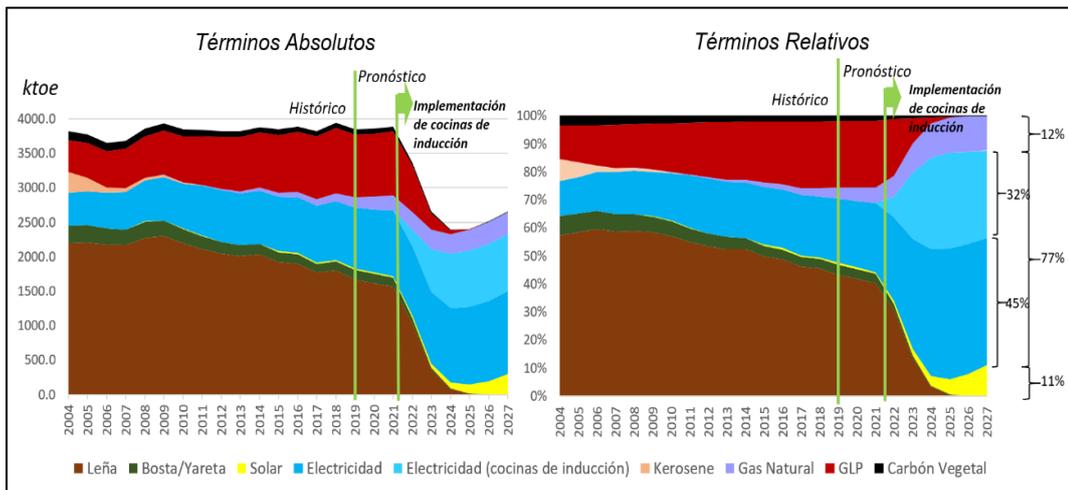


Nota: ktoe = miles de toneladas equivalentes de petr3leo.

Fuente: Elaboraci3n propia

En t3rminos absolutos se calcul3 que el consumo final energ3tico disminuir3 a partir del ańo 2022 con el inicio de la implementaci3n de cocinas de inducci3n, consolid3ndose en 2649.4 ktoe. En t3rminos relativos, los c3lculos realizados muestran que la evoluci3n del consumo final energ3tico residencial es electrificada a un nivel del 77%, con participaci3n minoritaria de los combustibles f3siles, 12% del GN y 0% de los dem3s f3siles.

Figura 84. Evoluci3n del consumo final energ3tico residencial 2004 -2027



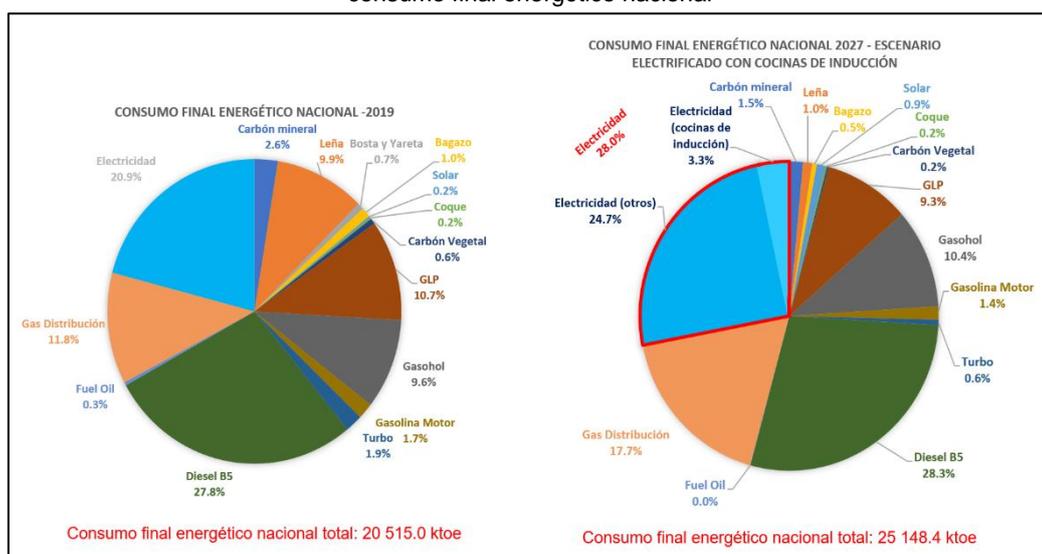
Nota: ktoe = miles de toneladas equivalentes de petr3leo.

Fuente: Elaboraci3n propia

Los resultados obtenidos de la evolución del consumo final energético residencial en el escenario electrificado con cocinas de inducción permitieron comprender la importancia de tener un combustible competitivo, asequible, accesible, limpio y seguro que conlleve a una verdadera transición energética.

#### 4.1.15 Incidencia de la cocina de inducción en el nivel de electrificación de la matriz de consumo final energético nacional

Figura 85. Incidencia de la cocina de inducción en el nivel de electrificación de la matriz de consumo final energético nacional



Nota: ktoe = miles de toneladas equivalentes de petróleo.

Fuente: Elaboración propia

Con los valores calculados de la energía eléctrica necesaria para reemplazar a la leña, bosta/yareta y GLP en el sector residencial con implementación de cocinas de inducción, se calculó su incidencia en la matriz de consumo final energético nacional, resultando los siguientes valores:

La electricidad consumida total en un escenario electrificado con cocinas de inducción es de 7 047.6 ktoe, de los cuales 826.2 ktoe son para cocinas de inducción.

El nivel de electrificación de la matriz de consumo final energético total nacional es de 28% para el año fin (2027) del proceso de implementación de cocinas de inducción.

3.3% es la incidencia que tiene la cocina de inducción en el nivel de electrificación de la matriz de consumo final energético total nacional.

La incidencia de las cocinas de inducción permite la reducción de la leña de un 10% el 2019 a un 1% el 2027, la eliminación de la participación de la bosta/yareta y la del GLP en el sector residencial.

La participación del GLP es del 9.3% para el año 2027 en la matriz de consumo final energética nacional, consumido básicamente en el transporte y el sector industrial, en el residencial es nula su participación.

En términos absolutos el consumo de los combustibles, en el escenario electrificado, se consolidan de la siguiente manera.

Tabla 51. Consumo final energético nacional 2019 -2027 (Escenario electrificado con cocinas de inducción)

Combustible	2019		2027 -Electrificado	
	Energía	Participación	Energía	Participación
Carbón mineral	526.81	2.6%	367.90	1.5%
Leña	2040.7	9.9%	248.67	1.0%
Bosta y yareta	141.2	0.7%	0.00	0.0%
Bagazo	213.5	1.0%	129.15	0.5%
Solar	35.5	0.2%	232.54	0.9%
Coque	37.4	0.2%	48.63	0.2%
Carbón Vegetal	122.74	0.6%	45.02	0.2%
GLP	2200.1	10.7%	2341.93	9.3%
Gasohol	1969.9	9.6%	2622.38	10.4%
Gasolina Motor	346.7	1.7%	346.70	1.4%
Turbo	388.1	1.9%	143.26	0.6%
Diesel B5	5708.3	27.8%	7106.25	28.3%
Fuel Oil	70.2	0.3%	10.30	0.0%
Gas distribución	2428.3	11.8%	4458.12	17.7%
Electricidad total	4285.5	20.9%	7047.6	28.0%
<i>Electricidad (otros)</i>	4285.5	20.9%	6221.3	24.7%
<i>Electricidad (cocinas de inducción)</i>	0	0.0%	826.2	3.3%
<b>Total energía</b>	<b>20515.0</b>	<b>100%</b>	<b>25148.4</b>	<b>100%</b>

Nota: Unidad de energía es ktoe = miles de toneladas equivalentes de petróleo. Otros: otros usos con electricidad excepto de la de cocina de inducción

Fuente: Elaboración: propia

La cantidad de energía reemplazada y la energía eléctrica necesaria para suplirla, se detalla en la tabla 52.

Tabla 52. Energía total fósil reemplazada por electricidad en la matriz de consumo final energético nacional.

Descripción		Energía (ktoe)
Cantidad de energía a ser reemplazado por electricidad	Leña	1474.0
	Bosta y yareta	104.7
	GLP	969.7
	Total reemplazado	2548.5
Energía realmente aprovechada del total de remplazo de combustibles fósiles*		702.3
Energía eléctrica que reemplaza al total de energías fósiles*		826.2

Nota: ktoe = miles de toneladas equivalentes de petróleo.

Fuente: Elaboración propia

#### **4.1.16 Determinación de las condiciones y equipamiento eléctrico y/o electrónico requeridos para la implementación de cocinas de inducción**

Los equipos eléctricos y electrónicos mínimos necesarios y que se identificaron para la implementación del sistema de cocción por inducción son los siguientes:

- Cocina de inducción (Set básico 2 hornillas + juego de ollas)
- Cable conductor
- Cuchilla termomagnética
- Medidor electrónico o medidor digital inteligente
- Timer digital
- Contactor

A continuación, se describe cada uno de los ítems:

##### **Cocina de inducción**

La variedad de modelos y precios de marcas que se comercializan en el Perú se muestran en el anexo 04. Los siguientes precios mínimos son los identificados a mayo del 2021.

- Precio unitario cocina de 02 hornillas en Lima de 3500w (año 2021): S/ 358 (Referente en la investigación).
- Precio unitario cocina de 01 hornilla en Lima (año 2021): S/ 120.

- Precio unitario cocina de 04 hornillas en Lima (Año 2021): S/.1066

### Características

Figura 86. Cocina de Inducción de 2 hornillas



Fuente: [www.realplaza.com](http://www.realplaza.com)

- Cocina de Inducción doble hornilla Megamom 3500W
- Doble hornilla.
- 10 niveles de temperatura (60° a 240°).
- Cristal templado y resistente.
- Inducción con interior de cobre
- 3500w de potencia (220-240V-50Hz).
- Teclado digital.
- Pantalla LCD de color azul.
- Súper fácil de usar
- Programable hasta 180 min.
- Precio s/. 358 online en Real Plaza (Año 2021)

### Ollas

Se propone un juego de tres ollas, debido a hábitos alimenticios de una familia promedio peruana que cocina por separado sopa, guiso y arroz. Sin embargo, como una opción de evaluación se sugiere también juego de 4 piezas de cocción, el cual incluya una sartén.

- Precio en Lima: S/ 245.00 (Juego de tres ollas (medianas) con tapa).
- Precio en Lima: S/ 230.00 (Juego de tres ollas (pequeñas) con tapa y una sartén con tapa)

### Características:

- Marca alemana de Solingen: Hauss Roland.

- Acero ecológico antibacterial.
- Ahorra energía
- Tapa de vidrio templado.
- No libera sustancias tóxicas.
- Para cocinas de inducción, gas y eléctricas.
- Base de 5 capas.
- Precio s/. 245 online en Real Plaza (Año 2021)

Figura 87. Juego ollas de acero inoxidable para inducción



Tabla 53. Tamaños y capacidad: Juego de ollas de 6 piezas con tapa

Olla	Capacidad
Olla con tapa N° 18	2 litros
Olla con tapa N° 20	3 litros
Olla con tapa N° 22	4 litros

Fuente: [www.realplaza.com](http://www.realplaza.com) Elaboración propia

### **Acondicionamiento de las instalaciones eléctricas internas**

#### **Sistema de medición de energía eléctrica en horas fuera de punta**

Se consideró la instalación de un medidor adicional a efectos de que un usuario residencial BT5B aproveche las bajas tarifas en hora fuera de punta (de 00 a 18 horas y de 23 a 24 horas). Este medidor puede ser un medidor monofásico digital convencional o un medidor “Inteligente”.

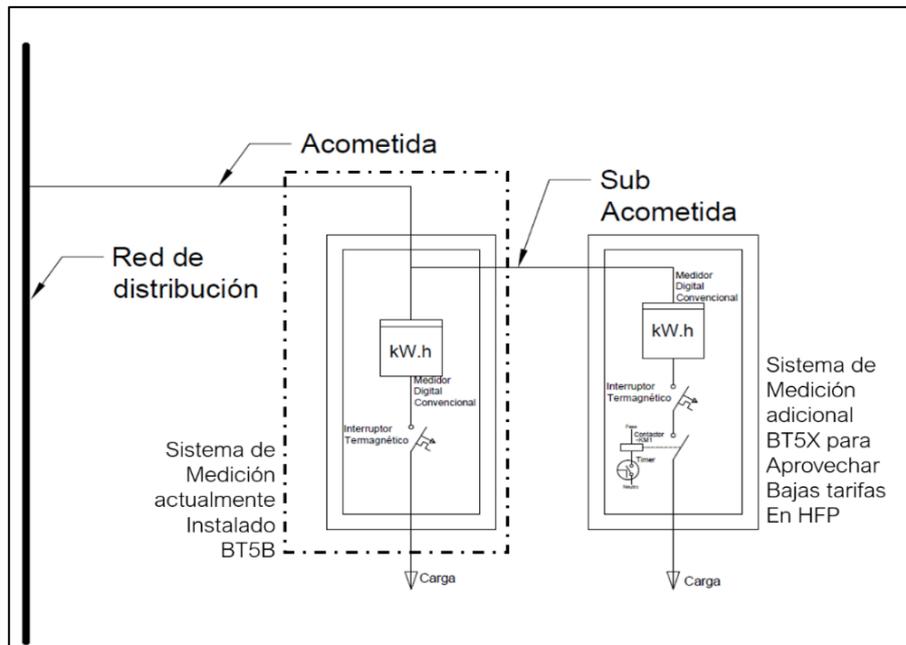
**a) Sistema de medición adicional con medidor monofásico digital convencional:**

En este tipo de sistema se consideró el uso de un medidor monofásico de 2 hilos, un contactor y un temporizador programable digital de riel DIN que permitirán medir de forma diferenciada la energía consumida en horas fuera de punta (de 00 a 18 horas y de 23 a 24 horas).

La figura 88 muestra el esquema, los elementos y equipos eléctricos-electrónicos necesarios para la implementación de sistema de medición adicional para medición diferenciada en horas fuera de punta.

El sistema que se planteó contará con un Timer (Temporizador digital) que con la ayuda de un contactor hará que el sistema de medición actúe durante las horas fuera de punta y que en horas punta corte el suministro para que el usuario no se perjudique con las altas tarifas.

Figura 88. Sistema de medición residencial para el aprovechamiento de tarifas bajas en horas fuera de punta



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los costos de la implementación del sistema adicional de medición, se tomó en cuenta el concepto de presencia de economías de escala, debido a que, la adquisición de mencionados equipos lo harán las empresas distribuidoras. Aquellas comprarán a gran cantidad, por tanto, el costo unitario disminuirá enormemente. Los costos identificados a compra por mayor de los equipos necesarios del sistema de medición adicional a mayo de 2021 fueron los siguientes (Ver tabla 54).

Tabla 54. Costos en US\$ de los equipos y elementos eléctricos-electrónicos para la implementación del sistema de medición adicional

Dispositivo o equipo electrónico- eléctrico	Costo (US\$)
Medidor eléctrico-electrónico digital de dos hilos monofásico	5
Interruptor electromagnético	3.1
Contactador eléctrico de 2 polos	1.5
Temporizador programable semanal temporizador digital	4
Caja de conexiones (tamaño convencional)	7
Conductor de acometida (1m)	1.2
Mano de obra (jornada de 1 un día)	20
Costo total (Sin IGV)	41.8
<b>Costo total (Con IGV)</b>	<b>49.3</b>

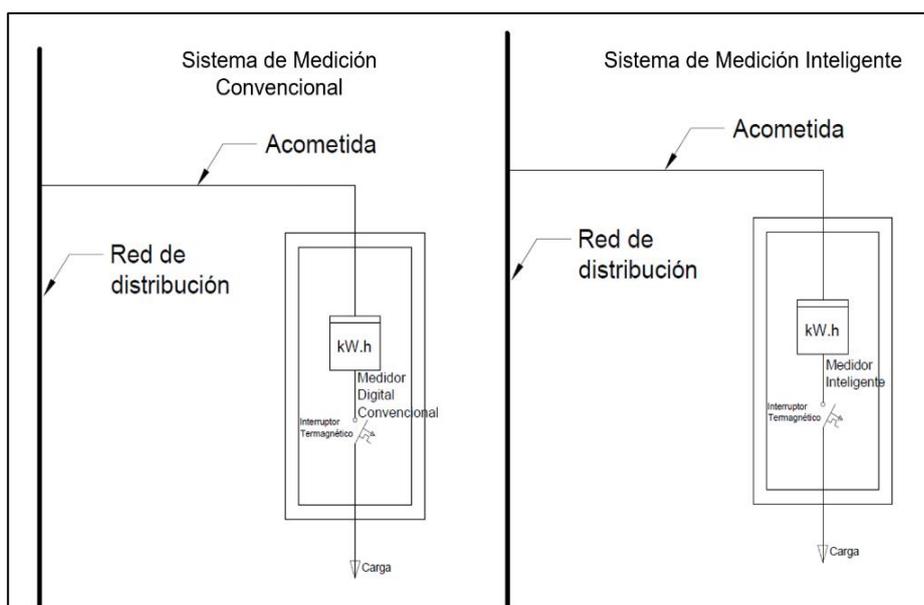
Fuente: Elaboración propia

El costo total de implementación del sistema adicional de medición que se calculó fue de 49 US\$, 178 soles a una tasa de cambio de 3.6.

#### b) Sistema de medición Inteligente:

En este tipo de sistema se consideró el uso de un medidor “inteligente” además de que permitirá medir de forma diferenciada la energía consumida en horas fuera de punta (de 00 a 18 horas y de 23 a 24 horas); registrará todos los valores de energía, encriptará y transmitirá la información de forma continua, administrará de forma remota y automatizada, medirá y gestionará el flujo de energía de forma bidireccional.

Figura 89. Similitud del sistema de medición inteligente a la convencional



Fuente: Elaboración propia

En la implementación de este sistema de medición con medidor inteligente se consideró la idea de reemplazo de los actuales medidores convencionales. En tal sentido, no se consideró los elementos adicionales para aprovechar tarifas eléctricas en HFP (Termomagnético, contactor, timer, caja de conexiones). Aquello permitió que el costo del sistema de medición inteligente resulte más bajo que el sistema adicional mencionado en el anterior apartado.

Como se observa en la Figura 89, los elementos del sistema de medición inteligente para efectos de medición diferenciada son iguales, solo es necesario el cambio del medidor (convencional por inteligente). El costo promedio que se identificó para dicha implementación se muestra en la tabla 55.

Tabla 55. Costos en US\$ de los equipos y elementos eléctricos-electrónicos para la implementación del sistema de medición inteligente.

Dispositivo o Equipo Electrónico- Eléctrico	Costo (US\$)
Medidor eléctrico-electrónico inteligente	15
Mano de obra (jornada de 1 un día)	20
Costo total (Sin IGV)	35
<b>Costo total (Con IGV)</b>	<b>41</b>

Fuente: Elaboración propia

El costo total de implementación del sistema inteligente de medición que se calculó fue de 41 US\$ sin IGV, 149 soles a una tasa de cambio de 3.6.

Fue importante precisar que, dentro de las políticas de Estado está la de reemplazar los medidores convencionales de energía por medidores inteligente según el D.S. 018-2016-EM.

Con las premisas mencionadas, se optó para la propuesta de implementación de cocinas de inducción de esta investigación, un sistema de medición inteligente, debido a los beneficios ya mencionados, resaltando el de medición diferenciada y su bajo costo de implementación.

Mencionar que, el costo que proponga Osinergmin y/o la distribuidora no debe de sobrepasar los 45 US\$ el derecho de conexión porque un sistema de medición “No inteligente” (Sistema de medición adicional con medidor monofásico) costaría menos de 49 US\$.

### **Instalación interna de dispositivos necesarios para la implementación de la cocina de inducción**

Los elementos y/o equipos eléctricos necesarios que se identificaron para la instalación interna del circuito adicional que suministre energía eléctrica con medición diferenciada, son los siguientes:

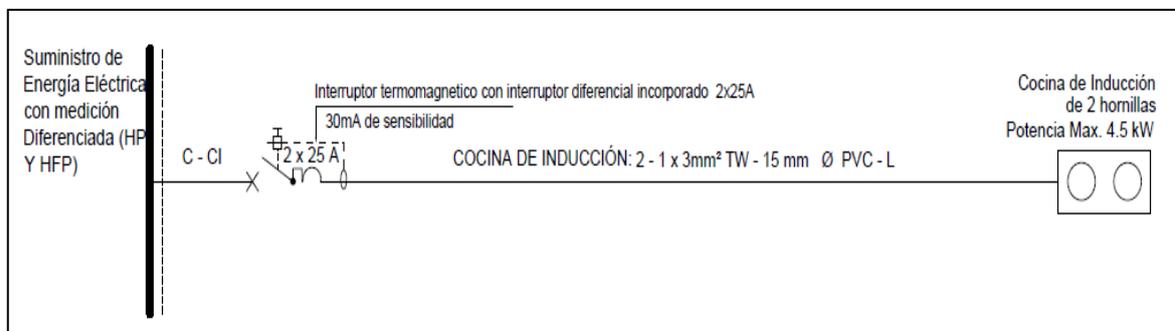
- Interruptor termomagnético
- Cable conductor
- Tomacorriente

Para la implementación de una sed básica, cocina de inducción de 2 hornillas, se consideraron los siguientes criterios para la elección de los dispositivos eléctricos y/o electrónicos:

- Potencias Max.: 4.3kW de una cocina de inducción de 2 hornillas
- Voltaje: 220 voltios.
- Intensidad de corriente: 19.5 Amperes.

La intensidad de corriente calculada fue 19.5 A, valor resultante de la división de la potencia máxima de la cocina de inducción y el voltaje. Para dicha intensidad se consideró la sección de conductor de 3mm<sup>2</sup> (Calibre de cable AWG N°12) y una llave termomagnética de 25 A y 10kW. La instalación de dichos dispositivos sería de la siguiente manera.

Figura 90. Diagrama unifilar del circuito de la cocina de Inducción



Fuente: Elaboración propia

### Costo de instalación interna de la implementación de una cocina de inducción

No se tomó el concepto de economías de escala para la estimación de los costos de los dispositivos para la instalación interna, debido a que, aquellos son asequibles al usuario residencial.

Tabla 56. Costos básicos de los dispositivos necesarios de la instalación interna

Dispositivo o equipo electrónico- eléctrico	Costo en US\$	Costo en s/.
Interruptor termomagnético 2x25A General Electric	7.1	25.4
Cable THW 12 AWG Azul x 20m	9.7	34.7
Tomacorriente doble universal + Tierra domino sencia Blanco bticino	3.5	12.7
Costo total (Sin IGV)	20.2	72.9
Costo total (con IGV)	24	86

Fuente: Elaboración propia

La tabla 56 muestra el costo básico calculado del sistema de instalación interna necesario para la implementación de una cocina de inducción. 24 US\$ (86 soles) fue el costo calculado, que tendría que pagar un usuario residencial para adecuar su instalación interna domiciliaria para el uso de la cocina de inducción.

#### **4.1.17 Propuesta del proceso de implementación de cocinas de inducción**

Para el proceso de acondicionamiento e implementación de cocinas de inducción se tomó en cuenta lo siguiente:

**a) En el año 0:** Etapa de acondicionamiento de normativas y procesos para que el usuario residencial tenga una tarifa eléctrica competitiva para uso de cocinas de inducción.

El acondicionamiento es para aprovechar los precios de energía eléctrica barata en horas fuera de punta. Aquello, no debe alterar las opciones tarifarias actuales que tiene el usuario residencial para su consumo eléctrico. En concreto, el acondicionamiento permite dar una opción tarifaria adicional al usuario residencial, a parte de la que ya tiene, para que aproveche precios baratos en horas fuera de punta.

Por tanto, se planteó:

**1.-** Modificatoria de las normas por parte de Osinergmin:

*Norma opciones tarifarias y condiciones de aplicación de las tarifas a usuario final*

Principal modificación: En el Artículo 5°, añadir una opción tarifaria más, puede llamarse "BT5X". Dicha opción tarifaria debe brindar una medición diferenciada de energía en horas punta y fuera de punta (Medición 2E).

Tabla 57. Opción tarifaria BT5X

Opción tarifaria	Sistema y parámetros de medición	Cargos de facturación
<b>BT5X</b>	Medición de 2 energías activas (2E*) Energía punta y fuera de punta.  *Se corta el suministro de 18:00 a 23:00 horas en el "circuito de cocinas de inducción" para evitar cargos en horas punta.	Cargo por energía activa en horas fuera de punta.  Cargo por exceso de energía activa en horas fuera de punta

Fuente: Elaboración propia

*Norma de conexiones para suministro de energía eléctrica hasta 10 KW.*

Principal modificación: Parámetros de conexión, añadir uno acorde a la opción tarifaria "BT5X". Parámetro monofásico, del tipo C1, de una potencia conectada menor/igual a 3KW y con consideración solo aérea por ser una conexión de complemento a la ya existente. El costo del derecho de conexión es de s/149.00 según los cálculos realizados anteriormente.

Tabla 58. Modificación de los parámetros de conexiones en baja tensión 220 V con BT5X

Fases	Tipo	Subtipo	Potencia conectada (Pc)	Opción tarifaria	Costo s/. aérea (2)	Costo s/. subterráneo (3)
Monofásica	C1	C1.1.	Pc ≤ 3kW	BT5A	805	910
				BT5B (2 hilos)	259	364
				BT5B (2 hilos) - Rural (1)	314	
				BT5B (3 hilos)	267	372
				BT5B (3 hilos) - Rural (1)	322	
				BT6	202	304
				<b>BT5X (2Hilos) (4)</b>	<b>149</b>	
		C1.2.	3kW ≤ Pc ≤ 10kW	BT5A	859	914
				BT5B (2 hilos)	312	368
				BT5B (3 hilos)	321	376
BT6	256			308		

(1) Aplicable a los Sectores típicos 4, 5, 6 y sistemas eléctricos rurales (SER).

(2) Aplicable a conexiones con acometida simple o doble.

(3) Aplicable a conexiones subterráneas o mixtas (aérea/subterránea).

(4) Conexión Adicional a la ya existente.

Fuente: Elaboración propia

**2.- Aplicación de los procedimientos por parte de la empresa distribuidora:**

- Entidad encargada de la instalación de los nuevos medidores de medición diferenciada.
- Entidad administradora del financiamiento de la barrera de ingreso.
- Desarrollar un padrón de sus usuarios residenciales e identificarlos según estratos económicos, del plano estratificado elaborado por el INEI, para el posterior financiamiento de la barrera de ingreso (Conexión).
- Desarrollar el proceso y cronograma de entrega de cocinas de inducción juegos de ollas a los usuarios previamente identificados.
- Entidad encargada de la adecuación de las instalaciones eléctricas domiciliarias para uso de cocinas de inducción (Solo las que requieren).

### 3.- Campaña de difusión

Campaña de difusión mediante avisos por radio, TV, prensa escrita, municipalidad y otros medios de comunicación, respecto a la implementación de las cocinas en la zona, los beneficios económicos, de seguridad, de asequibilidad, protección del medio ambiente, así como la eficiencia energética. También, respecto a los beneficios económicos por otros usos de la energía eléctrica en hora fuera de punta (HFP) de 00 -18 h y de 23 – 24 h, tales como: vehículos eléctricos, motos eléctricas, bicicletas eléctricas, hervidores de agua, aire acondicionado y refrigeración. Campaña de difusión por parte de Osinergmin y la empresa concesionaria.

**b) En los Años 1, 2, 3, 4, 5 y 6:** Etapa de implementación de cocinas de inducción en las viviendas residenciales.

#### 1.- Solicitud de conexión:

Para los estratos económicos medio, medio bajo y bajo: El usuario debe de presentar una solicitud a la distribuidora eléctrica para la implementación del sistema de cocción por inducción básico sin costo alguno. El sistema de cocción por inducción incluye el derecho de conexión, instalación interna, cocinas de inducción de 2 quemadores y un juego de ollas de 3 piezas con tapa. El tiempo de

Para estratos económicos alto y medio alto: El usuario debe de presentar una solicitud a la distribuidora eléctrica para la implementación de solo sistema de medición diferenciada con un previo pago de 150 soles. No se incluye los costos de instalación interna, ni de la cocina de inducción.

#### 2.- Tiempo máximo de ejecución del sistema de cocción por inducción:

Sin modificación de redes, el tiempo máximo que la empresa distribuidora tendrá para dar respuesta a la solicitud del usuario residencial será de 5 días calendario y como tiempo máximo de ejecución del sistema de cocción por inducción será de 7 días calendario.

### 3.- Requisitos para acceder al financiamiento:

Estar dentro de los estratos económico medio, medio – bajo y bajo del INEI y tener acceso a electricidad.

#### 4.1.18 Financiamiento de la barrera de ingreso (Conexión) de la cocina de inducción

Se planteó el mecanismo de financiamiento de la barrera de ingreso del GN para el financiamiento de la BI de la cocina de inducción. Los valores calculados de la cuota máxima mensual de conexión (BI) fueron los siguientes:

Tabla 59. Cuota máxima mensual de devolución del financiamiento de la barrera de ingreso de la cocina de inducción.

Tipo de instalación interna	1 punto de sum.	Unidad
Empotrado	837	S/ (con/IGV)
Empotrado	233	\$ (con/IGV)
<b>Cuota máxima mensual (Devolución al 100%) - Financiamiento en 10 años</b>		
Empotrado	1.9	\$ (con/IGV)
<b>Cuota máxima mensual (Devolución al 50%) - Financiamiento en 10 años</b>		
Empotrado	1.0	\$ (con/IGV)
<b>Cuota máxima mensual (Devolución al 25%) - Financiamiento en 10 años</b>		
Empotrado	0.5	\$ (con/IGV)

Fuente: Elaboración propia

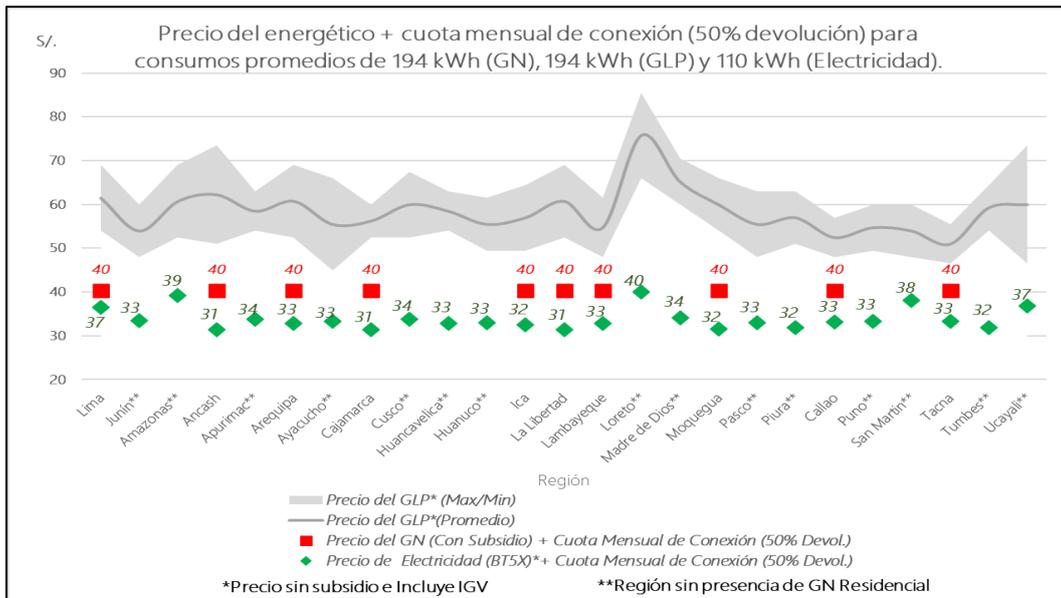
- Estrato bajo: financiados al 100%, sin devolución.
- Estrato medio bajo: financiados al 100%, con devolución del 25% a través del recibo del consumo de gas natural.
- Estrato medio: financiados al 100%, con devolución del 50% a través del recibo del consumo de gas natural.

A partir de la Barrera de Ingreso (BI) de la cocina de inducción s/ 837, se calculó la cuota mensual de devolución para los estratos económicos medio bajo y bajo, resultando 1.0 \$ y 0.5 \$ respectivamente para un punto de suministro. Para un usuario de estrato económico bajo se definió un financiamiento total con cero devoluciones.

#### Comparación de precio del energético más cuota mensual de conexión

La figura 91 muestra la comparación de los precios de los energéticos (GN, GLP y Electricidad) de un consumo equivalente a 16m<sup>3</sup>/mes, más la cuota mensual del 50% de devolución del financiamiento de la barrera de ingreso (Conexión) de cada tecnología (GN y electricidad).

Figura 91. Comparación del precio del energético + cuota mensual de conexión (50% devolución) para consumos promedios de 194 kWh (GN), 194 kWh (GLP) y 110 kWh (Electricidad)



Fuente: Elaboración propia

A los precios calculados de solo energía se le sumó la cuota mensual calculada de la BI con una devolución del 50% para las tecnologías a GN y electricidad. Para el caso del GN, el valor del precio del energético de un consumo de 16m<sup>3</sup> más la cuota mensual de devolución (50%) resultó un monto de s/40.1 (Precio Lima), suma que un usuario de estrato económico medio deberá pagar los primeros 10 años.

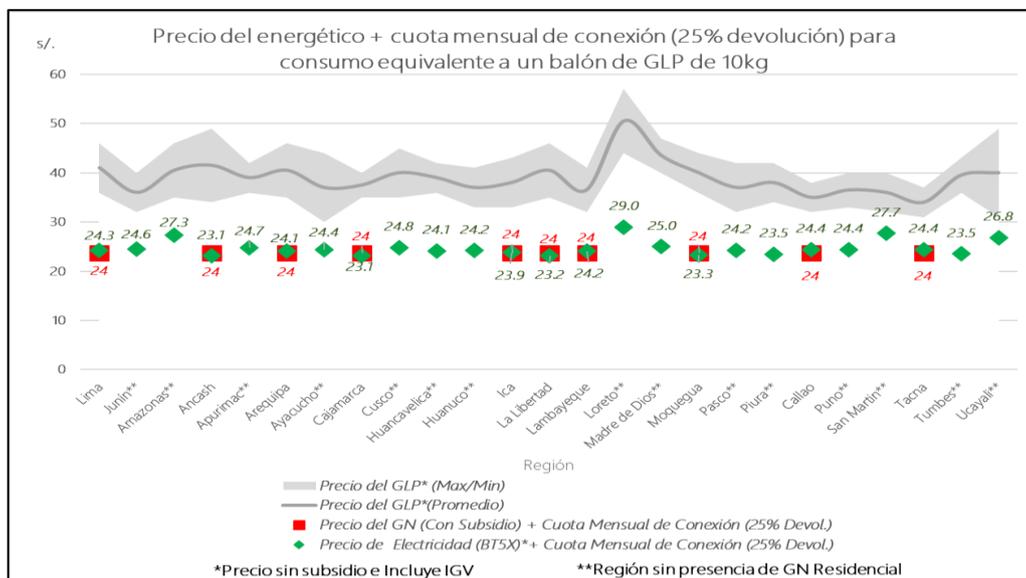
Asimismo, para el caso de la electricidad, el valor del precio del energético de un consumo de 110kWh (Equivalente a 16m<sup>3</sup> de GN) más la cuota mensual de devolución (50%) resultó un monto de s/33.8 (promedio nacional), suma que un usuario de estrato económico medio deberá pagar los primeros 10 años.

Ambos montos, tanto del GN y de la electricidad, son menores a los precios mínimos del GLP en todas las regiones del Perú. Resaltando que la electricidad tiene presencia en todas a un índice de acceso del 97%.

Del mismo modo se realizaron los cálculos para un consumo equivalente a un balón de GLP de 10kg. El monto resultante de la cuota mensual de conexión (50% devolución) más el precio subsidiado del gas natural fue de s/30.6 (Precio Lima); y el monto calculado

para la electricidad fue s/26.4 (Valor promedio de todo el Perú). Ambos montos menores a los precios del balón del GLP de 10kg a nivel nacional (Ver figura 92).

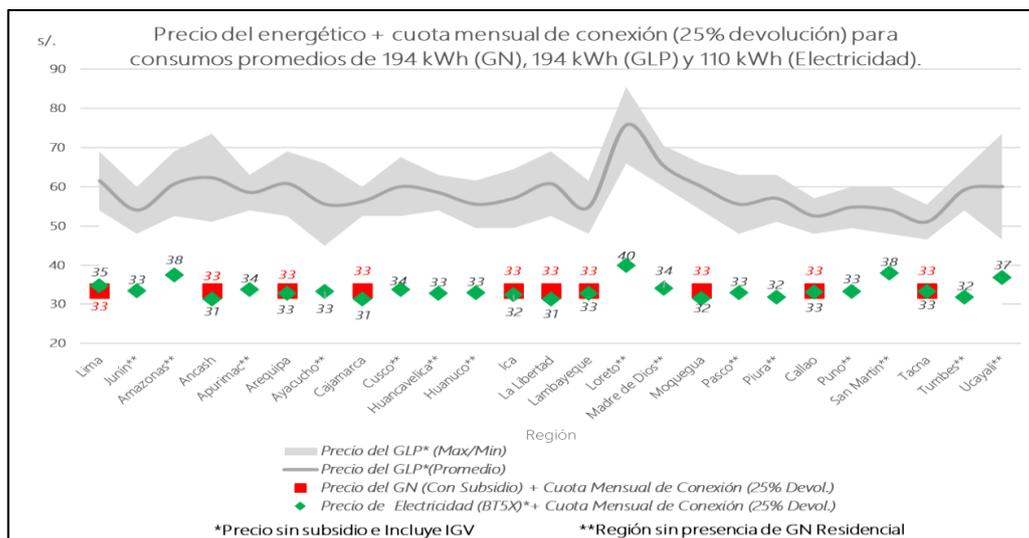
Figura 92. Comparación del precio del energético + cuota mensual de conexión (50% devolución) para consumo equivalente a un balón de GLP de 10kg.



Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se calculó el monto a pagar por un usuario de estrato económico medio-bajo, de los primeros 10 años tanto para el gas natural y la electricidad. Ambos montos resultaron de la suma del precio del energético y la cuota de conexión con una devolución del 25%. El monto resultante del gas natural para un consumo mensual de 16m<sup>3</sup> fue de s/ 33.4 (Precio Lima) y el monto de la electricidad para un consumo equivalente fue de s/ 33.7 (promedio a nivel nacional) (Ver figura 93).

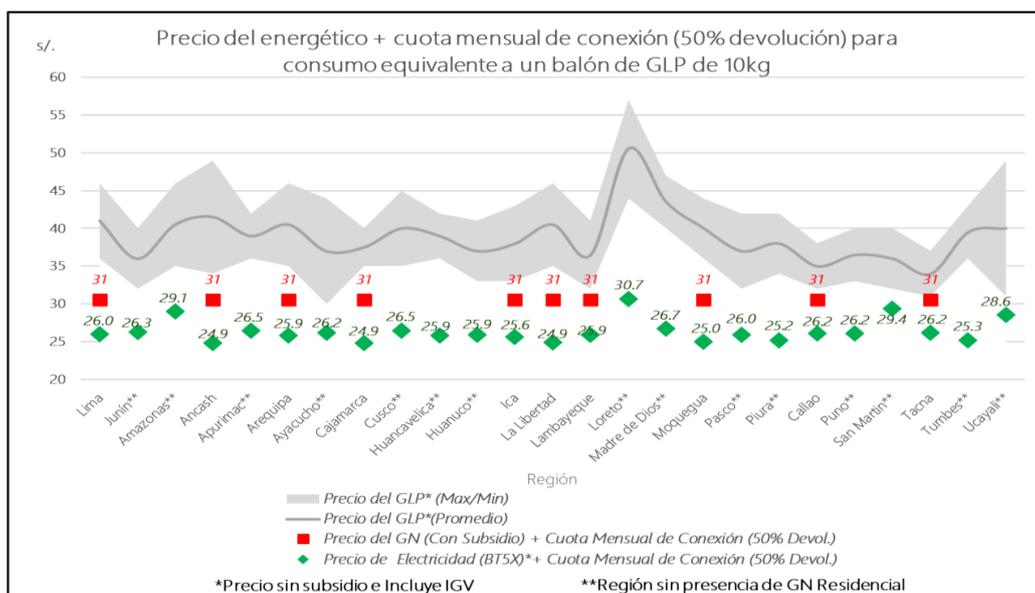
Figura 93. Comparación del precio del energético + cuota mensual de conexión (25% devolución) para consumos promedios de 194 kWh (GN), 194 kWh (GLP) y 110 kWh



Fuente: Elaboración propia

De igual forma, se calculó para un consumo equivalente a de un balón de GLP de 10kg los montos resultantes del gas natural y de la electricidad al sumar cuota de conexión con devolución del 25%; los cuales fueron s/ 31.0 (precio Lima) y s/ 24.7 (promedio nacional) respectivamente. Valores que un usuario de estrato económico medio-bajo pagaría (Ver figura 94).

Figura 94. Comparación del precio del energético + cuota mensual de conexión (25% devolución) para consumo equivalente a un balón de GLP de 10kg.



Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.19 Aspectos negativos a considerar para el correcto funcionamiento del sistema de cocción por inducción

Los aspectos negativos identificados fueron los siguientes:

1.- Calidad de suministro: La continuidad del servicio eléctrico. Tolerancias altas del SAIFI y SAIDI, al 2019 tuvieron los valores más altos por encima de 22.5 veces y 48.5 horas respectivamente en interrupciones por usuario en el Oriente del Perú. El promedio nacional al 2019 fue de 10.4 (SAIFI) y 24.7 (SAIDI). Aquello permite que la cocción con electricidad (Inducción) tenga un grado de no confiabilidad. No poder cocinar cuando no haya electricidad.

2.- Uso de la cocina de inducción en horas punta: El usuario residencial no podrá disfrutar de la tarifa eléctrica barata en el periodo de 18:00 h a 23:00 h, por considerarse horas punta. Por tanto, no podrá cocinar en ese lapso de tiempo, porque si lo hace, pagará casi al triple de lo habitual.

## 4.2 Prueba de hipótesis

Los resultados obtenidos permiten aceptar la hipótesis de la investigación: El uso de cocinas de inducción permite electrificar la matriz energética peruana de manera económica, eficiente, asequible, limpia y segura. La incidencia del uso de cocina de inducción en el nivel de electrificación de la matriz de consumo final energética peruana, en los años del proceso de implementación, se muestra en la tabla 59.

- Para el año fin del proceso de implementación, 2027, la incidencia calculada de la implementación de las cocinas de inducción en la matriz de consumo energética peruana fue de 3.3%.
- La electricidad consumida total en un “Escenario electrificado con cocinas de inducción - Año 2027” es de 7 047.6 ktoe, de los cuales 826.2 ktoe son para cocinas de inducción.
- El nivel de electrificación de la matriz de consumo final energético total nacional es de 28% para el año fin (2027) del proceso de implementación de cocinas de inducción.
- El 3.3 % es la incidencia que tiene la cocina de inducción en el nivel de electrificación de la matriz de consumo final energético total nacional.
- La incidencia de las cocinas de inducción permite la reducción de la leña de un 10% el 2019 a un 1% el 2027; y la eliminación de la participación de la bosta/yareta y la del GLP en el sector residencial.
- La participación del GLP es del 9.3% para el año 2027 en la matriz de consumo final energética nacional, consumido básicamente en el transporte y el sector industrial, en el residencial es nula su participación.

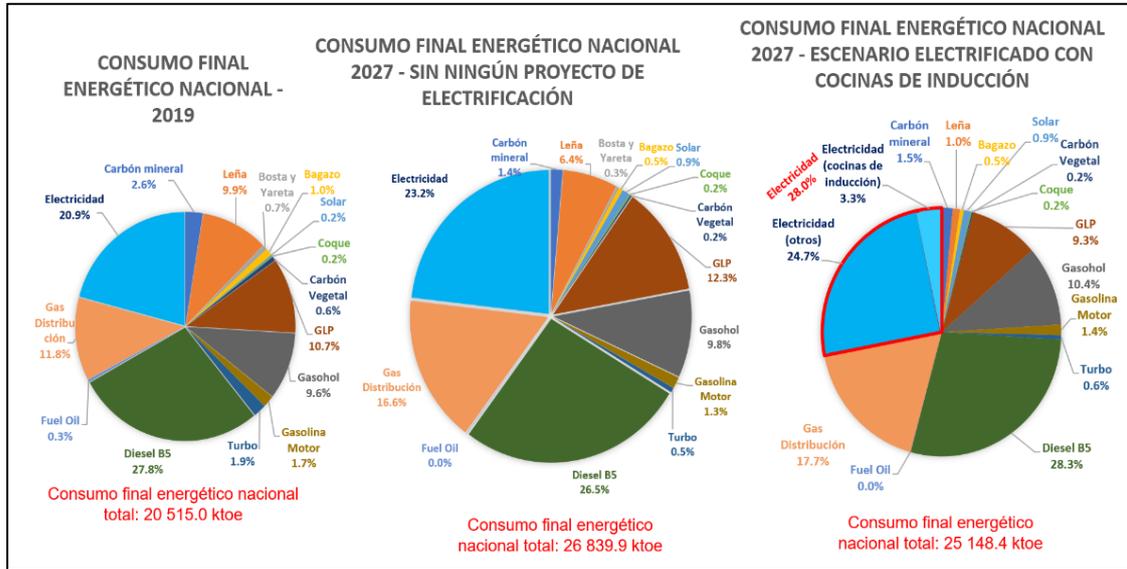
Tabla 60. Evolución de la matriz de consumo final energético nacional en el "Escenario Electrificado con cocinas de inducción"

Combustible	Histórico		Año 0		Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5		Año 6	
	2020		2021		2022		2023		2024		2025		2026		2027	
	Energía	Cuota	Energía	Cuota	Energía	Cuota	Energía	Cuota	Energía	Cuota	Energía	Cuota	Energía	Cuota	Energía	Cuota
<b>Carbón mineral</b>	503.7	2.4%	481.6	2.2%	460.4	2.1%	440.2	2.0%	420.9	1.9%	402.4	1.7%	384.8	1.6%	367.9	1.5%
<b>Leña</b>	1997.9	9.5%	1956.1	9.0%	1474.4	6.7%	762.6	3.5%	442.3	2.0%	336.4	1.5%	286.6	1.2%	248.7	1.0%
<b>Bosta y Yareta</b>	130.2	0.6%	120.1	0.6%	79.5	0.4%	23.1	0.1%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%
<b>Bagazo</b>	200.5	1.0%	188.3	0.9%	176.8	0.8%	166.1	0.8%	155.9	0.7%	146.4	0.6%	137.5	0.6%	129.2	0.5%
<b>Solar</b>	44.9	0.2%	56.8	0.3%	71.8	0.3%	90.9	0.4%	114.9	0.5%	145.4	0.6%	183.8	0.8%	232.5	0.9%
<b>Coque</b>	38.6	0.2%	39.9	0.2%	41.3	0.2%	42.6	0.2%	44.1	0.2%	45.5	0.2%	47.1	0.2%	48.6	0.2%
<b>Carbón Vegetal</b>	108.3	0.5%	95.5	0.4%	84.3	0.4%	74.3	0.3%	65.6	0.3%	57.8	0.2%	51.0	0.2%	45.0	0.2%
<b>GLP</b>	2315.5	11.0%	2436.9	11.2%	2274.8	10.4%	1967.4	9.0%	1924.1	8.6%	2028.8	8.7%	2177.6	9.0%	2341.9	9.3%
<b>Gasohol</b>	2041.6	9.7%	2116.0	9.7%	2193.0	10.0%	2272.8	10.4%	2355.6	10.5%	2441.4	10.5%	2530.3	10.5%	2622.4	10.4%
<b>Gasolina Motor</b>	346.7	1.6%	346.7	1.6%	346.7	1.6%	346.7	1.6%	346.7	1.5%	346.7	1.5%	346.7	1.4%	346.7	1.4%
<b>Turbo</b>	342.6	1.6%	302.5	1.4%	267.1	1.2%	235.8	1.1%	208.2	0.9%	183.8	0.8%	162.3	0.7%	143.3	0.6%
<b>Diesel B5</b>	5866.8	27.8%	6029.6	27.7%	6197.0	28.3%	6369.0	29.1%	6545.8	29.2%	6727.6	29.0%	6914.3	28.7%	7106.3	28.3%
<b>Fuel Oil</b>	55.2	0.3%	43.4	0.2%	34.2	0.2%	26.9	0.1%	21.2	0.1%	16.6	0.1%	13.1	0.1%	10.3	0.0%
<b>Gas Distribución</b>	2619.9	12.4%	2826.6	13.0%	3049.6	13.9%	3290.2	15.0%	3549.8	15.9%	3829.9	16.5%	4132.1	17.1%	4458.1	17.7%
<b>Electricidad Total</b>	4489.9	21.3%	4704.1	21.6%	5175.5	23.6%	5787.0	26.4%	6190.8	27.7%	6486.6	28.0%	6763.7	28.0%	7047.6	28.0%
<i>Electricidad (otros)</i>	4489.9	21.3%	4704.1	21.6%	4928.4	22.5%	5163.5	23.6%	5409.8	24.2%	5667.8	24.4%	5938.1	24.6%	6221.3	24.7%
<i>Electricidad (cocinas de inducción)</i>	0.0	0.0%	0.0	0.0%	247.0	1.1%	623.5	2.8%	781.0	3.5%	818.8	3.5%	825.6	3.4%	826.2	3.3%
<b>Total Energía</b>	21102.4	100.0%	21744.1	100.0%	21926.3	100.0%	21895.8	100.0%	22386.0	100.0%	23195.4	100.0%	24130.9	100.0%	25148.4	100.0%

Nota: Unidad de energía es ktoe = miles de toneladas equivalentes de petróleo. Otros: otros usos con electricidad excepto de la de cocina de inducción.

Fuente: Elaboración propia

Figura 95. Comparación de matrices de consumo final energética peruana en escenario electrificado y no electrificado con cocinas de inducción.



Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Discusión de resultados

La investigación tuvo como objetivo calcular la incidencia del uso de cocinas de inducción en la electrificación de la matriz energética peruana.

Para ello, se calculó los valores de consumo promedio, de un usuario residencial en energía eléctrica de combustibles para cocción: Gas Natural (GN), Gas Licuado de Petróleo (GLP) y Electricidad. Los resultados obtenidos fueron de 194 kWh para las cocinas a gas y 110 kWh para la cocina de inducción. Se consideró a mencionados valores como los consumos promedios más precisos que un usuario residencial necesita para cocinar en un mes. Valores similares a los obtenidos por Plaza, Escobar y Aguirre (2017), en la investigación titulada “Análisis de eficiencia energética en la implementación de cocinas de inducción en el sistema eléctrico ecuatoriano” donde se realizó mediciones reales de la energía eléctrica consumida al preparar ciertos alimentos en la cocina de inducción, cuyo resultado fue 124,8 kWh-mes. El resultado de la investigación ecuatoriana fue 15 kWh más al de esta investigación, esto en vista de que, hay un mayor consumo de noche en Ecuador debido a su cultura alimenticia, diferente a la de la peruana.

Los valores anteriores sirvieron para una comparación más precisa entre los tres combustibles y su respectiva tecnología de cocción en los aspectos de eficiencia, accesibilidad, sostenibilidad ambiental, seguridad y competitividad. Conceptos pilares para la transición energética eficaz hacia un sistema energético electrificado que aborda el Fostering Index Transition 2020 del WEF (World Economic Forum); y que se optaron en

esta investigación para la selección de la mejor tecnología de cocción en referencia al usuario y al sistema energético. Conceptos similares optados por Campoverde y Borenstain (2017), en su artículo titulado “Modelo para la toma de decisiones, caso cambio de cocina de GLP a inducción en Ecuador” donde concluyen que, el desarrollo de su modelo de análisis con múltiples criterios para la selección de una cocina nueva debe considerar simultáneamente aspectos cualitativos y cuantitativos para apoyar la decisión; equilibrando aspectos sociales, riesgos ambientales, costos económicos y eficiencia energética. En tal sentido, para la selección de la tecnología de cocción óptima para el usuario y la matriz energética peruana, se evaluó a las tres tecnologías: Cocinas a GN, Cocinas a GLP y cocinas de inducción, en los 5 conceptos mencionados para la transición energética.

En el concepto de eficiencia, se consideraron dos tipos, la final y la efectiva. Los resultados dieron a la cocina de inducción como la más eficiente en ambos tipos con valores del 85% y 82% respectivamente. Para el caso de las cocinas a gas la eficiencia final fue de 48% para ambas y la efectiva 48% para la de GN y 40% para la del GLP. En cuanto al valor de la eficiencia efectiva de la cocina de inducción calculada en esta investigación, difiere con los resultados obtenidos por Sensini et al (2018) en el artículo argentino “¿Qué significa la eficiencia de los artefactos domésticos? Factores de comparación energéticos” donde el valor calculado de la eficiencia efectiva de una cocina de inducción fue de 37%, esto debido a que, la matriz de generación de argentina es proveniente 64% de combustibles fósiles Gas y Diesel, por lo que es más conveniente usar el gas directamente para cocción que utilizarlo como electricidad para ofrecer el mismo servicio.

En cuanto a la accesibilidad a los combustibles, los valores identificados al 2019 muestran a la electricidad como el combustible más accesible con un porcentaje de 97%, seguido por el GLP y el GN con 74% y 9% respectivamente. Por lo que, el uso de cocinas de inducción permitirá a que un 97% de la población tenga acceso a combustible limpio (14% más que el actual). Resultados que difieren con la publicación de Energas (2020) “Eficiencia en la cocción” (34) ,donde se evidencia que un 61% de argentinos tiene acceso al GN, 33% al GLP y un 98% a la electricidad. Esto debido a las políticas energéticas optados por cada gobierno y los recursos energéticos de cada país.

Para el aspecto de sostenibilidad ambiental, se tomaron dos criterios para la evaluación de cada tecnología de cocción: Emisiones de CO<sub>2</sub> en uso final y emisiones de CO<sub>2</sub> como sistema energético en su conjunto. Las figuras 62 y 63 muestran mencionada

comparativa, donde se evidencia a la cocina de inducción como la más sostenible ambientalmente, con emisiones nulas al uso final y con 185 g(CO<sub>2</sub>)/kWh del sistema eléctrico en su conjunto (en toda la cadena de valor). Resultados muy diferentes a los obtenidos por Sensini et al (2018) en el artículo argentino “¿Qué significa la eficiencia de los artefactos domésticos? Factores de comparación energéticos” que dan a la cocina de inducción como la más contaminante con un valor de 343 g(CO<sub>2</sub>)/kWh. Esto debido a lo expuesto anteriormente sobre la matriz de generación de Argentina, mayoritariamente térmica (64%).

La tabla 20 muestra las características de seguridad de cada tecnología de cocción identificadas en esta investigación. Se identificó 7 aspectos en seguridad de cada forma de cocción, 6 a nivel usuario y una a nivel país. Los 7 aspectos identificados fueron positivos para la cocina de inducción y que la catalogaron como el sistema de cocción con nivel alto de seguridad frente a las de GN y a las de GLP. Resultado similar a lo que expone Tama (2013), en su artículo denominado “Cocina de inducción versus cocina a gas (GLP)” donde el nivel alto de seguridad de cocción de una cocina de inducción es prioridad en el programa de sustitución de cocinas a gas (GLP) por inducción en Ecuador. Mencionado programa considera a la seguridad dentro de sus 12 estrategias nacionales y 12 objetivos nacionales.

Uno de los ejes fundamentales para la transición eficaz es la competitividad del combustible. En este aspecto se hizo un análisis profundo de los costos reales y precios de cada combustible que ofrecen el servicio de cocción: GN, GLP y electricidad (Inducción); con el objetivo de identificar al más económico. Las tablas 36 y 37 comparan los costos reales y precios calculados de los tres insumos energéticos. Los resultados mostraron que el GN es el más costoso para cocción con un valor de 31 US\$ para un consumo promedio mensual de 194 kWh (16m<sup>3</sup>); pero que, al ser subsidiado por el Estado hace que su precio sea de 8 US\$. Para el caso del GLP y electricidad (Inducción) se consideraron sus costos igual a sus precios porque en el cálculo de aquellos se excluye el subsidio que recibe parte de la población; los resultados fueron de 14 US\$ del GLP y 9 US\$ de la electricidad para consumos equivalentes a 16 m<sup>3</sup> (Consumo promedio de un usuario de GN Residencial). Dichos resultados hacen que la electricidad con medición diferenciada sea el combustible más competitivo para cocción.

Valores diferentes son los obtenidos por Energas (2020) en su publicación “Eficiencia en la cocción” de Argentina, que dan al gas natural como el combustible más competitivo, con un costo (igual al precio) de 5 US\$ para un consumo equivalente al optado en esta investigación; los valores para el GLP y electricidad (Inducción) fueron 7 US\$ Y

10US\$ respectivamente. Sin embargo, al comparar los resultados con los obtenidos por Tama (2013) en su artículo denominado “Cocina de inducción versus cocina a gas (GLP)” muestra que la electricidad puede ser el combustible más competitivo en Ecuador. No obstante, el precio del cilindro de GLP de 15 kg es subsidiado enormemente en ese país y que tiene un valor de 2 US\$. En consecuencia, se desea implementar cocinas de inducción para retirar el subsidio; pero, el precio calculado para cocinar con cocinas de inducción fue de 10 US\$ y por lo que resulta caro frente al precio subsidiado del GLP, aun cuando dicho valor sea menor al costo real (16 US\$ el balón de 15kg).

El beneficio económico que el usuario tendrá al migrar a la tecnología de cocción por inducción con electricidad de medición diferenciada (2E) se muestra en las figuras 71 y 72. Los resultados obtenidos frente al GLP para un consumo equivalente a 16 m<sup>3</sup> (GN) fue de 7 US\$, 25 soles (promedio nacional). El mayor ahorro se identificó en la región Loreto, 10 US\$; y el menor en la región San Martín, 4.4 US\$. En la capital Lima, región que concentra la mayor parte de la población (más del 40%), el valor de ahorro calculado fue 9 US\$, 28 soles. Con respecto del ahorro al usar electricidad (inducción) para un consumo equivalente a un balón de GLP de 10kg, el valor promedio calculado a nivel nacional fue de 5.2 US\$, 18.1 soles; se identificó mayor ahorro en la región Loreto 6 US\$, 23 soles; y el menor en la región San Martín 3 US\$, 10 soles. Valores similares obtenidos por Carrasco et al (2016), en la tesis titulada “Propuesta de utilización de cocinas de inducción eléctrica para uso doméstico en poblaciones vulnerables” donde se expone que el beneficio económico que tendría la región Loreto sería de S/.23.1 mensuales al usar cocinas de inducción.

En la tabla 45, se muestra los resultados calculados de la barrera de ingreso de cada tecnología de cocción. El valor calculado para el gas natural fue de s/ 2080.0, para el GLP fue de s/ 294.0 y para la electricidad (Inducción) fue de s/ 837.0. Valores que dan a la tecnología de cocción con GLP como la más asequible, pero que, con el programa de financiamiento de la barrera de ingreso de la cocina de inducción planteado en esta investigación, hacen asequible migrar a una tecnología de cocción por inducción. Los valores obtenidos difieren con los obtenidos por Energas (2020) en la publicación “Eficiencia en la cocción” de Argentina, cuyos resultados de la barrera de ingreso fueron de 500 US\$ para el GN, 900 US\$ para la cocina de inducción y 210 US\$ para el GLP, valores que hacen a la cocina de inducción no asequible en ese país. Esto debido básicamente a que, a la barrera de ingreso del GN no consideran el costo de instalación externa y a la barrera de ingreso de la cocina de inducción consideran valores muy altos del equipo, muy diferente a los identificados en Perú.

Los aspectos descritos anteriormente (eficiencia, accesibilidad, sostenibilidad ambiental, seguridad y competitividad) fueron necesarios para la elección de la mejor tecnología de cocción para un sistema energético electrificado, sostenible, eficiente, asequible, limpio y seguro. La elección no debe ser dogmática o elegida por un comité; sino, basada en los aspectos descritos sobre la transición energética eficaz. Por lo que, se discrepa con la política de masificación del gas natural a cualquier costo del Ministerio de Energía y Minas del Perú, que no basa la decisión de dicha política en la eficiencia y competitividad “Real” (no subsidiada). Puesto que, en la batalla de los combustibles gana el que tiene mejores indicadores en esos dos aspectos (eficiencia y competitividad). (31) La intervención de los gobiernos no cambia el resultado de la batalla, sólo lo retrasa; como menciona Lacalle (2014) en su libro “La Madre de Todas Las Batallas”.

Elegido a la cocina de inducción como la mejor opción para cocción de alimentos, se calculó su incidencia en el nivel de electrificación de la matriz energética peruana, que este caso, se tomó a la matriz de consumo final energético nacional en el estudio, debido a que, mencionada matriz evidencia que combustibles y que cantidad por sector se consume en el Perú. La figura 85 muestra los resultados, donde el valor calculado de la incidencia de la cocina de inducción en el nivel de electrificación es de 3.3%, haciendo que el consumo de leña, bosta y yareta reduzcan su participación del 10.6% a 1.5% en la matriz de consumo final energético nacional; asimismo, hace que disminuya la participación del GLP en un punto porcentual y ralentice su crecimiento en un 0.78% por año. Y lo más importante, vuelve al sistema energético más eficiente ralentizando su crecimiento en 2.4% por año, esto hace que, el sistema consuma menos para realizar el mismo trabajo e incluso más. Esta comparación se evidencia en la figura 95, donde se muestra dos escenarios, uno con evolución normal de los combustibles sin ningún proyecto de electrificación y otro con evolución de combustibles con proyecto de electrificación de cocinas de inducción; una matriz energética no electrificada consume 26 839.9 ktoe para abastecer las necesidades energéticas del Perú, por el contrario, una matriz energética electrificada con cocinas de inducción consume menos (25 148.4 ktoe) para abastecer las mismas necesidades que la anterior. El valor de la reducción calculada es de -6%.

Para la propuesta de implementación se optó por el concepto de energía procíclica que comparte Lacalle (2014) en su libro “La Madre de Todas Las Batallas” e indica que “La industria energética es procíclica. Nunca lo olvide. La energía lo es todo. Sin ella no hay crecimiento industrial ni económico.” (31) Que básicamente es el planteo de una oferta energética tan competitiva que promueva crecimiento. En este caso, tener una electricidad tan competitiva frente a otros energéticos que incentive la migración a cocinas de inducción

para un sistema energético más electrificado, eficiente, asequible, competitivo, limpio y seguro. Por tanto, las condiciones de la propuesta de implementación: técnicas, económicas y legales fueron basados en el concepto expuesto.

Se identificó y calculó los costos de los elementos y equipos eléctricos/electrónicos necesarios para la implementación de la cocina de inducción. El costo resultante fue llamado barrera de ingreso de la cocina de inducción, que consta: derecho de conexión, costo de instalación interna y del equipo de cocción. El resultado fue de 837 soles, y para que dicho valor sea asequible para la población de estratos económicos medio y bajo, se planteó un programa de financiamiento igual al del gas natural, devolución del 50%, 25% y 0% según estrato económico en un periodo de 10 años con cero tasas de intereses. El valor resultante de la cuota del financiamiento fue de 1.0 US\$/mes y 0.5 US\$/mes para devoluciones del 50% y 25% respectivamente. Valores e ideas diferentes que obtuvieron y plantearon Carrasco et al (2016), en la tesis titulada "Propuesta de utilización de cocinas de inducción eléctrica para uso doméstico en poblaciones vulnerables", en el cual hallaron una cuota de s/ 13.17 mensual para un periodo de 5 años con 0% de intereses, s/ 17.00 para 5 años con 10% de intereses y s/ 18.05 para 5 años con tasa del 14%; resaltar que esas cuotas calculadas en esa investigación cubren solo una cocina de 2 hornillas y un juego de 3 ollas, y no, la barrera de ingreso en su conjunto.

## CONCLUSIONES

Después de realizar los análisis correspondientes de los 5 aspectos para la elección de la mejor tecnología de cocción, calcular la incidencia de ella, en el nivel de electrificación de la matriz energética peruana y proponer las condiciones de su implantación; se concluye que:

1.- La incidencia de uso de cocinas de inducción es de 3.3% (826.2 ktoe) en el nivel de electrificación de la matriz energética peruana, en un “Escenario electrificado con cocinas de inducción”. Aquello permite tener el 28% (7047.6 ktoe) de participación de electricidad; además, la reducción de la leña, bosta/yareta y GLP tanto en cantidad de consumo como en participación en la mencionada matriz; los valores son, 1% (248.7 ktoe) de leña, 0% de bosta/yareta y 9.3% (2 341.9 ktoe) de GLP.

2.- Los valores de consumo promedio más precisos que necesita una vivienda residencial para cocinar un mes son los siguientes: GN = 16m<sup>3</sup>/mes (194 kWh), GLP = 15 kg (1 ½ balón de GLP de 10kg) y Electricidad = 110 kWh.

3.- La cocina de inducción es la más eficiente que las cocinas a gas, tanto en el uso final (Efic. Final) como en la cadena de transporte del energético (Efic. Efectiva), con valores de 85% y 82% respectivamente.

4.- La propuesta de uso de cocinas de inducción permitirá a que un 97% de la población tenga acceso a combustible limpio para cocción (14% más que el actual). Esto debido a que, la población ya cuenta con electricidad en el tomacorriente de su casa.

5.- La cocina de inducción es la más sostenible ambientalmente (limpia) que las cocinas a gas. Debido a que, sus emisiones de CO<sub>2</sub> son nulas en el entorno del usuario; y sus emisiones como sistema energético (de toda la cadena) depende de la matriz de generación eléctrica, que en el caso peruano, al tener una participación de 62% de renovables, su valor de emisión es de 185 g(CO<sub>2</sub>)/kWh. Como las cocinas de inducción se

utilizarán en horas fuera de punta donde el despacho de energía eléctrica mayoritariamente es a partir de centrales renovables, dichas emisiones del sistema eléctrico se tornan nulas.

6.- La cocina de inducción tiene el nivel más alto de seguridad que las cocinas a gas; puesto que, en los 7 criterios de seguridad que se plantearon en esta investigación, todos son positivos para la cocina de inducción: Cero riesgos de quemaduras, cero riesgos de incendios, cero riesgos de explosiones, cero riesgos de fuga de combustible, venta del energético a la cantidad exacta, seguridad de suministro y seguridad en el transporte del energético (Redes eléctricas).

7.- El costo real del suministro del gas natural para uso residencial es 31 US\$ por usuario, y que, para hacerlos competitivo frente al GLP, se subsidia alrededor de 21 US\$ mensualmente por usuario. Resultando el precio del GN 8 US\$ para un consumo de 16m<sup>3</sup> (Promedio a nivel nacional).

8.- El combustible más económico (competitivo) para cocción de alimentación es la cocina de inducción; siempre y cuando, se den las condiciones de medición diferenciada (2E) para que el usuario pueda aprovechar las tarifas baratas en horas fuera de punta. Para consumos promedios mensuales 194 kWh (GN – 16m<sup>3</sup>), 194 kWh (GLP – 15kg) y 110 kWh (Electricidad); los costos reales resultantes promedio son: 31 US\$ para el GN, 16 US\$ para el GLP y 9 US\$ para la electricidad con medición diferencia (Inducción); y los precios promedios de solo energía, el GN compite gracias al subsidio, quedando la competitividad entre ellos de la siguiente manera: 8 US\$ para el GN, 16 US\$ para el GLP y 9 US\$ para electricidad. Del mismo modo, para una comparación más directa se calculó los costos y precios para consumos equivalentes a la de un balón de GLP de 10kg; los costos reales resultantes promedio son: 28 US\$ para el GN, 16 US\$ para el GLP y 6 US\$ para la electricidad (Inducción); y los precios resultantes promedio de solo energía son: 5 US\$ para el GN, 11 US\$ para el GLP y 6 US\$ para electricidad (Inducción).

9.- El beneficio económico (ahorro) que el usuario tendrá para un consumo equivalente a un balón de GLP de 10kg es 18.1 soles (44% de ahorro) promedio nacional. Registrándose el mayor ahorro en la región Loreto 6 US\$, 23 soles; y el menor en la región San Martín 3 US\$, 10 soles.

10.- La mayor barrera de ingreso es hacia el gas natural con un valor de 2080 soles. La barrera de ingreso de electricidad es moderadamente alta con un valor de 837 soles pero que con el programa de financiamiento que se planteó en esta investigación los usuarios de estratos económicos medio y bajo no tendrán problemas para migrar. La barrera de ingreso a la cocción con GLP es de 294 soles.

11.- La intención de cambio de un usuario GLP y/o leña es de 83.6%. Los que no tienen la intención de cambio (16.4%) es básicamente por falta de información y/o comprensión del sistema de cocción por inducción.

12.- Para la implementación de las cocinas de inducción, las modificatorias de las normas por parte de Osinergmin, básicamente son 2: la Norma de opciones tarifarias y condiciones de aplicación de las tarifas a usuario final y la norma de conexiones para suministro de energía eléctrica hasta 10 KW. En la primera se debe de añadir la opción tarifaria BT5X que se plantea en esta investigación y la segunda también se debe añadir un parámetro más de conexión referente a la opción tarifaria BT5X que mencione el costo de conexión igual a 149 soles. Por parte de la distribuidora, entidad que se encargará de ejecutar el programa de sustitución de cocinas a gas por inducción en coordinación con Osinergmin.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **World Economic Forum.** *Fostering Effective Energy Transition.* Ginebra : s.n., 2020.
2. **NAULA, Freddy, CAMPOVERDE, Jorge y BORENSTEIN, Denis.** *Modelo para la toma de decisiones, caso cambio de cocina de GLP a inducción en Ecuador.* Cuenca : Revista DYNA, 2017. ISSN 0012-7353.
3. **ULLOA, Janeth y CRUZ, Christyan.** *Aplicación de métodos numéricos para la obtención de modelos eficientes de consumo energético en cocinas de inducción y cocinas a gas (GLP).* Ecuador : Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, 2018. ISSN: 1696-8352.
4. **CARRASCO, Sofía et al.** *Propuesta de utilización de cocinas de inducción eléctrica para uso doméstico en poblaciones vulnerables.* Tesis de Maestría, Universidad Esan, Lima, 2016.
5. **TAMA, Alberto.** *Cocina de inducción versus cocina a gas (GLP).* Ecuador : Revista Técnica del Colegio Regional de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos del Litora, 2013.
6. **ORTIZ, Gonzalo.** *La sustitución de cocinas: una ruta para rebajar el subsidio.* Ecuador : Revista Gestión, 2013.
7. **PLAZA, Ruddy, ESCOBAR, Edwin y AGUIRRE Douglas.** *Análisis de eficiencia energética en la implementación de cocinas de inducción en el sistema eléctrico ecuatoriano.* Guayaquil : Politécnica del Litoral (ESPOL), 2017. Apartado 09-01-5863.
8. **YONG, Zhulin.** *Impacto de sustitución de cocinas GLP por cocinas de inducción en importaciones de GLP, 2014-2018.* Tesis de titulación, Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil, Guayaquil, 2019.
9. **NiceCook.** NiceCook Pvt Ltd, Chennai, India. [En línea] 2013. [Citado el: 17 de noviembre de 2020.] <http://www.nicecook.in/facts-about-induction-cookers>.
10. **SADIKU, M.N.O.** *ELEMENTS OF ELECTROMAGNETICIS, Third Edition.* New York : s.n., 2002.

11. **GONZALES, Wilson.** *Impacto de la implementación del sistema de cocción de inducción lectromagnética en las redes de distribución de la empresa eléctrica regional del sur S.A. en la ciudad de Loja.* Tesis de titulación, Universidad de Cuenca, Loja, 2014.
12. **Bank for International Settlements.** *The green swan.* Basilea : s.n., 2020. ISBN 978-92-9259-326-1.
13. **Asociación Colombiana de GLP.** GASNOVA. [En línea] [Citado el: 1 de Diciembre de 2020.] <http://www.gasnova.co/sobre-el-glp/que-es-el-glp/>.
14. **GARCÍA, Ricardo.** *Teoría de la combustión.* 2001.
15. **Ministerio para la transición Ecológica y el reto demográfico .** *Sitio web de los Gases Licuados del Petróleo.* [En línea] [Citado el: 1 de diciembre de 2020.] <https://energia.gob.es/glp/Paginas/Index.aspx>.
16. **AGENCIA INTERANACIONAL DE ENERGÍA.** *Wourl Energy Outlook 2020.* 2020. ISBN 978-92-64-44923-7.
17. **Ministerio de Energía y Minas del Perú.** MINEM. *Preguntas frecuentes en relación al gas natural en el Perú.* [En línea] [Citado el: 19 de 12 de 2020.] <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/hidrocarburos/preguntas/preguntasgasnatural.pdf>.
18. **Osinermin.** *La industria del gas natural en el Perú.* 2014.
19. **Ministerio de Energía y Minas del Perú.** *Libro anual de recursos hidrocarburos 2019.* Lima : s.n., 2020.
20. **Osinermin.** Derecho de conexión. [En línea] [Citado el: 22 de Abril de 2021.] <https://acortar.link/12c18P>.
21. **FISE.** Fondo de Inclusión Social Energético. [En línea] [Citado el: 23 de Abril de 2021.] <fise.gob.pe/preguntas-frecuentes3.html>.
22. **Osinermin.** *Informe de resultados consumo y usos de los hidrocarburos líquidos y GLP Encuesta Residencial de Consumo y Usos de Energía – ERCUE 2018.* Lima : s.n., 2018.
23. **CASTILLO, Guillermo.** *Cómo se reformó el sistema eléctrico peruano.* Lima : Global Color Impresores, 2020. 2020-08932.
24. **IRENA.** *Renewable energy auctions in Colombia.* Abu Dhabi : s.n., 2021. ISBN 978-92-9260-313-7.

25. **COES.** *Informe de diagnóstico de las condiciones operativas del SEIN.* 2021.
26. **SENSINI, Pablo et al.** *¿Qué significa la eficiencia de los artefactos domésticos? Factores de comparación energéticos factores de corrección de eficiencia para distintos insumos energéticos en argentina.* Buenos Aires : s.n., 2018.
27. **IRENA.** *World Energy Transition Outlook (1.5°C Pathway).* Abu Dhabi : s.n., 2021. ISBN: 978-92-9260-334-2.
28. **EDUCARCHILE.** Aprende con energía. [En línea] [Citado el: 22 de Diciembre de 2020.] <https://www.aprendeconenergia.cl/que-es-una-matriz-energetica/>.
29. **MINEM.** *Balance nacional de energía 2019.* Lima : s.n., 2020.
30. **REAL ACADEMIA ESPAÑOLA.** Diccionario de la lengua española, 23.<sup>a</sup> ed. [En línea] [Citado el: 25 de Enero de 2021.] <https://dle.rae.es>.
31. **LACALLE, Daniel.** *La madre de todas las batallas.* Barcelona : DEUSTO, 2014. ISBN: 978-84-234-1932-6.
32. **ESPINOZA, Ciro.** *Metodología de investigación tecnológica.* Huancayo : Soluciones Gráficas S.A.C., 2014. ISBN: 978-612-00-1667-1.
33. **Osinermin.** *Determinación de la tarifa única de distribución de gas natural aplicables a la concesión de Lima y Callao para el período 2018 - 2022.* Lima : s.n., 2018.
34. **ENERGAS.** *Eficiencia en la cocción.* Buenos Aires : s.n., 2020.
35. **Osinermin.** *Los precios del gas natural.* Lima : JWG Servicios Gráficos, 2017.
36. **BP.** *Statistical Review of World Energy.* London : s.n., 2020.

## ANEXOS

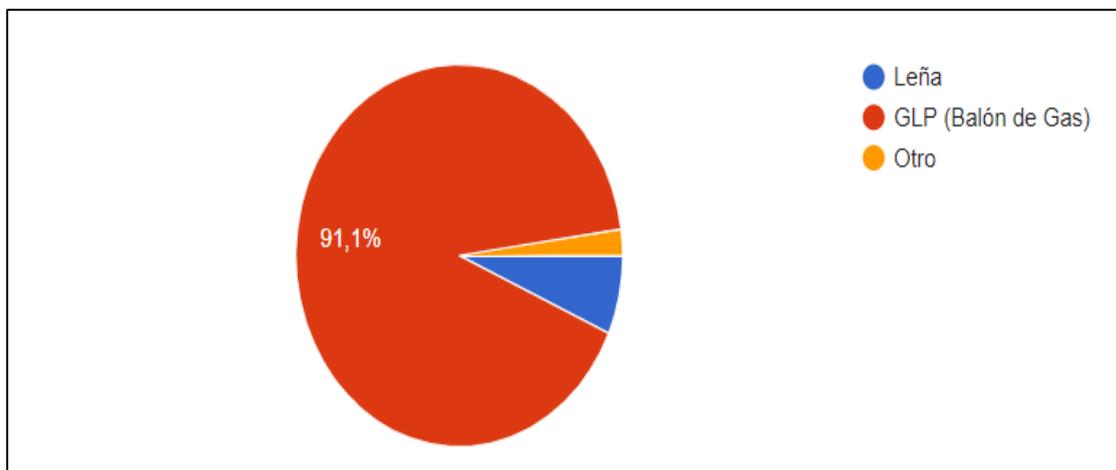
### Anexo 01. Matriz de consistencia

Planteamiento del problema	Marco teórico	Metodología
Formulación del problema	Antecedente	Tipo
¿Cuál es la incidencia del uso de cocinas de inducción en la electrificación de la matriz energética peruana?	“Modelo para la toma de decisiones, caso cambio de cocina de GLP a inducción en Ecuador” por Naula, Campoverde y Borenstain (2017).	Científica
Objetivo general		Nivel
Calcular la incidencia del uso de cocinas de inducción en la electrificación de la matriz energética peruana.	“Aplicación De Métodos Numéricos Para La Obtención De Modelos Eficientes De Consumo Energético En Cocinas De Inducción Y Cocinas A Gas (GLP)” de Ulloa (2018).	Básica Aplicada
Objetivos específicos		Método y Diseño
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Calcular los valores de consumo promedio en energía eléctrica de combustibles para cocción: Gas Natural (GN), Gas Licuado de Petróleo (GLP) y Electricidad.</li> <li>•Identificar y calcular las eficiencias finales y globales (efectivas) de las tecnologías de cocción al consumir su respectivo combustible e identificar cuál de ellas es la más eficiente (Ahorro de energía).</li> <li>•Identificar y calcular las emisiones de gCO<sub>2</sub>/kWh de las tecnologías de cocción al consumir su respectivo combustible: Cocina a GN, Cocinas a GLP y Cocinas de inducción (Combustible electricidad).</li> <li>•Identificar el nivel de seguridad de cada tecnología de cocción: Cocina a GN, Cocinas a GLP y Cocinas de inducción (Combustible electricidad).</li> <li>•Calcular los costos reales del suministro de gas natural y evaluar si es conveniente o no su masificación en todo el país.</li> </ul>	<p>“Propuesta de utilización de cocinas de inducción eléctrica para uso doméstico en poblaciones vulnerables” por Prialé et al (2016).</p> <p>“Cocina de inducción versus cocina a gas (GLP)” de Tama (2013).</p> <p>“La sustitución de cocinas: una ruta para rebajar el subsidio” de Ortiz (2013).</p> <p>“Análisis de eficiencia energética en la implementación de cocinas de inducción en el sistema eléctrico ecuatoriano” por Plaza, Escobar y Aguirre (2017).</p> <p>“Impacto de Sustitución de cocinas GLP por cocinas de inducción en importaciones de GLP, 2014-2018” de Yong (2019).</p>	<p>Método Sistemico Diseño Descriptivo longitudinal</p>
		Variables
		Cocinas de inducción Matriz Energética Peruana
		Población
		Consumidores residenciales de GLP, Leña y Bosta/Yareta de Perú
		Muestra
		273 viviendas de la población Urbana – Rural del Distrito de Sicaya
		Técnicas e Instrumentos
		Técnica: Documental y Empírica. Instrumento: Hemográfica, Registros de sistemas de gestión, Cibergráfica y Cuestionario

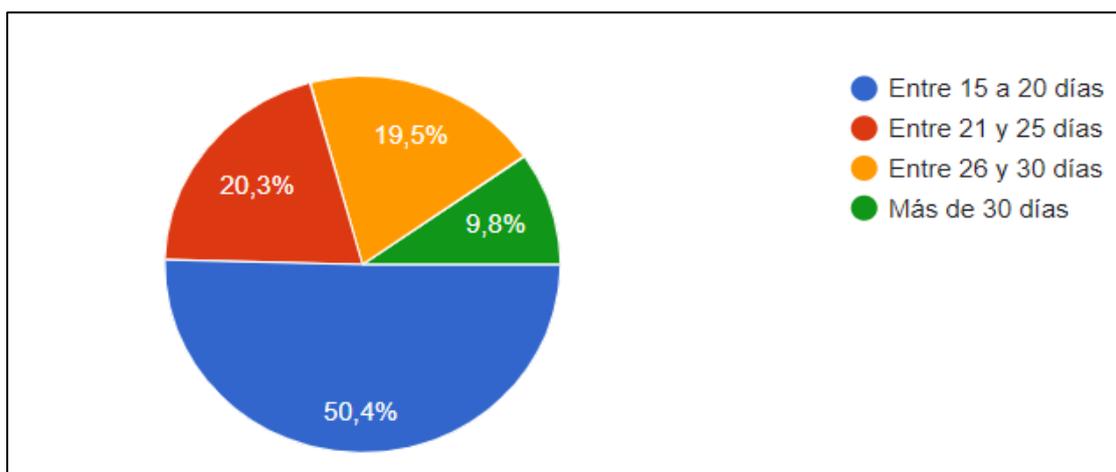
Planteamiento del problema	Marco teórico	Metodología
Formulación del problema	Teoría Básica	Técnicas de procesamiento de datos
<b>Objetivos específicos</b>	<p><b>Transición energética:</b> Es una transición oportuna hacia un sistema energético más inclusivo, sostenible, asequible y seguro que proporciona soluciones a los desafíos mundiales relacionados con la energía, al tiempo que crea valor para las empresas y la sociedad, sin comprometer el equilibrio del triángulo energético. (1)</p> <p><b>Electrificación:</b> Hacer que el sistema (matriz de consumo final) funcione por medio de la electricidad, dado que, la electricidad ofrece servicios energéticos útiles con mayor eficiencia que otros combustibles. Además, incluye el uso directo de electricidad limpia en aplicaciones de transporte y calor. (27)</p> <p><b>Eficiencia energética:</b> Porcentaje de aprovechamiento de la energía total consumida. (26)</p> <p><b>Accesibilidad a la energía:</b> Tener acceso a la energía. (30)</p> <p>Competitividad del combustible: Capacidad que tiene el combustible para competir con sus rivales en costos. (31)</p> <p><b>Asequibilidad a la energía:</b> alcanzable para la población, tanto en costos como accesibilidad.</p> <p><b>Sostenibilidad Ambiental:</b> Equilibrio de la generación, transporte y consumo en cuanto a emisiones de CO<sub>2</sub>. (1)</p> <p><b>Seguridad en la cocción:</b> Contar con un sistema de cocción confiable en el suministro, con cero riesgos de quemaduras, cero riesgos de incendios, cero riesgos de explosiones, cero riesgos de fuga de combustible, con venta del energético a la cantidad exacta y seguridad en el transporte del energético.</p>	Estadística descriptiva
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Identificar al combustible para cocción (GN, GLP y Electricidad) más competitivo.</li> <li>•Determinar el beneficio económico (Ahorro) que el usuario tendrá al usar cocinas de inducción con una tarifa eléctrica diferenciada frente al GLP.</li> <li>•Calcular los costos de la “barrera de ingreso” (Costo de conexión) de cada tecnología de cocción.</li> <li>•Estimar la intención de cambio de un usuario residencial de Cocina a gas (GLP) a cocina de inducción (Electricidad).</li> <li>•Estimar el nivel de electrificación de la matriz energética en el proceso de implementación de cocinas de inducción.</li> <li>•Determinar las condiciones y los equipos eléctricos y/o electrónicos necesarios para la implementación y correcto funcionamiento de una cocina de inducción en una vivienda residencial.</li> <li>•Determinar las condiciones de implementación de las cocinas de inducción en los aspectos técnicos, económicos y legales que el Organismo regulador Osinergmin y la empresa concesionaria de distribución de energía eléctrica tendrán que optar para promover el cambio de la matriz energética.</li> </ul>		<p><b>Procedimientos de la investigación</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1° Se identificó los valores de consumo promedio en energía eléctrica de combustibles para cocción (GN, GLP y Electricidad).</li> <li>2° Se identificó y calculó las eficiencias finales y globales (efectivas) de las tecnologías de cocción al consumir su respectivo combustible.</li> <li>3° Se identificó el acceso de cada combustible para cocción de alimentos: GN y GLP y Electricidad.</li> <li>4° Se Identificó y calculó las emisiones de gCO<sub>2</sub>/kWh de las tecnologías de cocción al consumir su respectivo combustible</li> <li>5° Se identificó el nivel de seguridad de cada tecnología de cocción.</li> <li>6° Se calculó los costos reales del suministro de gas natural residencial.</li> <li>7° Se identificó al combustible para cocción (GN, GLP y Electricidad) más competitivo.</li> <li>8° Se determinó el beneficio económico (Ahorro) que el usuario tendrá al usar cocinas de inducción con una tarifa eléctrica con medición diferenciada frente al GLP.</li> <li>9° Se determinó los costos de la “barrera de ingreso” (Costo de conexión) de cada tecnología de cocción.</li> <li>10° Se estimó la intención de cambio de un usuario residencial de Cocina a gas (GLP) a cocina de inducción (Electricidad).</li> <li>11° Se calculó el nivel de electrificación de la matriz energética en el proceso de implementación de cocinas de inducción.</li> <li>12° Se calculó la incidencia del uso de cocinas de inducción en el nivel de electrificación de la matriz energética peruana.</li> </ol>
<b>Hipótesis</b>		
El uso de cocinas de inducción permite electrificar la matriz energética peruana de manera económica, eficiente, asequible, limpia y segura.		

Anexo 02. Resultados del cuestionario aplicado a la población de Sicaya, Huancayo, Perú, sobre el GLP

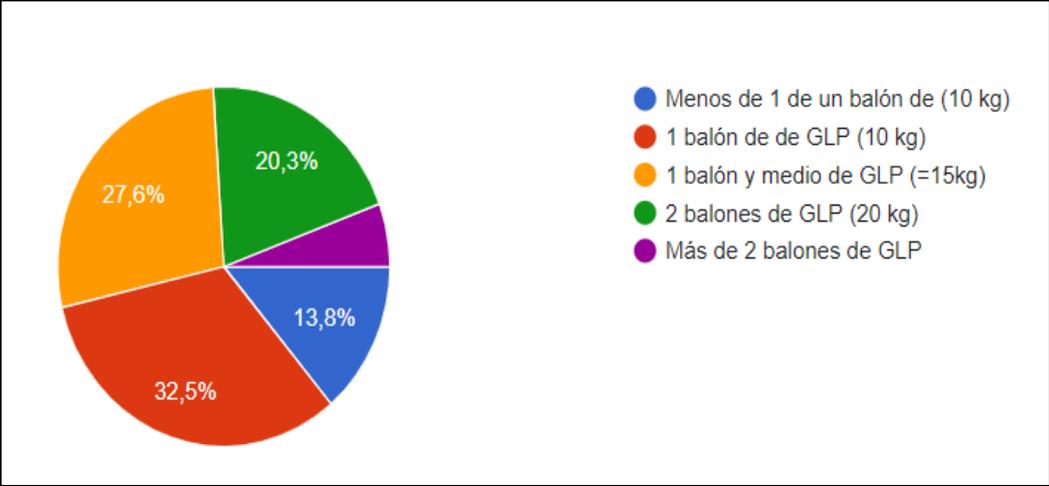
Usted para cocinar sus alimentos, ¿Qué energía usa? 272 respuestas



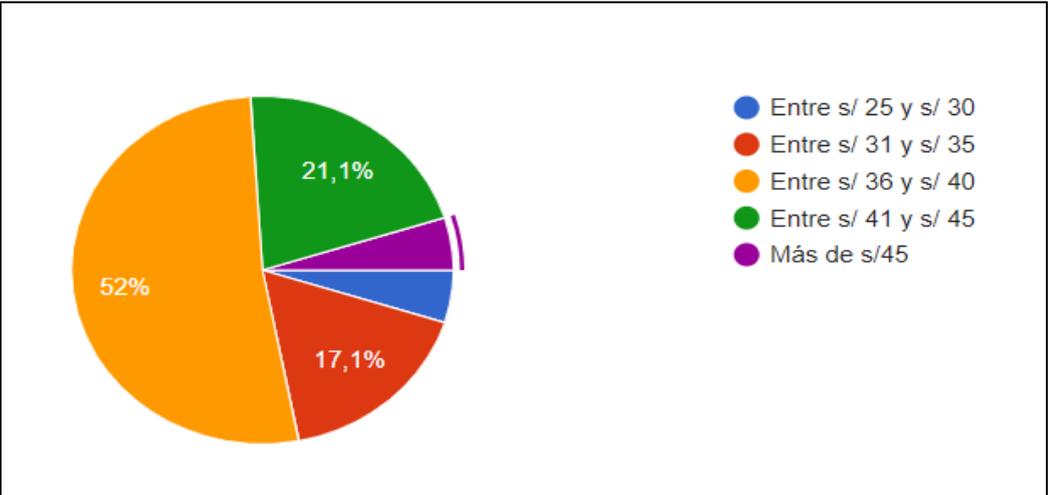
¿Cuánto le dura el Balón de GLP de 10kg?



¿Cuántos balones de GLP de 10kg consume al mes?

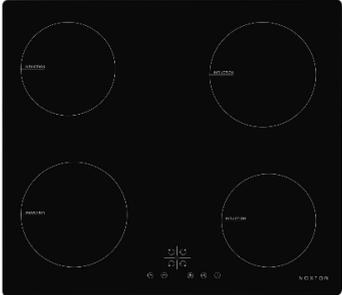


¿Cuánto le cuesta el balón de GLP de 10 kg?



Anexo 03. Catálogo de cocinas de inducción al año 2020

 <p>COCINA DE INDUCCION NATIONALIZER 2400W 1 HORNILLA</p> <p><b>S/ 119.00</b></p>	 <p>COCINA DE INDUCCION CI-3100 DE 2400 W – NATIONALIZER</p> <p><b>S/ 139.00</b></p>
 <p>RECORD COCINA DE INDUCCION RECORD- 2,000 Watts.</p> <p><b>S/ 139.00</b></p>	 <p>COCINA DE INDUCCION NATIONAL PRO 2400 W 01 HORNILLA</p> <p><b>S/ 120.00</b></p>
 <p>COCINA DE INDUCCION VISIONEER 2000 W 01 HORNILLA ORIGINAL</p> <p><b>S/ 189.00</b></p>	 <p>XIAOMI COCINA DE INDUCCION A1 &amp; C1 -2100W</p> <p><b>S/ 159.00</b></p>
 <p>COCINA INDUCCION INTELIGENTE ORIGINAL XIAOMI MIJIA 2100W 9 GRADOS EDICION JUVENIL</p> <p><b>S/ 389.00</b></p>	 <p>COCINA DE INDUCCION AREZI DE 1 HORNILLA – 2100W</p> <p><b>S/ 399.00</b></p>

 <p>COCINA DE INDUCCIÓN 2 HORNILLAS - AREZI -3100 W , 13ª <b>S/ 389.00</b></p>	 <p>COCINA DE INDUCCIÓN DE 2 HORNILLAS 2400 WATTS <b>S/ 385.00</b></p>
 <p>COCINA DE INDUCCIÓN AREZI -2000W - ABT6201 + OLLA DE ACERO 24CM – NEGRO <b>S/ 329.00</b></p>	 <p>COCINA DE INDUCCIÓN DE 2 HORNILLAS AREZI + OLLA DE ACERO N°22 <b>S/ 353.00</b></p>
 <p>NOXTON Cocina de inducción 6400 W - 220 V <b>S/ 1066.00</b></p>	 <p>COCINA DE INDUCCIÓN SOLE - 6400 W - 220 V <b>S/ 1599.00</b></p>
 <p>COCINA DE INDUCCIÓN MABE 4 HORNILLAS - ECUADOR <b>S/ 615.00*</b></p>	 <p>COCINA DE INDUCCIÓN Midea 4 HORNILLAS - ECUADOR <b>S/ 800.00*</b></p>

\* Precios en Ecuador a por mayor

Anexo 03.1 Catálogo de cocinas de inducción al por mayor año 2020



CONSTRUIDO EN 2 QUEMADORES DE LA SUPERFICIE DE CERÁMICA DE VIDRIO 120V 110V DE LA FCC ETL COCINA ELÉCTRICA VITROCERÁMICA DE INDUCCIÓN

2000+ Pieza - **US \$ 69,00**



ESTUFA DE DOBLE ONDA 110V 2 DOS QUEMADORES CABEZALES DE OLLA ESTUFA DE INDUCCIÓN DE ALTA POTENCIA COCINA DE VIDRIO TEMPLADO

1000+ Pieza - **USD 55.00**



SOBRECARGA CONTROL INTELIGENTE PROTECCIÓN ESTUFA DE INDUCCIÓN ODM OEM AJUSTE DE TEMPERATURA INTERRUPTOR TÁCTIL COCINA DE INDUCCIÓN

1000+ Pieza - **US \$ 90,00**



DOBLE DE LA COCINA DE INDUCCIÓN 2 PLACAS DE INDUCCIÓN ESTUFA DE INDUCCIÓN ELÉCTRICA 3500W

1000+ Pieza - **US \$ 40,00**



INDEPENDIENTE DE 24 PULGADAS HORNILLO ELÉCTRICO COCINA CON ETL, CE

100+ Pieza - **US \$ 380,00**



NDEPENDIENTE DE 24 PULGADAS HORNILLO ELÉCTRICO COCINA CON ETL, CE

100+ Pieza - **US \$ 380,00**

Anexo 04. Catálogo de ollas para cocinas de inducción al por mayor año 2020

 <p>Juego de ollas y sartenes antiadherentes COOKER KING, apto para lavavajillas y horno, juego de utensilios de cocina de inducción de 8 piezas con tapa de vidrio, negro S/ 449</p>	 <p>Juego de ollas y sartenes antiadherentes SHINEURI de 8 piezas con tapa de vidrio, juego de utensilios de cocina de cerámica para inducción, eléctrico y vidrio de cerámica, apto para lavavajillas) S/ 215</p>	 <p>Moss &amp; Ston - Juego de utensilios de cocina antiadherentes, ollas y sartenes de aluminio con utensilios de cocina, utensilios de cocina de inducción, ollas y sartenes con tapa de cristal S/ 150</p>
 <p>Ollas de acero inoxidable antiadherente utensilios de cocina de inducción 7+ SET <b>USD 11.00</b></p>	 <p>Ollas calientes / utensilios de cocina determinados de la inducción del cookware 12pcs 1000+ SET <b>USD 29.00</b></p>	 <p>Juego de utensilios de cocina de acero inoxidable 18 piezas para cocinar por inducción ollas calientes / utensilios de cocina 500+ SET <b>USD 30.00</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>NÓBO</b></p>  <p>Sistema italiano del cookware de la inducción 12pcs del pote de la cacerola del aparato de cocina casero 500+ SET <b>USD 25.00</b></p>		

Anexo 05. Consumo y emisiones de CO2 de combustibles para generación térmica del SEIN

Consumo de combustibles fósiles para producción																	
TIPO DE TECNOLOGÍA	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013	Unidad
CICLO COMBINADO	2699128.9	3099423.7	2905668.6	2672563.4	3166938.4	3052643.6	2656785.6	2499737.6	1992182.5	603397.5	564769.8	572340.1	602825.1	511960.0	40183.2	251.1	Dam3
TURBO GAS	469249.1	681695.7	694108.8	1076599.7	1420092.6	996512.8	1266306.8	819608.7	1227986.8	3045260.1	2500123.4	1836477.4	1868410.9	1356222.0	1255178.2	1242156.0	Dam3
TURBO VAPOR	92036.8	96533.7	57856.7	304033.7	366204.4	133784.5	281837.6	411763.6	283213.8	374861.8	590818.1	523589.3	582451.7	399349.0	508292.0	511317.1	Ton
DIESEL	26928.8	34398.6	54845.4	68355.6	67013.8	52493.6	58449.3	63187.7	54283.2	63356.7	82211.2	65518.6	78560.7	37338.1	75005.0	93607.0	ton

Total de emisiones (tCO2)																
TIPO DE TECNOLOGÍA	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005
CICLO COMBINADO	5,225,513.6	6,000,484.3	5,625,374.3	5,174,082.8	6,131,192.7	5,909,918.0	5,143,537.0	4,839,491.9	3,856,865.3	1,168,177.5	1,093,394.3	1,108,050.4	1,167,069.4	991,154.5	77,794.7	486.0
TURBO GAS	908,466.3	1,319,763.0	1,343,794.6	2,084,297.1	2,749,299.3	1,929,248.8	2,451,570.0	1,586,762.4	2,377,382.5	5,895,623.5	4,840,238.8	3,555,420.2	3,617,243.5	2,625,645.8	2,430,024.9	2,404,814.1
TURBO VAPOR	224,661.8	235,638.8	141,228.3	742,146.3	893,904.8	326,567.9	687,965.6	1,005,115.1	691,324.9	915,037.7	1,442,187.1	1,278,081.5	1,421,764.6	974,810.9	1,240,740.7	1,248,125.0
DIESEL	84,206.3	107,564.3	171,501.6	213,747.9	209,552.1	164,147.4	182,770.9	197,588.0	169,743.6	198,116.4	257,074.3	204,876.5	245,659.4	116,756.3	234,540.5	292,709.0
TOTAL EMISIONES tCO2 - año	6,442,848.0	7,663,450.3	7,281,898.7	8,214,274.1	9,983,948.9	8,329,882.1	8,465,843.4	7,628,957.3	7,095,316.2	8,176,955.0	7,632,894.5	6,146,428.7	6,451,736.9	4,708,367.4	3,983,100.9	3,946,134.1