

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
FACULTAD DE INGENIERÍA



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**
**ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA
COCCIÓN DE ALVERJA (PISUM SATIVUM) CON GLP
UTILIZANDO OLLAS A PRESIÓN Y OLLAS
CONVENCIONALES**
**TESIS PARA OPTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autores: Bachiller. Gerald Junior Flores Rojas
Egres. Ginomino Giuseppe Leyva Fernández

Asesor: Dr. Freddi Roland Rodriguez Ordoñez
Ing. Cristhian Paúl Febre Martinez

Línea de investigación: Eficiencia Energética

JAÉN – PERÚ

2026


Gerald Junior Flores Rojas Ginomino Giuseppe Ley...

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA COCCIÓN DE ALVERJA (PISUM SATIVUM) CON GLP UTILIZANDO OLLA...

- Quick Submit
- Quick Submit
- Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega trn:oid:::1:3398476143	68 páginas
Fecha de entrega 4 nov 2025, 12:58 p.m. GMT-5	13.878 palabras
Fecha de descarga 4 nov 2025, 1:01 p.m. GMT-5	77.223 caracteres
Nombre del archivo GINOMINO_LEYVA_INFORME_-_GINOMINO_GIUSSEPHE_LEYVA_FERN_NDEZ.pdf	
Tamaño del archivo 2.0 MB	

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería




1% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe


- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 1%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)


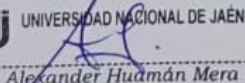
Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
256 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 12 de noviembre del año 2025, siendo las 17:00 horas, se reunieron de manera presencial los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg. Mario Félix Olivera Aldana

Secretario : Mg. Juan Antonio Labrin Romero

Vocal : Mg. José Andrés Fernández Mera

para evaluar la Sustentación del Informe Final:

() Trabajo de Investigación

(X) Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

"ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA COCCIÓN DE ALVERJA (PISUM SATIVUM) CON GLP UTILIZANDO OLLAS A PRESIÓN Y OLLAS CONVENCIONALES", presentado por los Bachilleres Gerald Junior Flores Rojas y Ginomino Giussephe Leyva Fernández, de la Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén.


Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

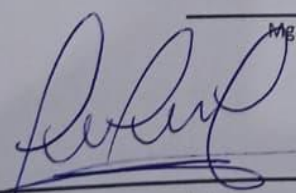
(X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría


Con la siguiente mención:

a) Excelente	18, 19, 20	()
b) Muy bueno	16, 17	(16)
c) Bueno	14, 15	()
d) Regular	13	()
e) Desaprobado	12 ó menos	()

Siendo las 18:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.


Mg. Mario Félix Olivera Aldana
Presidente Jurado Evaluador


Mg. Juan Antonio Labrin Romero
Secretario Jurado Evaluador


Mg. José Andrés Fernández Mera
Vocal Jurado Evaluador

30 mar 2026, 9:00 p. m

“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

ANEXO N°06:

**DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO
DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)**

Yo, **Gerald Junior Flores Rojas** y **Ginomino Giuseppe Leyva Fernández**, egresados de la carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jaén, identificados con DNI **75161699** y **70076683** respectivamente.

Declaramos bajo juramento que:

1. Somos Autores del trabajo titulado:

“ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA COCCIÓN DE ALVERJA (PISUM SATIVUM) CON GLP UTILIZANDO OLLAS A PRESIÓN Y OLLAS CONVENCIONALES”.

Asesorados por **Freddi Roland Rodríguez Ordoñez** y **Cristhian Paúl Febre Martínez**.

El mismo que presentamos bajo la modalidad de informe de tesis para optar; el Título Profesional de MECÁNICO ELECTRICISTA.

2. El texto de nuestro trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de nuestro trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presentamos no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a nuestra autoría son veraces.
5. Declaramos que nuestro trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Somos conscientes de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumimos frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado.

Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: Jaén, 30, marzo del 2026.



GERALD JUNIOR FLORES ROJAS

**GINOMINO GIUSEPHE LEYVA
FERNÁNDEZ**

ÍNDICE

RESUMEN	10
ABSTRACT.....	11
I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 Antecedentes de la investigación	13
1.1.1. A nivel internacional.....	13
1.1.2. A nivel nacional.....	15
1.2 Planteamiento del Problema.....	16
Formulación del problema	18
1.3 Justificación.....	18
1.3.1 Justificación Social:	18
1.3.2 Justificación Económica:	18
1.3.3 Justificación Ambiental:	19
1.3.4 Justificación Tecnológica:.....	19
1.4 Hipótesis.	19
1.5 Objetivos	20
1.5.1 Objetivo general	20
1.5.2 Objetivos específicos.....	20
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
2.1. Objeto de estudio:	21
Ubicación geográfica del área de estudio.....	21
Métodos.....	22
Diseño del Estudio:.....	22
Población:	22

Muestra:	23
Muestreo:	23
Variables, operacionalización y definición conceptual y operacional.....	20
Procedimiento:	21
III. RESULTADOS.....	40
DISCUSIÓN	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	58
AGRADECIMIENTO	59
DEDICATORÍA	59
ANEXOS	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	20
Tabla 2 Relación entre la masa de alverja seca y el volumen de agua asignado	27
Tabla 3 Determinación del consumo específico de GLP en los ensayos de cocción de alverja.....	33
Tabla 4 Determinación del consumo específico y estimación del costo energético por método de cocción	35
Tabla 5 Componentes principales del sistema de medición del consumo de GLP	41
Tabla 6 Resultados experimentales de consumo de GLP y tiempo de cocción	45
Tabla 7 Estadísticos de textura instrumental de alverja cocida.....	47
Tabla 8 Consumo específico de GLP por ensayo y método de cocción	48
Tabla 9 Costo energético específico por ensayo y método.....	49
Tabla 10 Costo energético específico y ahorro con olla a presión.....	50
Tabla 11 PRS según frecuencia de uso (lote 250 g).....	51
Tabla 12 Sensibilidad del PRS al precio del GLP y a la frecuencia de uso (lote 250 g)	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica de la ciudad de Jaén, área de estudio de la investigación.....	21
Figura 2 Presentación de la selección de la alverja (<i>Pisum sativum</i>) seca utilizada como insumo en los ensayos	22
Figura 3 Procedimientos de calibración de la balanza.	23
Figura 4 Esquema del principio gravimétrico para medir el consumo de GLP	24
Figura 5 Montaje experimental para la medición del consumo de GLP	25
Figura 6 Porciones de alverja seleccionadas para los ensayos experimentales	26
Figura 7 Preparación de muestras de alverja para los ensayos experimentales	28
Figura 8 Pruebas piloto de validación del sistema de medición del consumo de GLP	29
Figura 9 Protocolo de cocción en los ensayos experimentales	30
Figura 10 Evaluación del punto de cocción de la alverja en los ensayos experimentales	31
Figura 11 Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de datos y análisis estadístico	32
Figura 12 Montaje experimental del sistema, mostrando el balón de gas, el regulador, las ollas de cocción y el cronómetro digital.	42
Figura 13 Comparación del consumo de GLP en la cocción de alverja utilizando olla convencional y olla a presión.....	44
Figura 14 Comparación del tiempo de cocción en ambos métodos de cocción para distintas cantidades de alverja.	45

Figura 15 Curva fuerza–tiempo/penetración (texturómetro)	46
Figura 16 Costo energético específico por método y tamaño de lote	50
Figura 17 PRS en función de la frecuencia de uso (lote de 250 g).....	51
Figura 18 Sensibilidad del PRS al precio del GLP para distintas frecuencias	53

RESUMEN

Este estudio aborda el alto consumo doméstico de GLP durante la cocción de leguminosas; su objetivo fue cuantificar el consumo y el tiempo de cocción de alverja (*Pisum sativum*) en olla a presión (OP) versus olla convencional (OC) y evaluar la rentabilidad de OP. Se trabajó con muestras de 50–250 g ($n = 10$ ensayos, uno OP y uno OC por tamaño). Se diseñó un sistema gravimétrico (balanza–balón de GLP) para medir la masa de gas por lote, se registró el tiempo, y se calcularon el consumo específico (kg GLP/kg alverja) y el costo energético específico (CEE) usando S/ 4.90/kg; la rentabilidad se estimó vía payback con $\Delta I = S/ 260$. Resultados: OP redujo el consumo específico ~74% (promedios: 0.091 vs 0.366 kg/kg), el CEE ~75% (0.446 vs 1.794 S/·kg) y el tiempo ~75% (10–18 min vs 54–65 min). Estos hallazgos, consistentes entre tamaños de lote, evidencian mayor eficiencia energética y menor costo por kg con OP. Con 250 g y 4 usos/sem, el payback es ≈ 44 meses, y con 6–7 usos/sem baja a ≈ 30 –25 meses. Conclusión: la olla a presión es técnica y económicamente preferible, ofreciendo ahorros sustanciales y tiempos de recuperación razonables en contextos domésticos y comerciales.

Palabras Clave: GLP; olla a presión; alverja (*Pisum sativum*); consumo específico de GLP; periodo de recuperación simple (PRS).

ABSTRACT

This study addresses the high household consumption of LPG during the cooking of legumes; its objective was to quantify LPG use and cooking time for pea (*Pisum sativum*) using a pressure cooker (OP) versus a conventional pot (OC) and to assess the economic profitability of OP. Samples of 50–250 g were tested ($n = 10$ trials, one OP and one OC per size). A gravimetric system (platform scale–LPG cylinder) measured the mass of gas per batch, cooking time was recorded, and both specific consumption (kg LPG/kg cooked pea) and the specific energy cost (SEC) were computed using S/ 4.90/kg; profitability was estimated via simple payback with $\Delta I = S/ 260$. Results: OP reduced specific consumption by ~74% (means: 0.091 vs 0.366 kg/kg), SEC by ~75% (0.446 vs 1.794 S/·kg), and time by ~75% (10–18 min vs 54–65 min). These findings, consistent across batch sizes, demonstrate greater energy efficiency and lower cost per kg with OP. For 250 g and 4 uses/week, payback is ≈ 44 months, falling to ≈ 30 –25 months with 6–7 uses/week. Conclusion: the pressure cooker is technically and economically preferable, offering substantial savings and reasonable recovery times in household and commercial contexts.

Keywords: LPG; pressure cooker; pea (*Pisum sativum*); specific LPG consumption; simple payback period (SPP).

I. INTRODUCCIÓN

La eficiencia energética es un pilar del desarrollo sostenible, al promover el uso racional de los recursos, reducir costos y mitigar impactos ambientales (AIE, 2021). En este marco, la cocción de alimentos constituye una actividad de alta demanda energética en hogares y servicios gastronómicos, donde el gas licuado de petróleo (GLP) continúa siendo el combustible predominante en ciudades intermedias como Jaén (Pezzolla, 2020).

Entre los utensilios de cocción, las ollas convencionales y las ollas a presión exhiben desempeños térmicos distintos. Mientras las primeras suelen requerir tiempos prolongados y mayores pérdidas por evaporación, las segundas elevan la temperatura efectiva del proceso y reducen el tiempo de cocción, con potencial ahorro de combustible (Chen & Zhang, 2019). Sin embargo, la evidencia comparativa sistemática para leguminosas específicas —como la alverja (*Pisum sativum*)— utilizando GLP es aún limitada, lo que restringe decisiones informadas en contextos domésticos y productivos (Nguyen et al., 2019).

La literatura internacional subraya la importancia de medir y comparar la eficiencia en cocción: se reportan cocinas solares presurizadas viables con eficiencias cercanas al 34 % (Moussaoui et al., 2022) y una ventaja de tecnologías eficientes —inducción, ollas modernas y buenas prácticas (uso de tapas, control térmico)— frente a equipos a gas tradicionales (Sensini et al., 2018). A nivel local, se han documentado mejores desempeños de la inducción respecto del GLP, resaltando la necesidad de evaluar alternativas más rentables y sostenibles según contexto (Guevara & Carrasco, 2024).

Persiste, no obstante, un vacío específico: faltan estudios que cuantifiquen, con protocolo controlado, la diferencia de tiempo de cocción, consumo de GLP y desempeño económico entre olla a presión y olla convencional para *Pisum sativum*. Esta brecha puede traducirse en mayores costos para las familias, ineficiencias operativas en servicios gastronómicos y huella de

carbono innecesaria asociada al uso ineficiente del combustible (World Energy Outlook, 2023).

Ante ello, esta investigación analiza comparativamente la cocción de alverja con GLP en olla a presión y olla convencional, bajo condiciones estandarizadas, evaluando tiempo de cocción, consumo de combustible — medido gravimétricamente— y rentabilidad. El propósito es identificar el método más eficiente y aportar evidencia técnica que favorezca el bienestar social (mejor uso de recursos), el ahorro económico (menores costos por porción), la sostenibilidad ambiental (reducción de emisiones) y el avance tecnológico (promoción de utensilios eficientes) (Lund-Durlacher et al., 2019; Kalai et al., 2020).

En lo que sigue, se presentan los antecedentes que sustentan el enfoque metodológico y justifican la pertinencia del estudio en el contexto de Jaén y similares.

1.1 Antecedentes de la investigación

1.1.1. A nivel internacional.

En Saltillo, México, Martínez Ligas (2023) realizó una investigación titulada "Desarrollo de un dispositivo de almacenamiento térmico para cocción de alimentos", con el objetivo de desarrollar un acumulador térmico para ser usado con una cocina solar. El método utilizado fue experimental, trabajando con materiales de cambio de fase (PCM) y evaluando diseños de superficies extendidas. Se utilizaron técnicas de análisis multicriterio, simulación térmica y pruebas de cocción. Los resultados obtenidos incluyeron que el PCM sin grafito fue la mejor opción, y que 17 superficies extendidas maximizaban la potencia térmica. Las conclusiones indicaron que el acumulador térmico fue capaz de cocinar alimentos, pero su eficiencia se redujo considerablemente en comparación con la cocina solar, lo que sugiere la importancia de mejorar el aislamiento y la practicidad del dispositivo.

En Marruecos, Moussaoui et al. (2022) realizaron una investigación titulada "Innovative Solar Pressure Cooker with Parabolic Trough Concentrator using Water Vapor", con el objetivo de diseñar y operar una cocina solar de concentración cilindro-parabólica que funciona con vapor de agua. El método utilizado fue experimental, trabajando con un prototipo de cocina solar. Se utilizaron técnicas de medición de temperatura, potencia calorífica y eficiencia térmica. Los resultados obtenidos incluyeron que la cocina solar alcanzó temperaturas de cocción de 104°C, una potencia calorífica de 351,62 W y una eficiencia térmica del 34,18%. Las conclusiones indicaron la viabilidad de la cocina solar de vapor propuesta, con tiempos y temperaturas de cocción comparables a los métodos convencionales, lo que sugiere la importancia de explorar alternativas solares para la cocción de alimentos.

En un Congreso Ibérico y Congreso Iberoamericano de Energía Solar, Vílchez (2022) presentó una investigación titulada "Diseño de una cocina electrosolar. Balance energético de cocción con olla de presión eléctrica en mini redes fotovoltaicas autónomas", con el objetivo de experimentar con una olla a presión eléctrica de alta eficiencia para ser utilizada con mini redes fotovoltaicas autónomas. El método utilizado fue experimental, trabajando con una olla a presión eléctrica y un sistema fotovoltaico autónomo. Se utilizaron técnicas de medición del consumo energético y precalentamiento de alimentos en horno solar. Los resultados obtenidos incluyeron que el precalentamiento de los alimentos aportó un ahorro de energía estimado del 10% por cada 10°C de incremento. Las conclusiones indicaron que la olla a presión eléctrica demostró ser altamente eficiente y adecuada para su uso con sistemas fotovoltaicos autónomos de baja potencia, lo que sugiere la importancia de promover esta tecnología como alternativa económica a los combustibles tradicionales.

En Barcelona, España, Ochoa Franqués (2021) realizó una investigación titulada "Prototipo de aparato de cocina al vacío con Arduino", con el objetivo de crear una máquina que comprenda la técnica de cocción al

vacío controlada con Arduino. El método utilizado fue el desarrollo de un prototipo, trabajando con componentes electrónicos y la placa de control Arduino. Se utilizaron técnicas de programación y conexión de sensores, relés y dispositivos de calentamiento. Los resultados obtenidos incluyeron la implementación de un prototipo funcional de cocina al vacío. Las conclusiones indicaron que el prototipo cumplió con las funcionalidades requeridas, lo que sugiere la importancia de la tecnología para crear aparatos de cocina personalizados y adaptados a las necesidades de los usuarios.

En Argentina, Sensini et al. (2018) realizaron una investigación titulada "Eficiencia energética en la cocción. ¿Cuáles son los artefactos de cocción más eficientes en Argentina?", con el objetivo de comparar las eficiencias energéticas de los artefactos de cocción más utilizados en el país. El método utilizado fue experimental, trabajando con una variedad de artefactos de cocción como anafes a gas, eléctricos, de inducción y microondas. Se utilizó la técnica de medición del consumo energético y la eficiencia térmica, y los instrumentos fueron analizadores de gases y equipos de medición de energía. Los resultados obtenidos incluyeron que los anafes a inducción y las pavas eléctricas modernas son los más eficientes, seguidos por los anafes a gas natural. Las conclusiones indicaron que, en el mediano plazo, con la incorporación de energías renovables en la matriz energética, los equipos de inducción serían más eficientes, y que mejorar los hábitos de cocción, como usar tapas y ollas térmicas, podría ahorrar más del 50% de energía, lo que sugiere la importancia de promover políticas públicas para fomentar el uso de artefactos y prácticas de cocción más eficientes.

1.1.2. A nivel nacional.

En Perú, Guevara Monteza y Carrasco (2024) llevaron a cabo una investigación titulada "Análisis de Eficiencia Energética entre Cocina de Inducción y GLP en Jaén – Perú" con el propósito de comparar la eficiencia energética entre cocinas de inducción y cocinas a gas licuado

de petróleo (GLP). Para ello, emplearon ensayos experimentales que midieron el consumo de energía y el tiempo requerido para hervir diferentes cantidades de agua. Se utilizó la técnica de medición con medidores digitales certificados por INACAL y dispositivos Arduino como instrumento. Los resultados destacaron que la cocina de inducción presentó un consumo total de 7.1475 kWh, mientras que la cocina a GLP consumió 1.025 kg, evidenciando una mayor eficiencia en términos energéticos y económicos para la cocina de inducción. Las conclusiones señalaron que, aunque en consumos menores a 30 kWh la cocina de inducción es más económica (ahorro de S/. 0.88), en consumos mayores es más costosa (diferencia de S/. 0.59). Este estudio aporta evidencia relevante para la elección informada entre cocinas de inducción y GLP, subrayando la importancia de considerar la eficiencia energética al seleccionar métodos de cocción.

1.2 Planteamiento del Problema

La presente investigación aborda el análisis de la eficiencia energética en la cocción de alverja (*Pisum sativum*) utilizando GLP, comparando el desempeño de ollas a presión y ollas convencionales. Este estudio tuvo como objetivo evaluar aspectos clave como el tiempo de cocción y el consumo energético, variables esenciales para comprender el impacto de los métodos de cocción en la optimización de recursos tanto en hogares como en entornos comerciales. En el contexto actual, donde la sostenibilidad energética es una prioridad global, la búsqueda de métodos eficientes para la preparación de alimentos se ha convertido en un tema de interés creciente (Agencia Internacional de Energía [AIE], 2021). La cocción de alimentos, actividad cotidiana esencial, representa una proporción significativa del consumo energético doméstico y comercial (Lund-Durlacher et al., 2019). Las ollas convencionales, utilizadas tradicionalmente, compiten con las ollas a presión, que han demostrado ser más rápidas y eficientes en el uso de energía (Kalai et al., 2020). Sin embargo, aún existe una notable falta de estudios comparativos que

analicen específicamente la cocción de legumbres, como la alverja, desde una perspectiva integral y sistemática.

La disponibilidad limitada de información comparativa y exhaustiva sobre el uso de GLP en diferentes métodos de cocción obedece a varios factores. Por un lado, la investigación científica en este campo ha sido escasa debido a la percepción de que la cocción de alimentos es una actividad puramente doméstica (Peleg, 2020). Por otro lado, los estudios existentes tienden a enfocarse en casos aislados sin considerar una evaluación integral de variables como el tiempo de cocción, el costo energético y la calidad del alimento preparado (Nguyen et al., 2019). Esta carencia de datos impide a los consumidores y profesionales tomar decisiones informadas y limita el desarrollo de políticas públicas que promuevan prácticas más sostenibles en la cocina.

El desconocimiento de las diferencias de eficiencia energética entre ollas a presión y ollas convencionales al cocinar alverja puede resultar en un uso ineficiente del GLP, generando costos elevados para las familias y aumentando la huella de carbono, especialmente en sectores comerciales como restaurantes y servicios de catering. (Chen y Zhang, 2019). Esto no solo afecta la economía de los hogares y negocios, sino que también tiene implicaciones negativas para el medio ambiente en un contexto de creciente demanda energética y recursos limitados (World Energy Outlook, 2023). Por ello, resultó imperativo realizar un análisis comparativo detallado y riguroso que evalúe las diferencias en la eficiencia energética de ambos métodos de cocción al preparar alverja con GLP. Los resultados obtenidos fueron fundamentales para sensibilizar a los consumidores sobre las ventajas de un uso eficiente de la energía en la cocina, así como para orientar a las autoridades competentes en el diseño de políticas públicas que promuevan métodos de cocción más sostenibles. Además, los hallazgos podrían incentivar prácticas más eficientes y responsables en sectores clave como el

comercial, reduciendo costos y contribuyendo a la sostenibilidad ambiental.

Formulación del problema

¿Cómo se debe diseñar y ejecutar un análisis comparativo que cuantifique la eficiencia energética y el costo de consumo de gas licuado de petróleo GLP durante la cocción de alverja (*Pisum sativum*) utilizando una olla a presión y una olla convencional?

1.3 Justificación.

1.3.1 Justificación Social:

La cocción de alimentos es una actividad esencial en todos los hogares y un elemento clave en la cultura culinaria de Jaén. Sin embargo, muchas familias desconocen qué métodos de cocción resultan más eficientes y pueden ahorrar tiempo y dinero. Esta investigación contribuirá a mejorar la calidad de vida de los hogares locales al proporcionar información que permita optimizar la preparación de alimentos, ahorrando tiempo en la rutina diaria. Asimismo, el estudio beneficiará a sectores como restaurantes, comedores populares y servicios de catering, donde la eficiencia energética puede mejorar la productividad y reducir los tiempos de espera en el servicio.

1.3.2 Justificación Económica:

En un contexto de creciente inflación energética, los costos asociados al consumo de electricidad o gas afectan significativamente los presupuestos familiares y empresariales. Al comparar las ollas convencionales con las ollas a presión en términos de eficiencia y costos energéticos, esta investigación busca identificar oportunidades de ahorro económico. Los resultados proporcionarán recomendaciones claras que permitirán a los usuarios elegir el método más rentable, contribuyendo a reducir gastos operativos en el sector gastronómico y fomentando el uso de tecnologías más económicas en los hogares.

1.3.3 Justificación Ambiental:

El consumo energético tiene un impacto directo en el medio ambiente debido a la huella de carbono generada por la producción y el uso de energía. En Jaén, donde las fuentes de energía incluyen electricidad y gas licuado de petróleo (GLP), optimizar los procesos de cocción puede contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Promover el uso de ollas a presión, que requieren menos energía y tiempo de cocción, permitirá disminuir el impacto ambiental de las actividades domésticas y comerciales, alineándose con los objetivos de sostenibilidad globales y locales.

1.3.4 Justificación Tecnológica:

El uso de diferentes tecnologías de cocción, como las ollas convencionales y las ollas a presión, ofrece oportunidades para mejorar la eficiencia energética mediante el diseño y selección de herramientas adecuadas. Esta investigación aportará datos que facilitarán la adopción de tecnologías más eficientes en Jaén, ayudando a los consumidores y negocios a optar por métodos de cocción modernos. Además, los resultados de este estudio podrán incentivar la implementación de nuevas tecnologías o dispositivos inteligentes para monitorear y optimizar el consumo energético, lo que abriría oportunidades para el desarrollo de innovaciones tecnológicas en el ámbito de la cocina.

1.4 Hipótesis.

Mediante el uso de la olla a presión durante la cocción de alverja (*Pisum sativum*) con GLP presenta una mayor eficiencia energética y un menor costo de consumo en comparación con la olla convencional.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Analizar la Eficiencia Energética en la Cocción de Alverja (*Pisum sativum*) con GLP utilizando Ollas a Presión y Ollas Convencionales

1.5.2 Objetivos específicos

- ✓ Diseñar e implementar un sistema de medición para cuantificar el consumo de GLP durante la cocción de alverja (*Pisum sativum*) en ollas a presión y ollas convencionales.
- ✓ Realizar mediciones controladas del consumo de GLP y tiempo de cocción para distintas cantidades de alverja, evaluando los resultados en ambos métodos de cocción.
- ✓ Evaluar la rentabilidad económica del uso de ollas a presión en comparación con ollas convencionales.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Objeto de estudio:

El objeto de estudio de la presente investigación fue el análisis comparativo de la eficiencia energética en la cocción de alverja (*Pisum sativum*) utilizando GLP, considerando dos tipos de utensilios: la olla convencional y la olla a presión. Para ello, se realizaron pruebas experimentales controladas que permitieron registrar el consumo de combustible, el tiempo de cocción y la calidad final del alimento. El objetivo fue establecer cuál de estos métodos resulta más eficiente y rentable, generando evidencia aplicable tanto en el ámbito doméstico como en el sector gastronómico de la región.

Ubicación geográfica del área de estudio.

El estudio experimental se llevó a cabo en el Laboratorio de Física de la Universidad Nacional de Jaén (UNJ), ubicado en la ciudad de Jaén, provincia de Jaén, región Cajamarca, Perú. Esta localidad se encuentra a una altitud aproximada de 729 m s. n. m., con coordenadas geográficas 5°42'06" de latitud sur y 78°48'16" de longitud oeste. El clima de la zona es cálido tropical, con temperaturas promedio anuales entre 22 °C y 26 °C, condiciones que influyen en los procesos de cocción y en el consumo energético de los alimentos.

Figura 1

Ubicación geográfica de la ciudad de Jaén, área de estudio de la investigación.



Métodos

El presente estudio utilizó un enfoque cuantitativo con método deductivo y diseño experimental de tipo comparativo, orientado a medir y analizar objetivamente el consumo de GLP y el tiempo de cocción en ollas a presión y ollas convencionales durante la preparación de alverjas (*Pisum sativum*). A partir de principios teóricos sobre eficiencia energética, se contrastaron los datos empíricos obtenidos mediante pruebas controladas bajo condiciones estandarizadas y reproducibles. Este enfoque permitió garantizar la validez y confiabilidad de los resultados, generando conclusiones fundamentadas que respondieron a la hipótesis planteada y contribuyeron al análisis riguroso de las variables involucradas.

Diseño del Estudio:

El diseño de la investigación fue experimental, ya que se manipularon variables independientes (tipo de olla y cantidad de alverja) para observar su efecto sobre la variable dependiente (eficiencia energética). Se llevaron a cabo experimentos controlados en un entorno estandarizado, midiéndose con precisión el consumo de GLP y el tiempo de cocción en ambos métodos. El análisis incluyó comparaciones directas y evaluaciones estadísticas para determinar diferencias significativas entre las variables estudiadas.

Población:

La población de interés para este estudio estuvo conformada por todos los sistemas de cocción utilizados en la preparación de alimentos, incluyendo específicamente las ollas a presión y las ollas convencionales. Esta población se caracterizó por su uso frecuente en el hogar y en establecimientos de servicio de alimentos, a los que se unieron distintos métodos de cocción que variaron en términos de tecnología, eficiencia energética y costos operativos. Además, se consideraron características específicas como el tipo de combustible utilizado (GLP), la capacidad de las ollas (litros) y la variabilidad en su diseño (manual), lo que permitió realizar una comparación más exhaustiva de la eficiencia energética y de

los costos asociados. En términos metodológicos, la población se entiende como el conjunto total de elementos que cumplen con ciertas características definidas y que son objeto de estudio en una investigación (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

Muestra:

La muestra del estudio estuvo conformada por dos tipos de utensilios de cocción representativos: una olla convencional de acero inoxidable con capacidad de 5 litros y una olla a presión manual también de 5 litros. Ambos utensilios fueron seleccionados debido a su uso frecuente en los hogares y establecimientos gastronómicos de la ciudad de Jaén. Esta selección permitió realizar un análisis comparativo del consumo de GLP y del tiempo de cocción en condiciones experimentales controladas. En términos metodológicos, la muestra se entiende como un subconjunto de la población que se selecciona para participar en un estudio con el fin de hacer inferencias sobre el total de la población (Creswell & Creswell, 2018).

Muestreo:

El procedimiento de selección de la muestra se realizó mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, considerando criterios de disponibilidad en el mercado local y representatividad de los utensilios empleados en la preparación de alimentos. Esta estrategia permitió garantizar la pertinencia de los elementos seleccionados, al tratarse de los métodos de cocción más utilizados en el ámbito doméstico y comercial en Jaén. El muestreo, en términos metodológicos, se define como el proceso de elegir una parte de la población para su análisis, que permite hacer inferencias sobre el todo. Este puede ser probabilístico o no probabilístico, dependiendo del método de selección empleado (Sampieri, Collado & Lucio, 2019).

Variables, operacionalización y definición conceptual y operacional

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Indicadores	Instrumentos
Uso de GLP en la cocción mediante ollas a presión y ollas convencionales	El GLP (gas licuado de petróleo) es una mezcla de hidrocarburos que se utiliza como fuente de energía para la cocción de alimentos, especialmente en entornos domésticos y comerciales (Pezzolla, 2020).	Medición de la cantidad de GLP consumido durante la cocción de alverjas (<i>Pisum sativum</i>) en ollas a presión y ollas convencionales bajo condiciones controladas.	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de utensilio de cocción • Condiciones de cocción 	<ul style="list-style-type: none"> • Olla a presión u olla convencional • Tiempo de cocción (minutos) • Cantidad de GLP consumido (kg)
Eficiencia energética en la cocción	La eficiencia energética en la cocción se refiere a la cantidad de energía utilizada para cocinar un alimento en relación con el tiempo necesario para completar el proceso, buscando la menor cantidad de energía para obtener el resultado deseado (Chen & Zhang, 2019).	Cálculo del consumo energético (GLP) por unidad de alimento cocido (kg) y análisis del tiempo empleado para completar el proceso de cocción en ollas a presión y convencionales.	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo energético • Tiempo de cocción • Rentabilidad económica 	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de GLP consumida por kg de alimento cocido • Tiempo necesario para completar la cocción (minutos) • Costo energético por kg de alimento cocido (en soles)

Fuente: Elaboración Propia.

Procedimiento:

Diseño e implementación de un sistema de medición para cuantificar el consumo de GLP durante la cocción de alverja (*Pisum sativum*) en ollas a presión y ollas convencionales.

➤ **Revisión bibliográfica y criterio técnico.**

Durante la fase inicial se realizó una revisión bibliográfica bajo el modelo narrativo sistematizado, orientada a identificar y analizar estudios técnicos y experimentales relacionados con la eficiencia energética en procesos de cocción doméstica, el uso del gas licuado de petróleo (GLP) como combustible y el desempeño térmico de diferentes utensilios de cocción. Este modelo permitió integrar y sintetizar información proveniente de diversas fuentes científicas, priorizando la comprensión contextual del fenómeno más que la comparación cuantitativa de resultados. La búsqueda de información se efectuó en bases de datos académicas reconocidas como Scopus, ScienceDirect, y Google Scholar, abarcando publicaciones comprendidas entre los años 2018 y 2024. Los criterios de inclusión consideraron investigaciones con diseño experimental, estudios comparativos entre métodos de cocción, análisis de consumo energético y trabajos aplicados a contextos domésticos o gastronómicos. El proceso de revisión implicó tres etapas: (i) búsqueda y selección inicial de literatura relevante, (ii) análisis crítico y extracción de información técnica esencial, y (iii) sistematización de resultados en función de las variables de estudio. A partir de esta revisión se establecieron los criterios técnicos para el desarrollo del presente trabajo, definiéndose la estandarización de variables experimentales como el volumen de agua, la masa de alverja utilizada y el tiempo de exposición al calor.

➤ **Selección del insumo.**

Para la ejecución de las pruebas experimentales se seleccionó un único lote de alverja (*Pisum sativum*), con el propósito de garantizar la homogeneidad en las características físicas y químicas del insumo utilizado. Esta decisión permitió reducir la variabilidad atribuida al origen, estado de conservación y

condiciones de almacenamiento, asegurando resultados comparables entre los diferentes ensayos de cocción. La estandarización del insumo constituyó un criterio metodológico fundamental para asegurar la validez de los datos obtenidos y la confiabilidad en el análisis de la eficiencia energética en ambos métodos de cocción.

Figura 2

*Presentación de la selección de la alverja (*Pisum sativum*) seca utilizada como insumo en los ensayos*



Nota: La alverja utilizada en los ensayos provino de un mismo lote, lo que permitió garantizar uniformidad en el insumo y reducir la variabilidad en las pruebas experimentales.

➤ **Calibración y seguridad.**

Previo al inicio de las pruebas experimentales, se realizaron procedimientos de calibración y verificación de los equipos de medición con el fin de asegurar la precisión y confiabilidad de los datos obtenidos. La balanza utilizada para registrar la masa del balón de GLP y de las alverjas fue contrastada con masas patrón, garantizando su exactitud en la determinación del consumo de combustible y masa exacta. Asimismo, se comprobó el correcto funcionamiento del cronómetro digital empleado en la supervisión del periodo de cocción. En cuanto a la seguridad, se efectuó una prueba de fugas en las conexiones del sistema de GLP utilizando solución jabonosa, y se estandarizó el uso de equipos de protección personal (bata y guantes

térmicos). Estas medidas preventivas aseguraron el cumplimiento de las normas básicas de seguridad en laboratorio y minimizaron riesgos durante la manipulación de los equipos.

Figura 3

Procedimientos de calibración de la balanza.



Nota: Se muestra la verificación de la balanza con masas patrón. Estas acciones garantizaron precisión en las mediciones y el desarrollo de los experimentos.

➤ Principio de medición.

El consumo de GLP durante la cocción de la alverja se determinó aplicando el método gravimétrico, basado en la diferencia de masa del balón de gas antes y después de cada ensayo. Este procedimiento permitió calcular con precisión la cantidad de combustible utilizada en cada corrida experimental. La elección de este principio se fundamenta en su confiabilidad, simplicidad y aplicabilidad en condiciones de laboratorio, garantizando la obtención de datos objetivos y reproducibles. Además, la medición directa de la masa de GLP evitó errores asociados a estimaciones indirectas, asegurando un análisis riguroso del rendimiento energético de ambos métodos de cocción.

Figura 4

Esquema del principio gravimétrico para medir el consumo de GLP



Fuente: El consumo de GLP se determinó mediante la diferencia de masa del balón antes y después de cada ensayo de cocción. Este método permitió obtener mediciones directas, precisas y reproducibles, asegurando la confiabilidad de los resultados experimentales.

➤ **Implementación.**

Una vez definido el principio de medición, se procedió a la implementación del sistema experimental. El balón de GLP se colocó de manera permanente sobre la balanza de plataforma para registrar la masa inicial y final en cada ensayo. Se aseguró la conexión a la cocina mediante un regulador de presión estable y se estandarizó el uso de una misma hornilla, manteniendo la apertura constante de la válvula para garantizar la repetibilidad de las condiciones. Además, se dispuso de un cronómetro digital para registrar los tiempos de cocción y se emplearon probetas para medir con precisión los volúmenes de agua. Este montaje permitió llevar a cabo las pruebas de manera ordenada, segura y bajo condiciones controladas que garantizaron la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Figura 5

Montaje experimental para la medición del consumo de GLP



Fuente: Se observa la cocina y la olla a presión, junto con los utensilios de cocción y equipos auxiliares. Este montaje permitió estandarizar las condiciones de ensayo y asegurar la confiabilidad de las mediciones.

➤ **Remojo y acondicionamiento.**

Las alverjas (*Pisum sativum*) seleccionadas fueron inicialmente pesadas en porciones de 50 g, 100 g, 150 g, 200 g y 250 g, destinadas a los ensayos tanto en la olla convencional como en la olla a presión. Posteriormente, cada porción fue sometida a un proceso de remojo estandarizado, manteniéndose en agua potable durante un periodo de 12 horas a temperatura ambiente. Este procedimiento permitió lograr una hidratación homogénea de los granos, reduciendo el tiempo de cocción y garantizando condiciones iniciales uniformes para todas las pruebas experimentales. Finalmente, las muestras remojadas fueron escurridas y preparadas para su utilización en los ensayos de cocción, asegurando la comparabilidad y confiabilidad de los resultados obtenidos.

Figura 6

Porciones de alverja seleccionadas para los ensayos experimentales



Fuente: Se observan las muestras de alverja (*Pisum sativum*) previamente pesadas en cantidades de 50g, 100 g, 150 g y 250 g, destinadas a los ensayos de cocción en olla convencional y olla a presión. Estas porciones fueron acondicionadas posteriormente mediante un remojo estandarizado de 12 horas para garantizar uniformidad en los experimentos.

➤ **Uso del laboratorio de Tecnología de Alimentos**

Para el desarrollo de las pruebas experimentales fue indispensable contar con el apoyo institucional de la Universidad Nacional de Jaén. En este sentido, los tesistas responsables del presente proyecto gestionaron formalmente el uso del Laboratorio de Tecnología de Alimentos y sus equipos, a través de una carta dirigida al responsable del área, Dr. Juan Darío Ríos Mera, con fecha 16 de julio de 2025 (Ver anexo A). En dicha solicitud se expuso la necesidad de disponer de dicho laboratorio durante el periodo comprendido entre el 16 y el 25 de julio de 2025, fundamentando que los ensayos de cocción de alverja (*Pisum sativum*) con GLP en olla a presión y olla convencional requerían de las instalaciones y equipamiento disponibles en ese ambiente académico. Esta gestión administrativa resultó clave para garantizar el correcto desarrollo de los experimentos y la validez de los resultados obtenidos.

Realización de mediciones controladas del consumo de GLP y tiempo de cocción para distintas cantidades de alverja, evaluando los resultados en ambos métodos de cocción.

➤ **Preparación de muestras y condiciones estándar**

Para asegurar la uniformidad de las condiciones en las pruebas experimentales, las alverjas (*Pisum sativum*) previamente seleccionadas y clasificadas fueron divididas en porciones de 50 g, 100 g, 150 g, 200 g y 250 g destinadas a su cocción en olla a presión (OP) y olla convencional (OC). A cada porción se le asignó un volumen de agua proporcional, determinado mediante probetas graduadas, de acuerdo con la capacidad térmica de cada método de cocción. En la olla a presión se emplearon volúmenes menores de agua, debido a que el sistema opera en un entorno cerrado que minimiza las pérdidas por evaporación, esto permite una transferencia de calor más eficiente hacia los granos de alverja, reduciendo el requerimiento de agua para alcanzar el punto óptimo de cocción. Por el contrario, en la olla convencional, la cocción se realiza con la tapa parcialmente abierta, lo que genera mayor evaporación y pérdida de vapor de agua durante el proceso. Asimismo, se mantuvo constante el tipo de hornilla, la apertura del regulador de GLP y el tiempo de reposo post-cocción, asegurando condiciones homogéneas y reproducibles para la comparación experimental.

Tabla 2

Relación entre la masa de alverja seca y el volumen de agua asignado

Ítem	Método	Alverja seca (g)	Volumen de agua (mL)
1	OP	50	450
2	OC	50	750
3	OP	100	500
4	OC	100	1000
5	OP	150	800
6	OC	150	1200
7	OP	200	1000
8	OC	200	1500
9	OP	250	1200
10	OC	250	1700

Nota: Elaboración propia a partir de la estandarización experimental.

Figura 7

Preparación de muestras de alverja para los ensayos experimentales



Fuente: Se observan las porciones de alverja (*Pisum sativum*), acompañadas de volúmenes de agua estandarizados, listas para su utilización en las pruebas de cocción en olla convencional y olla a presión.

➤ **Validación del sistema.**

Con la finalidad que las mediciones definitivas se realizaran de manera correcta, se ejecutaron diez (10) corridas piloto con agua y con alverja: cinco (5) en olla a presión (OP) y cinco (5) en olla convencional (OC) (ver anexo B), con el fin de comprobar precisión, repetibilidad y estabilidad del montaje. En cada corrida se aplicó el método gravimétrico, consistente en registrar el pesaje inicial del balón (m_0), operar la hornilla durante un tiempo controlado (t) y efectuar el pesaje final (m_1) para obtener el consumo del GLP; todos los datos se consignaron en bitácora, manteniendo hornilla, apertura del regulador y montaje constantes, con verificación de fugas previa y variaciones de masa superiores a la resolución de la balanza de plataforma. La repetibilidad se evaluó comparando corridas consecutivas bajo las mismas condiciones en donde se observó proporcionalidad entre tiempo de combustión y masa de GLP consumida, corroborando que el sistema opera de forma confiable, precisa y apta para las mediciones comparativas OP vs. OC.

Figura 8

Pruebas piloto de validación del sistema de medición del consumo de GLP



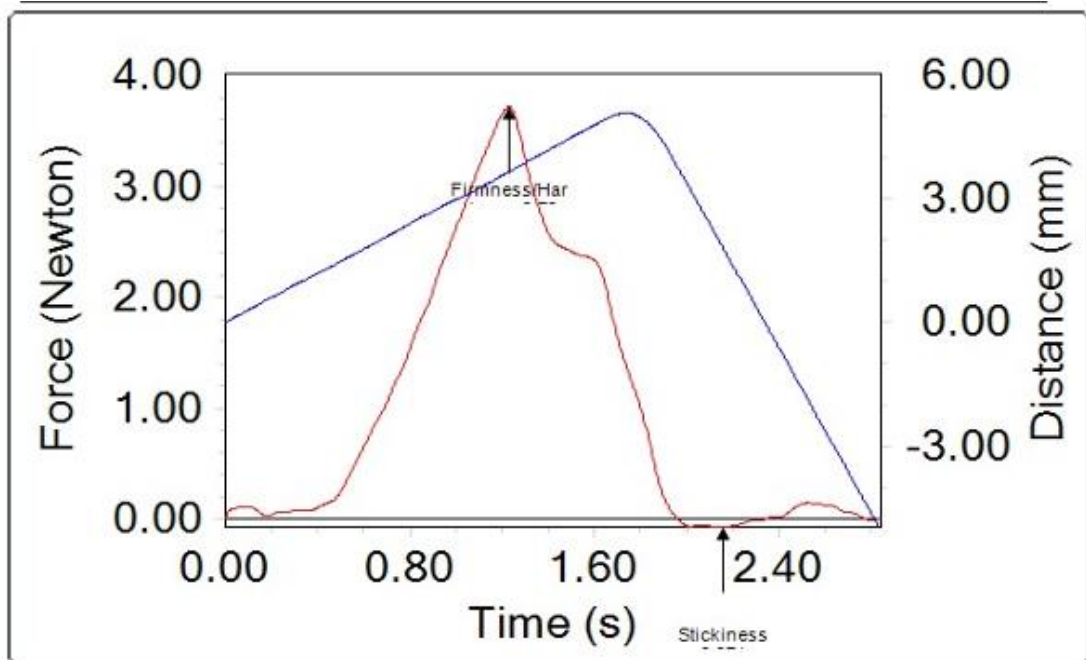
Nota. Se presentan los registros obtenidos en las corridas piloto realizadas con agua, los cuales evidencian la estabilidad y repetibilidad del método gravimétrico empleado. Esta validación aseguró la precisión y confiabilidad de las mediciones en los ensayos experimentales.

➤ **Protocolo de cocción y mediciones (tiempo y GLP)**

El proceso se realizó con protocolo estandarizado para ambos métodos: cada porción de alverja y su volumen de agua se colocó en la olla asignada, iniciándose el cronometraje al encender la hornilla; en olla a presión la llama se mantuvo 15 min y la cocción continuó solo con la presión interna, mientras que en olla convencional se sostuvo la ebullición hasta alcanzar el mismo punto final. Ese punto de cocción se verificó con un criterio combinado: (i) sensorial (grano blando e íntegro, sin núcleo harinoso ni pegajosidad), cual fue validado por la MSc. Andrea Fioreli Velarde Santoyo (Ver anexo C y F) y (ii) instrumental con texturómetro en compresión simple (configuración AOC150m02, probe 673002, distancia objetivo ≈ 6 mm, velocidad ≈ 2.5 mm/s, $n = 3$ granos). La aceptación se estableció cuando la firmeza pico se encontró en el rango 3–6 N (valor típico observado 3.70 N), con trabajo de penetración ≈ 8.71 mJ, adhesividad ≈ -0.18 mJ y stickiness ≈ -0.10 N.

Figura 9

Curva fuerza–tiempo/penetración del texturómetro en compresión simple (verificación del punto de cocción).



Nota: Configuración: AOC15cm02, sonda/probe 673002, distancia objetivo ≈ 6 mm, velocidad ≈ 2.5 mm·s⁻¹, n = 3 granos por porción. Valores representativos: Firmeza = 3.70 N; Trabajo de penetración = 8.71 mJ; Adhesividad = -0.18 mJ; Stickiness ≈ -0.10 N.

➤ **Criterio de punto de cocción y validación de textura**

El punto de cocción de la alverja (*Pisum sativum*) se definió mediante un criterio combinado, considerando tanto la apreciación sensorial como la verificación instrumental. Sensorialmente, se estableció que el grano debía presentar una textura blanda, homogénea y sin deshacerse. Paralelamente, se realizaron pruebas de dureza en el Laboratorio de Industrias Alimentarias, aplicando fuerzas controladas con un texturómetro para cuantificar la resistencia mecánica de los granos. De esta manera, se aseguró que la cocción alcanzada en ambos métodos fuera comparable, garantizando consistencia en la evaluación de la eficiencia energética.

Figura 10

Evaluación del punto de cocción de la alverja en los ensayos experimentales



Fuente: Se aprecia la determinación del punto de cocción de la alverja (*Pisum sativum*) a través de la medición instrumental de dureza con un texturómetro.

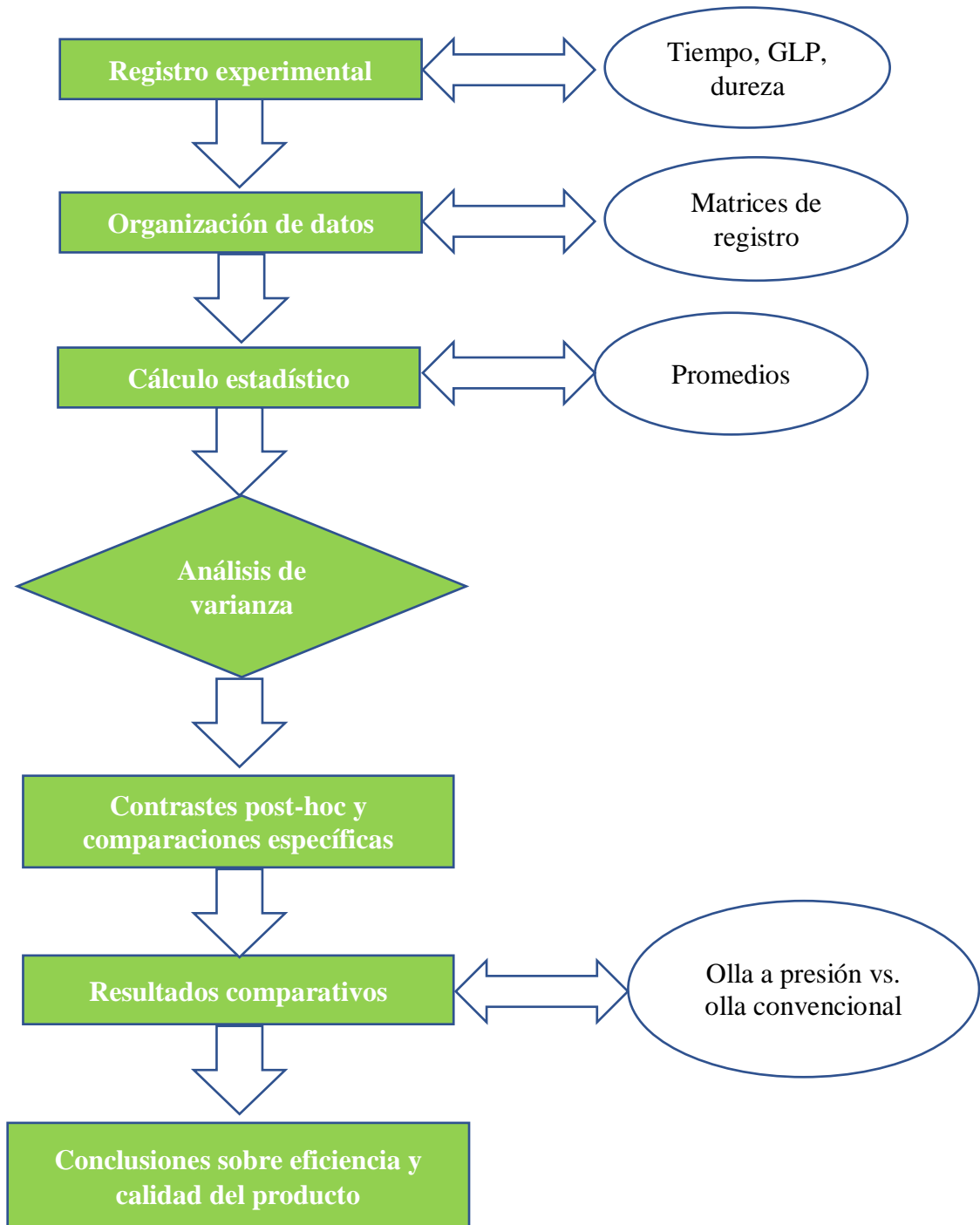
➤ **Tratamiento de datos y análisis estadístico**

Los datos obtenidos en los ensayos de cocción, referentes al tiempo de exposición al calor, el consumo de GLP y la dureza de la alverja cocida, fueron organizados en matrices de registro y posteriormente procesados mediante métodos estadísticos. Se calcularon promedios, desviaciones estándar e intervalos de confianza, con el fin de describir la variabilidad de las mediciones.

Para identificar diferencias significativas entre los métodos de cocción (olla a presión y olla convencional) y las distintas cantidades de muestra, se aplicaron pruebas de análisis de varianza (ANOVA) y, cuando correspondió, contrastes post-hoc. Este tratamiento estadístico permitió validar los resultados y aportar evidencia objetiva sobre la eficiencia energética y la calidad del producto final.

Figura 11

Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de datos y análisis estadístico



Fuente: El diagrama muestra las etapas metodológicas desde el registro experimental hasta la obtención de conclusiones. Este esquema permitió garantizar orden y rigurosidad en el análisis comparativo entre la olla a presión y la olla convencional.

Evaluación de la rentabilidad económica del uso de ollas a presión en comparación con ollas convencionales.

➤ Determinación del consumo específico de GLP

Para cuantificar el consumo específico de GLP en cada método de cocción, se aplicó el principio gravimétrico, registrando la masa inicial y final del balón de gas en cada ensayo. La diferencia de peso permitió obtener el consumo de combustible asociado a cada corrida experimental. Posteriormente, este valor fue normalizado en función de la cantidad de alverja cocida, expresándose en kilogramos de GLP por kilogramo de alverja (kg GLP/kg alverja). Este procedimiento garantizó la comparabilidad entre la olla a presión y la olla convencional, independientemente de la cantidad de muestra utilizada, y sirvió como base para el análisis económico.

Tabla 3

Determinación del consumo específico de GLP en los ensayos de cocción de alverja

Item	Alverja seca (Kg)	Gas Inicial (Kg)	Gas Final (Kg)	Agua (ml)	Hora Inicio	Hora Final	Masa Perdida de Gas (Kg)	Alverja cocida (kg)
01 OP	0.05	15.060	15.045	450	10:00:00	10:10:00	0.015	0.099
02 OC	0.05	15.045	14.975	750	10:12:00	11:06:00	0.070	0.112
03 OP	0.10	14.975	14.955	500	9:53:00	10:05:00	0.020	0.193
04 OC	0.10	14.955	14.875	1000	10:14:00	11:14:00	0.080	0.194
05 OP	0.15	14.875	14.860	800	11:07:00	11:23:00	0.015	0.301
06 OC	0.15	14.860	14.770	1200	11:29:00	12:34:00	0.090	0.298
07 OP	0.20	14.770	14.740	1000	9:42:00	10:00:00	0.030	0.392
08 OC	0.20	14.740	14.640	1500	10:03:00	11:03:00	0.100	0.372
09 OP	0.25	14.640	14.605	1000	11:04:00	11:22:00	0.035	0.477
10 OC	0.25	14.605	14.501	1500	11:30:00	12:30:00	0.104	0.468

Fuente: La tabla presenta los registros experimentales obtenidos en las pruebas de cocción de alverja (*Pisum sativum*) en olla a presión (OP) y olla convencional (OC).

➤ **Consumo específico (kg GLP/kg alverja)**

El consumo específico se determinó a partir de la relación entre la masa de GLP utilizada en cada ensayo y la cantidad de alverja cocida obtenida, expresándose en kilogramos de GLP por kilogramo de alverja cocida. Este indicador permitió comparar de manera objetiva la eficiencia energética de la olla a presión frente a la olla convencional, independientemente de la cantidad inicial de muestra. La estandarización de este cálculo garantizó la comparabilidad de los resultados y constituyó un insumo clave para el análisis económico, al reflejar de manera directa el costo energético asociado a cada método de cocción, matemáticamente es:

$$\text{Consumo específico} = \frac{\text{Masa perdida de GLP (kg)}}{\text{Alverja cocida (kg)}}$$

➤ **Estimación del costo energético por método de cocción**

La estimación del costo energético se realizó convirtiendo el consumo específico de GLP en términos monetarios, considerando el precio vigente del balón de 10 kg (S/ 49,00). Para cada ensayo se calculó el gasto de combustible multiplicando la masa de GLP consumida por el costo unitario del kilogramo de gas. Posteriormente, estos valores fueron normalizados por kilogramo de alverja cocida, obteniéndose así el costo energético específico de cada método de cocción. Este procedimiento permitió comparar de manera objetiva la rentabilidad de la olla a presión y la olla convencional en condiciones controladas de laboratorio, es cual se determinó con la siguiente ecuación:

$$C_e = \frac{\Delta m_{\text{GLP}} \times P_{\text{GLP}}}{m_{\text{alverja cocida}}}$$

Donde:

C_e = Costo energético específico (S./kg alverja cocida)

Δm_{GLP} = Masa de GLP consumida (kg)

P_{GLP} = Precio por kilogramo de GLP (S/ 4,90)

$m_{\text{alverja cocida}}$ = Masa de alverja cocida (kg)

Tabla 4

Determinación del consumo específico y estimación del costo energético por método de cocción

Item	Alverja seca (Kg)	Masa Perdida de Gas (Kg)	Alverja cocida (Kg)	Consumo específico (kg GLP/kg alverja)	Costo energético específico (S/./kg alverja)
01 OP	0.050	0.015	0.099	0.152	0.742
02 OC	0.050	0.070	0.112	0.625	3.062
03 OP	0.100	0.020	0.193	0.104	0.508
04 OC	0.100	0.080	0.194	0.412	2.021
05 OP	0.150	0.015	0.301	0.050	0.244
06 OC	0.150	0.090	0.298	0.302	1.480
07 OP	0.200	0.030	0.392	0.077	0.375
08 OC	0.200	0.100	0.372	0.269	1.317
09 OP	0.250	0.035	0.477	0.073	0.360
10 OC	0.250	0.104	0.468	0.222	1.089

Fuente: La tabla muestra el consumo específico de GLP y el costo energético asociado por kilogramo de alverja cocida, calculado a partir de los datos experimentales en olla a presión (OP) y olla convencional (OC). El precio de referencia considerado para el GLP fue de S/ 49,00 por balón de 10 kg (S/ 4,90 por kg).

➤ **Comparación de costos entre olla a presión y olla convencional**

La comparación de costos entre los dos métodos de cocción se realizó a partir del costo energético específico obtenido para cada ensayo. Este indicador permitió identificar el gasto promedio por kilogramo de alverja cocida, evidenciando diferencias notables entre la olla a presión y la olla convencional. Mientras que la olla a presión mostró un consumo de GLP más eficiente y, en consecuencia, un costo menor por unidad de alimento preparado, la olla convencional presentó mayores requerimientos de combustible y un costo energético superior. Este análisis resulta fundamental para evaluar la rentabilidad económica y orientar recomendaciones de uso

tanto en el ámbito doméstico como en el comercial, utilizando la ecuación siguiente:

$$\Delta C = \frac{C_{OC} - C_{OP}}{C_{OC}} \times 100$$

Donde:

ΔC = *Porcentaje de ahorro con olla a presión*

C_{OC} = *Costo energético específico en olla convencional*

C_{OP} = *Costo energético específico en olla a presión*

➤ **Periodo de recuperación de la inversión (PRS)**

El periodo de recuperación de la inversión (PRS) se determinó considerando la diferencia de costos de adquisición entre ambos utensilios: la olla a presión (S/ 320,00) y la olla convencional (S/ 60,00). Esta diferencia inicial de inversión representa el monto adicional que debe ser compensado a través de los ahorros energéticos obtenidos en el proceso de cocción. Para ello, se calculó el ahorro promedio en costo energético por kilogramo de alverja cocida, a partir de los consumos específicos registrados en los ensayos experimentales. Finalmente, se estimó el número de usos necesarios para recuperar la inversión adicional en la olla a presión. El PRS constituye así un indicador económico clave, pues refleja el tiempo y la frecuencia de uso requeridos para alcanzar el punto de equilibrio financiero, aportando un criterio objetivo para recomendar su implementación en entornos domésticos y comerciales.

➤ **Análisis de sensibilidad**

El análisis de sensibilidad se aplicó con el propósito de evaluar la estabilidad de los resultados económicos frente a posibles variaciones en las condiciones externas. En particular, se consideraron dos factores principales: el precio del GLP y la frecuencia de uso semanal de las ollas. Se establecieron escenarios alternativos en los que el precio del balón de 10 kg osciló entre $\pm 20\%$ de su valor de referencia (S/ 49,00), así como frecuencias de uso de 2, 4 y 7 veces por semana. Este procedimiento permitió identificar el impacto de dichos cambios en el periodo de recuperación de la inversión y en el costo energético específico. Los resultados del análisis de

sensibilidad proporcionan un marco más robusto para la toma de decisiones, mostrando la conveniencia de optar por la olla a presión bajo diferentes contextos económicos y de uso doméstico o comercial, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

$$PRS_{escenario} = \frac{C_{inversión}}{A_{promedio} \times f}$$

Donde:

$PRS_{escenario}$ = *Periodo de recuperación ajustado al escenario (semanas).*

$C_{inversión}$ = *Diferencia de costo entre la olla a presión y la convencional*

$A_{promedio}$ = *Ahorro promedio de costo energético por uso*

f = *Frecuencia de uso semanal.*

Instrumentos

Para la ejecución de la investigación se emplearon diversos instrumentos que garantizaron la confiabilidad de las mediciones. En primer lugar, se utilizó una balanza de plataforma digital, destinada a registrar la masa inicial y final del balón de GLP, lo que permitió determinar el consumo de combustible mediante el método gravimétrico. Asimismo, se dispuso de un cronómetro digital, empleado para registrar con exactitud los tiempos de cocción en cada ensayo, asegurando la estandarización de las condiciones experimentales. Para la medición de volúmenes de agua se recurrió a probetas graduadas, lo que garantizó uniformidad en la preparación de las muestras. Adicionalmente, se emplearon termómetros digitales para monitorear la temperatura durante la cocción, verificando la consistencia del proceso. Finalmente, en el Laboratorio de Industrias Alimentarias se utilizó un texturómetro, que permitió validar objetivamente la textura de la alverja cocida mediante ensayos de compresión uniaxial. El conjunto de estos instrumentos proporcionó datos confiables y replicables, fundamentales para el análisis comparativo de eficiencia energética y económica entre la olla a presión y la olla convencional.

Recolección de Datos:

La recolección de datos se llevó a cabo mediante un procedimiento experimental sistemático en el Laboratorio de Física de la Universidad Nacional de Jaén. Para cada ensayo, se registraron la masa inicial y final del balón de GLP empleando la balanza de plataforma digital, lo que permitió determinar el consumo de combustible. De manera paralela, se utilizó un cronómetro digital para medir el tiempo de cocción y se documentó el volumen de agua empleado en cada muestra utilizando probetas graduadas. Asimismo, se consignaron las características iniciales de la alverja, como su peso seco y el estado tras el remojo estandarizado, y finalmente se verificó la masa cocida obtenida al término de cada ensayo. Los datos fueron organizados en matrices de registro diseñadas específicamente para esta investigación, asegurando la trazabilidad y consistencia de la información. Este procedimiento permitió contar con una base de datos confiable y uniforme, que sirvió de soporte para el análisis comparativo entre la olla a presión y la olla convencional en términos de eficiencia energética y económica.

Análisis de Datos:

El análisis de datos se desarrolló a partir de la información obtenida en los ensayos experimentales, organizada en matrices de registro y posteriormente procesada mediante procedimientos estadísticos descriptivos y comparativos. En primer lugar, se calcularon indicadores básicos como promedios, desviaciones estándar e intervalos de confianza, a fin de describir la variabilidad de las mediciones de tiempo de cocción, consumo de GLP y masa de alverja cocida. Posteriormente, se determinó el consumo específico de GLP y el costo energético específico, normalizando los valores para cada kilogramo de alverja cocida. Para evaluar diferencias significativas entre los métodos de cocción (olla a presión y olla convencional), se aplicaron pruebas de análisis de varianza (ANOVA) y, en los casos necesarios, contrastes post-hoc. Este enfoque permitió validar la hipótesis planteada y establecer conclusiones sólidas sobre la eficiencia energética y económica de ambos métodos, garantizando rigurosidad científica y confiabilidad en los resultados.

Consideraciones Éticas:

La presente investigación se desarrolló respetando los principios éticos que garantizan la integridad científica y la transparencia en el manejo de los datos. En todo momento se aseguró la veracidad de la información obtenida, evitando manipulaciones que pudieran alterar los resultados o las conclusiones del estudio. Asimismo, se reconocieron adecuadamente las fuentes bibliográficas consultadas, siguiendo el formato de citación APA séptima edición, con el fin de dar crédito a los aportes previos y prevenir el plagio académico. Dado que el trabajo se centró en pruebas experimentales con insumos vegetales (alverja) y no involucró la participación de seres humanos ni el uso de animales, no se generaron riesgos éticos relacionados con la salud o el bienestar de individuos. Finalmente, se garantizó el uso responsable de los recursos materiales y energéticos empleados en el laboratorio, contribuyendo a la sostenibilidad y minimizando el impacto ambiental de las prácticas experimentales.

Limitaciones del Estudio:

El presente estudio presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los resultados. En primer lugar, los ensayos se realizaron en condiciones controladas de laboratorio, lo que, si bien garantizó la estandarización de las pruebas, puede diferir de las condiciones reales de uso doméstico o comercial, donde factores como la intensidad de la llama, la variación de presiones del GLP y el estado de los utensilios influyen en los resultados. Asimismo, se empleó un único tipo de alverja como insumo experimental, lo que restringe la generalización de los hallazgos a otras variedades de legumbres con características físico-químicas distintas. Otra limitación corresponde al alcance temporal del estudio, que se centró en pruebas puntuales y no consideró el desgaste progresivo de los equipos a lo largo del tiempo. Finalmente, aunque el análisis económico incluyó escenarios de sensibilidad, no se contemplaron todas las posibles fluctuaciones de mercado, como variaciones abruptas en el precio del GLP o diferencias en los costos de adquisición de los utensilios en distintos contextos geográficos.

III. RESULTADOS

Diseño e implementación de un sistema de medición para cuantificar el consumo de GLP durante la cocción de alverja (*Pisum sativum*) en ollas a presión y ollas convencionales.

En este apartado se presentan los resultados correspondientes al diseño e implementación del sistema de medición del consumo de GLP, así como la descripción de sus componentes principales. Estos resultados permiten evidenciar la confiabilidad del montaje experimental y su pertinencia para el desarrollo de los ensayos de cocción de alverja.

El sistema de medición diseñado e implementado permitió registrar con precisión el consumo de gas licuado de petróleo (GLP) durante los ensayos experimentales en ollas a presión y ollas convencionales. El montaje experimental estuvo conformado por una balanza digital de plataforma, sobre la cual se colocó el balón de gas para determinar la masa inicial y final en cada ensayo; un regulador de presión estandarizado para garantizar un flujo constante de combustible; un cronómetro digital para registrar los tiempos de cocción; un termómetro digital de penetración para controlar la temperatura interna de los alimentos; probetas y vasos de precipitación para medir los volúmenes de agua, además de los utensilios de cocción empleados en las pruebas.

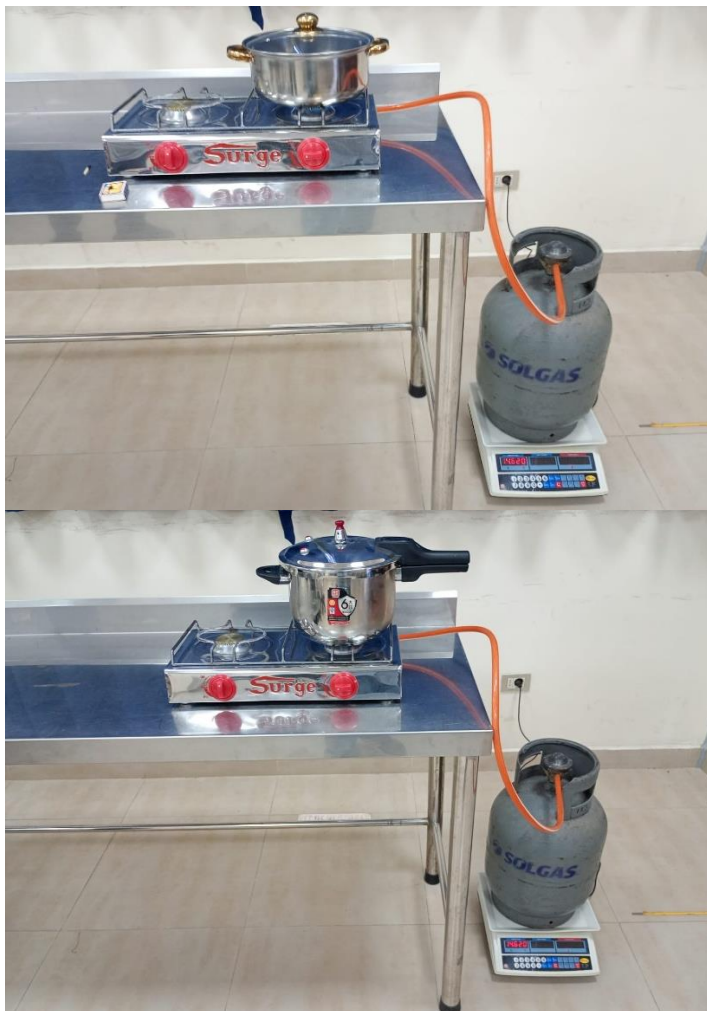
Durante la etapa de validación, se efectuaron pruebas piloto con agua que confirmaron la confiabilidad del sistema, al mostrar variaciones mínimas entre mediciones consecutivas. Este procedimiento permitió comprobar que el método gravimétrico aplicado resultó adecuado para cuantificar el consumo de GLP de forma directa, precisa y reproducible. Asimismo, se verificó la seguridad del sistema mediante pruebas de fugas en las conexiones, asegurando condiciones de operación estables en todos los ensayos experimentales.

Tabla 5*Componentes principales del sistema de medición del consumo de GLP*

Instrumento / Equipo	Características técnicas	Función principal
Balanza digital Dival Premium	Marca Dival Premium; capacidad máxima 40 kg; precisión 5 g; batería 4 V	Medir la masa inicial y final del balón de GLP y de las ollas durante los ensayos. Medir con exactitud
Balanza digital de precisión	Capacidad 5 kg; precisión 0.1 g	pequeñas cantidades de alverja seca y cocida en cada prueba.
Cronómetro digital (manual)	Precisión 0.01 s	Registrar el tiempo exacto de cocción en cada ensayo.
Termómetro digital de penetración	Rango -50 °C a +300 °C; precisión ±1 °C	Medir la temperatura interna durante la cocción para validar uniformidad térmica.
Cocina doméstica a GLP (2 hornillas)	Acero inoxidable; quemadores de latón	Fuente de calor para la cocción de las muestras.
Olla convencional	Acero inoxidable, 5 L; tapa de vidrio	Utensilio de cocción para establecer comparación frente a la olla a presión.
Olla a presión	Acero inoxidable, 6 L; válvula de seguridad y tapa hermética	Utensilio de cocción eficiente para evaluar ahorro de GLP y tiempo de cocción.
Probeta y vaso de precipitación	Vidrio; capacidades de 1000 ml y 250 ml	Medición de volúmenes de agua empleados en los ensayos.

Figura 12

Montaje experimental del sistema, mostrando el balón de gas, el regulador, las ollas de cocción y el cronómetro digital.



La Figura 12 muestra de manera clara el montaje experimental implementado, evidenciando la disposición de los equipos principales que aseguraron la precisión en la medición del consumo de GLP. Por su parte, la Tabla 5 detalla los instrumentos utilizados, destacando la complementariedad entre equipos de gran capacidad, como la balanza Dival Premium, y equipos de precisión, como la balanza Clever, que garantizaron exactitud en diferentes escalas de medición. La integración de estos componentes confirma la solidez del sistema, permitiendo registrar consumos de combustible y variables de cocción de forma confiable y reproducible, lo cual constituye un aporte fundamental para la validez de los resultados obtenidos en los ensayos posteriores.

Sustento técnico del sistema de medición

El sistema de medición del consumo de GLP se fundamenta en el principio gravimétrico, el cual determina la masa de combustible utilizada a partir de la diferencia de peso del balón de gas antes y después de cada ensayo experimental. Este método, ampliamente aplicado en investigaciones sobre eficiencia energética en cocción, permite una medición directa, precisa y reproducible, al no depender de variaciones de presión, densidad o temperatura del gas (Moussaoui et al., 2022; Sensini et al., 2018). Asimismo, su sencillez instrumental y su exactitud dentro de márgenes de error reducidos lo convierten en una técnica confiable para estudios comparativos bajo condiciones controladas de laboratorio (Guevara & Carrasco, 2024).

El enfoque gravimétrico garantiza la trazabilidad metrológica de las mediciones mediante calibraciones con masas patrón y control de instrumentos, lo que asegura la validez experimental y la repetibilidad de los datos (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). De esta forma, el sistema de medición implementado cumple con los requisitos de precisión, confiabilidad y estabilidad exigidos en investigaciones experimentales sobre eficiencia energética y consumo de GLP.

Realización de mediciones controladas del consumo de GLP y tiempo de cocción para distintas cantidades de alverja, evaluando los resultados en ambos métodos de cocción.

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de las mediciones experimentales realizadas con diferentes cantidades de alverja (*Pisum sativum*), evaluando el consumo de GLP y el tiempo de cocción en dos métodos: olla convencional y olla a presión. Estos resultados permiten establecer comparaciones directas de eficiencia energética y de desempeño en cada caso. Durante los ensayos se utilizaron muestras de 50 g, 100 g, 150 g, 200 g y 250 g de alverja seca, cada prueba se repitió bajo condiciones controladas (relación muestra-agua, hornilla y criterio de punto de cocción), registrando el tiempo total de cocción y la masa inicial y final del balón de GLP para determinar el consumo gravimétrico. En todos los casos, la olla a presión evidenció menores tiempos de cocción y un consumo reducido de combustible respecto a la olla convencional.

Figura 13

Comparación del consumo de GLP en la cocción de alverja utilizando olla convencional y olla a presión.

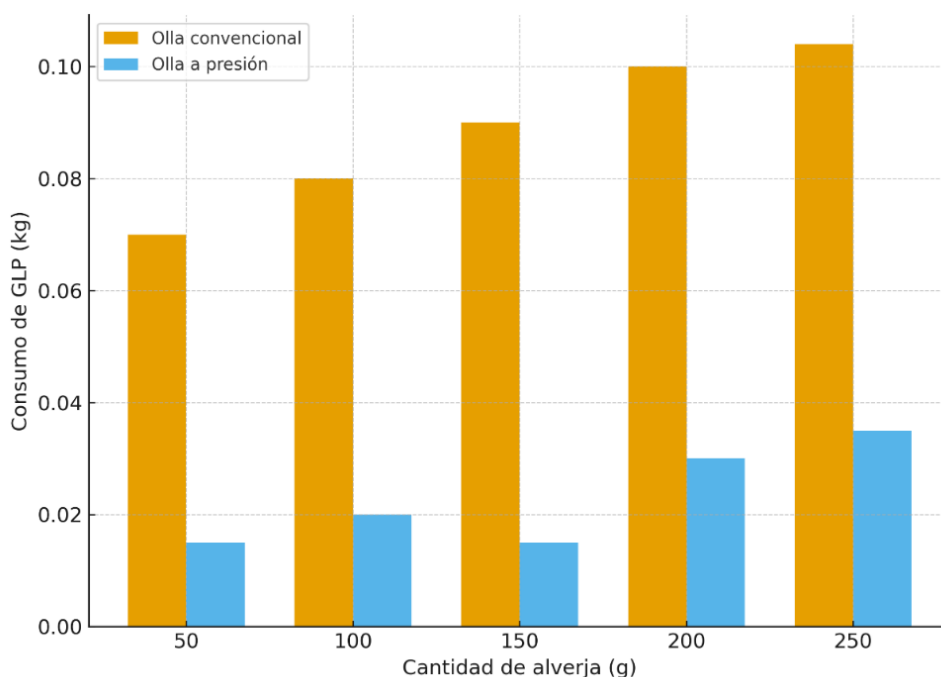
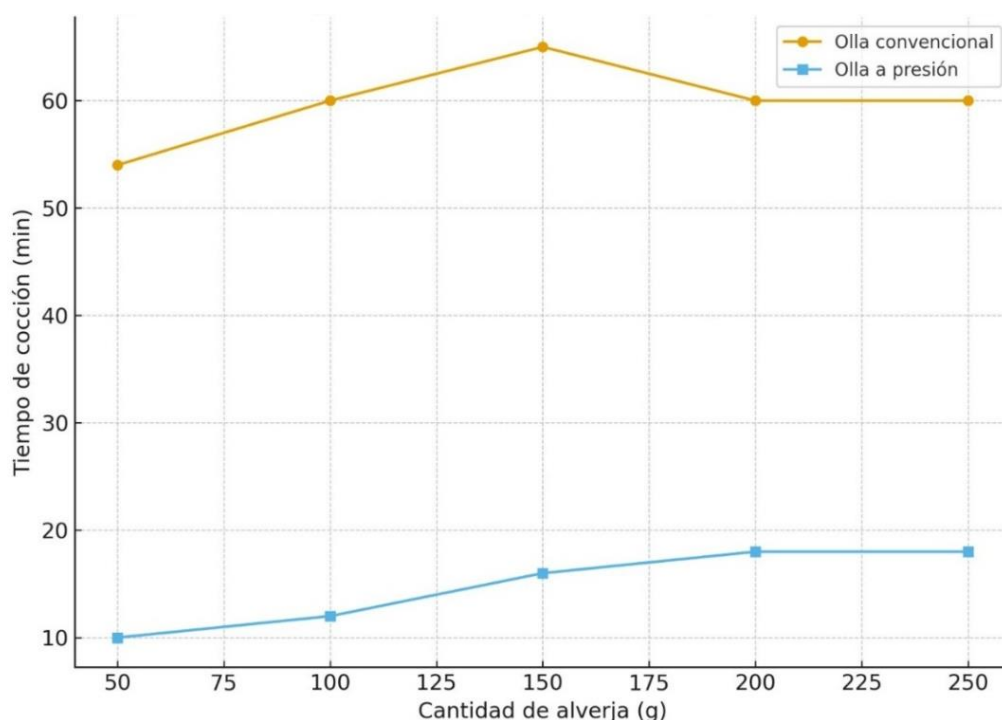


Figura 14

Comparación del tiempo de cocción en ambos métodos de cocción para distintas cantidades de alverja.

**Tabla 6**

Resultados experimentales de consumo de GLP y tiempo de cocción

Cantidad de alverja (g)	Consumo GLP (kg) – Olla convencional	Tiempo (min) – Olla convencional	Consumo GLP (kg) – Olla a presión	Tiempo (min) – Olla a presión
50	0.07	54	0.015	10
100	0.08	60	0.02	12
150	0.09	65	0.015	16
200	0.1	60	0.03	18
250	0.104	60	0.035	18

Las Figuras 13 y 14, junto con la Tabla 6, evidencian que para todas las cantidades evaluadas la olla a presión consumió menos GLP y requirió menos tiempo que la olla convencional: las reducciones de consumo/tiempo fueron de 78.6%/81.5% (50 g), 75.0%/80.0% (100 g), 83.3%/75.4% (150 g), 70.0%/70.0% (200 g) y 66.3%/70.0% (250 g), con promedios de $\approx 74.1\%$ en GLP y $\approx 75.3\%$ en

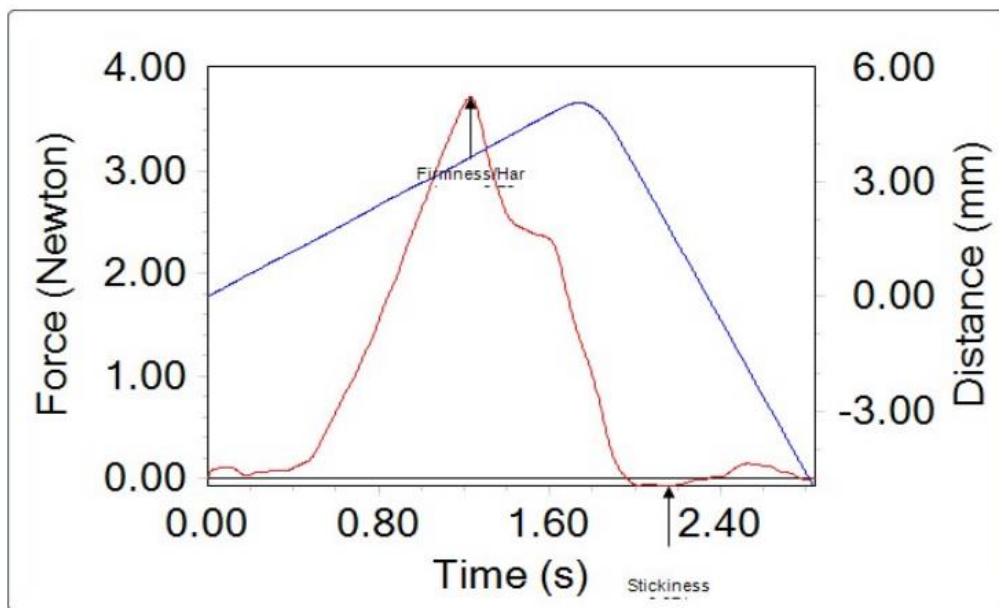
tiempo. Además, el consumo específico (kg GLP/kg alverja) disminuye al aumentar la masa cocida y es siempre menor en la olla a presión (de 0.30 a 0.14) que en la convencional (de 1.40 a 0.416). En términos operativos, el tiempo con olla a presión crece moderadamente (10–18 min) frente a valores persistentemente altos en la convencional (54–65 min). En conjunto, los resultados confirman la mayor eficiencia energética y operativa de la cocción a presión, con implicancias directas de ahorro económico y mayor productividad.

➤ **Propiedades texturales de la alverja cocida**

Figura 15 muestra el ensayo de compresión uniaxial de alverja cocida. La traza roja representa la fuerza (N) en función del tiempo y la azul la distancia (mm). Se indican el pico de firmeza (máximo de fuerza) y la adhesividad (stickiness) en la zona negativa al final del ciclo.

Figura 15

Curva fuerza–tiempo/penetración (texturómetro)



La Figura 15 muestra a un ensayo de compresión uniaxial sobre granos de alverja cocidos. La traza roja representa la fuerza (N) en función del tiempo y la traza azul la distancia de penetración (mm) del émbolo. Se identifican las etapas típicas del ensayo: (i) aproximación y contacto, donde la fuerza inicia en ~0; (ii) carga/penetración, con incremento casi monótono de la fuerza hasta el pico de firmeza (máximo de la curva roja), que

operacionalmente se interpreta como la resistencia estructural del grano cocido; (iii) descarga/retorno, en la que la fuerza disminuye; y (iv) tramo negativo final, donde aparece la adhesividad (stickiness), observable como área negativa cuando el émbolo se separa de la muestra. El pico único bien definido y la pendiente de carga moderada indican estructura interna íntegra con ablandamiento progresivo durante la penetración (textura “tierna sin desintegración”). La adhesividad de pequeña magnitud al final del ciclo sugiere baja pegajosidad superficial, consistente con una cocción homogénea y buen escurrido previo a la medición. En conjunto, el perfil es coherente con alverjas cocidas a punto y aptas para comparación objetiva entre métodos de cocción.

Tabla 7

Estadísticos de textura instrumental de alverja cocida

Parámetro	Media	DE	n
Firmeza (N)	4.588	2.331	8
Trabajo de penetración (mJ)	de 11.404	6.634	8
Adhesividad (mJ)	-1.424	2.643	8

En la Tabla 7 se muestra $n = 8$ mediciones instrumentales y muestra una firmeza media de 4.588 ± 2.331 N (DE), valor moderado compatible con granos cocidos tiernos pero íntegros. El trabajo de penetración fue 11.404 ± 6.634 mJ, coherente con la firmeza observada, ya que ambos parámetros están mecánicamente correlacionados y capturan la resistencia interna durante la penetración. La adhesividad presentó -1.424 ± 2.643 mJ, magnitud baja y cercana a cero con alta dispersión relativa, lo que sugiere superficie poco pegajosa y sensibilidad a ligeras variaciones de humedad superficial o de retorno del equipo. En conjunto, los promedios confirman una textura adecuada y comparable entre porciones, y la dispersión observada es técnicamente aceptable para este tipo de muestras; si se requiriera reducirla, podría aumentarse n y estratificar por tamaño de grano o tiempo de reposo previo a la medición.

Evaluación de la rentabilidad económica del uso de ollas a presión en comparación con ollas convencionales.

➤ **Determinación del consumo específico de GLP**

En la Tabla 8 se presentan los consumos específicos de GLP obtenidos en los diez ensayos de cocción de alverja (*Pisum sativum*) con olla a presión (OP) y olla convencional (OC). Para cada ensayo se muestra la masa de alverja cocida, la masa de GLP consumida y el consumo específico calculado.

Tabla 8

Consumo específico de GLP por ensayo y método de cocción

Item	Método	Alverja cocida (kg)	Masa perdida de GLP (kg)	Consumo específico (kg GLP/kg alverja)
1	OP	0.099	0.015	0.152
2	OC	0.112	0.07	0.625
3	OP	0.193	0.02	0.104
4	OC	0.194	0.08	0.412
5	OP	0.301	0.015	0.05
6	OC	0.298	0.09	0.302
7	OP	0.392	0.03	0.077
8	OC	0.372	0.1	0.269
9	OP	0.477	0.035	0.073
10	OC	0.468	0.104	0.222

El consumo específico es consistentemente menor en OP que en OC para todos los ensayos: OP varía entre 0.050–0.152 kg/kg (promedio 0.091 kg/kg), mientras que OC se sitúa entre 0.222–0.625 kg/kg (promedio 0.366 kg/kg). Esto implica una reducción media ≈ 75 % del GLP requerido por kilogramo de alverja cocida al emplear olla a presión. Además, en ambos métodos el consumo específico disminuye al aumentar el tamaño del lote, reflejando economías de escala del proceso; aun así, la ventaja relativa de OP se mantiene en todo el rango evaluado.

➤ **Estimación del costo energético.**

En la Tabla 9 se reporta el costo energético específico (CEE) —expresado en S/ por kg de alverja cocida— para los diez ensayos realizados con olla a presión (OP) y olla convencional (OC). El CEE se obtuvo convirtiendo el GLP medido a valor monetario usando el precio vigente de S/ 4,90 por kg (S/ 49,00 por balón de 10 kg) y normalizándolo por la masa de alverja cocida de cada ensayo.

Tabla 9

Costo energético específico por ensayo y método

Item	Método	Alverja cocida (kg)	Masa de GLP (kg)	CEE (S/ por kg)
1	OP	0.099	0.015	0.742
2	OC	0.112	0.07	3.062
3	OP	0.193	0.02	0.509
4	OC	0.194	0.08	2.024
5	OP	0.301	0.015	0.244
6	OC	0.298	0.09	1.48
7	OP	0.392	0.03	0.375
8	OC	0.372	0.1	1.317
9	OP	0.477	0.035	0.36
10	OC	0.468	0.104	1.089

El CEE resultó sistemáticamente menor en la olla a presión que en la convencional para todos los ensayos. Los valores promedio fueron 0.446 S/·kg⁻¹ (OP) frente a 1.794 S/·kg⁻¹ (OC), lo que implica un ahorro medio ≈ 75 % del costo energético por kilogramo de alverja cocida al utilizar olla a presión. Además, se observa una reducción del CEE al aumentar el tamaño de lote en ambos métodos, manteniéndose siempre la ventaja económica de la cocción a presión.

➤ **Comparación de costos olla a presión versus olla convencional**

En la Figura 16 se sintetiza la comparación del costo energético específico (CEE) —en S/ por kg de alverja cocida— entre olla convencional (OC) y olla a presión (OP) para cada tamaño de lote evaluado; la Tabla 10 presenta los valores numéricos correspondientes (precio de GLP: S/ 4,90/kg).

Figura 16

Costo energético específico por método y tamaño de lote

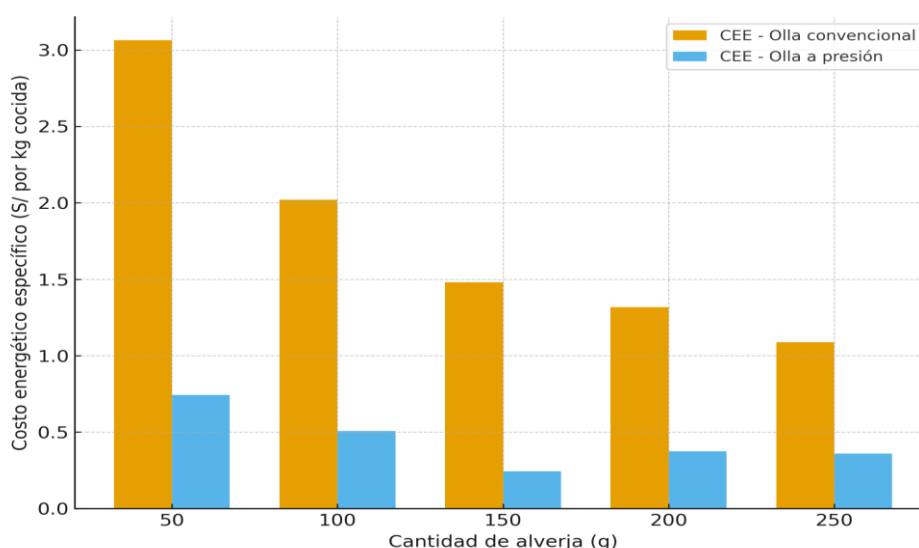


Tabla 10

Costo energético específico y ahorro con olla a presión

Cantidad (g)	CEE – Olla convencional (S/-kg)	CEE – Olla a presión (S/-kg)	Ahorro con OP (%)
50	3.062	0.742	75.8
100	2.024	0.509	74.9
150	1.48	0.244	83.5
200	1.317	0.375	71.5
250	1.089	0.36	66.9

La olla a presión exhibe un CEE sustancialmente menor en todos los tamaños de lote, con un ahorro promedio \approx 74.5 % y un máximo de 83.5 % en 150 g. Aunque el CEE disminuye al aumentar la cantidad cocinada (economías de escala), la ventaja económica de la cocción a presión se mantiene en todo el rango analizado, confirmando su mayor eficiencia y menor costo por kilogramo de alimento respecto de la olla convencional.

➤ **Periodo de recuperación simple (PRS).**

La Tabla 11 y la Figura 17 resumen el PRS de la olla a presión en función de la frecuencia de uso semanal (f) para un lote representativo de 250 g de alverja. Los cálculos se realizaron con la diferencia de inversión $\Delta I = S/ 260$ (OP: S/ 320; OC: S/ 60) y el ahorro por uso observado para 250 g ($\Delta GLP = 0.069$ kg, equivalente a S/ 0.338 por uso con S/ 4.90/kg de GLP).

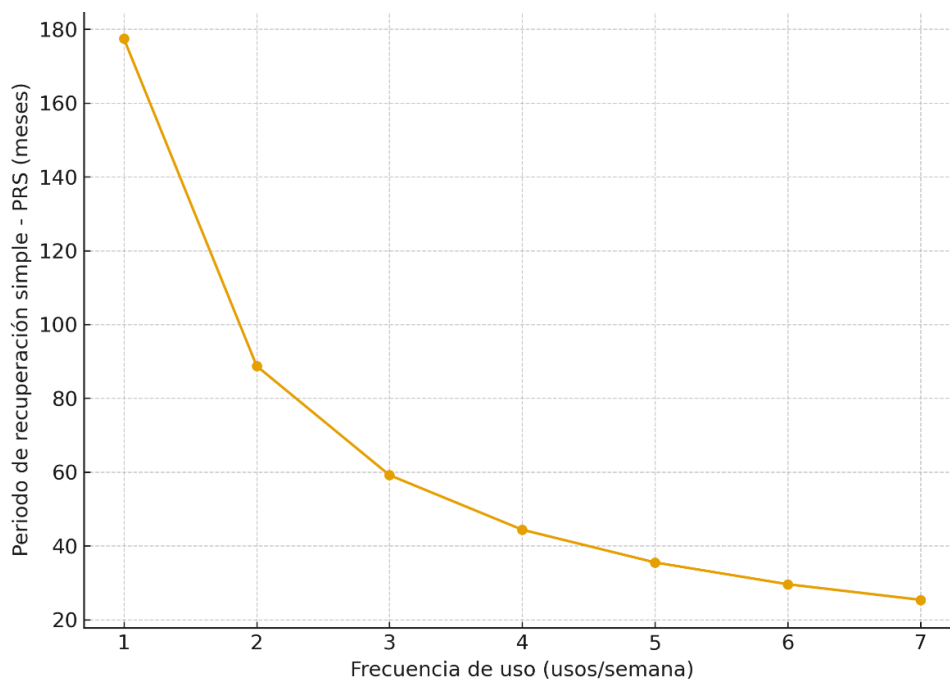
Tabla 11

PRS según frecuencia de uso (lote 250 g)

f (usos/sem)	Ahorro anual (S/)	PRS (meses)
1	17.58	177.6
2	35.16	88.7
3	52.74	59.2
4	70.32	44.4
5	87.91	35.5
6	105.49	29.6
7	123.07	25.4

Figura 17

PRS en función de la frecuencia de uso (lote de 250 g).



El PRS disminuye conforme aumenta la frecuencia de uso: con 4 usos/semana el periodo es de ≈ 44 meses (3.7 años) y cae a $\approx 30-25$ meses para 6-7 usos/semana. Si se operan lotes con mayor ahorro por uso (p. ej., los que registran diferencias de GLP más altas), el PRS se acorta adicionalmente, confirmando la viabilidad económica de la olla a presión bajo intensidades de uso medias y altas.

➤ **Análisis de sensibilidad (GLP y frecuencia).**

La Tabla 12 y la Figura 18 presentan la sensibilidad del Periodo de Recuperación Simple (PRS) ante variaciones del precio del GLP (-20 %, base y +20 % respecto de S/ 4.90/kg) y de la frecuencia de uso f (2, 4 y 7 usos por semana) para un lote de 250 g. Se emplearon: $\Delta I = S/ 260$ y $\Delta GLP = 0.069$ kg/uso (ahorro experimental OP vs. OC).

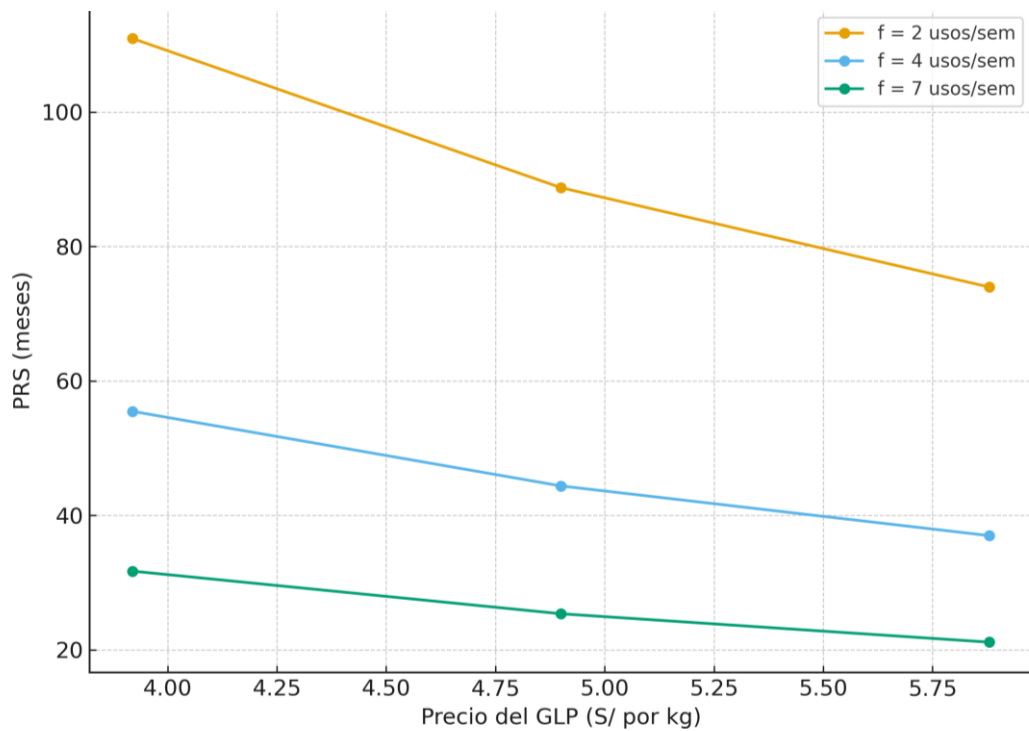
Tabla 12

Sensibilidad del PRS al precio del GLP y a la frecuencia de uso (lote 250 g)

Precio GLP	f (usos/sem)	Ahorro por uso (S/)	Ahorro anual (S/)	PRS (meses)
-20% (S/ 3.92/kg)	2	0.270	28.13	110.9
-20% (S/ 3.92/kg)	4	0.270	56.26	55.5
-20% (S/ 3.92/kg)	7	0.270	98.45	31.7
Base (S/ 4.90/kg)	2	0.338	35.16	88.7
Base (S/ 4.90/kg)	4	0.338	70.32	44.4
Base (S/ 4.90/kg)	7	0.338	123.07	25.4
+20% (S/ 5.88/kg)	2	0.406	42.19	73.9
+20% (S/ 5.88/kg)	4	0.406	84.39	37.0
+20% (S/ 5.88/kg)	7	0.406	147.68	21.1

Figura 18

Sensibilidad del PRS al precio del GLP para distintas frecuencias



El PRS disminuye cuando sube el precio del GLP (porque el ahorro monetario por uso aumenta) y cuando crece la frecuencia de uso. Por ejemplo, a $f = 4$ usos/sem el PRS pasa de ≈ 55 meses con S/ 3.92/kg (-20%), a ≈ 44 meses en el escenario base (S/ 4.90/kg), y a ≈ 37 meses con S/ 5.88/kg (+20%). A $f = 7$ usos/sem, los valores se reducen aproximadamente a 31, 25 y 21 meses, respectivamente. Estos resultados confirman que la viabilidad económica de la olla a presión es robusta ante variaciones razonables del precio del combustible y mejora significativamente con mayores intensidades de uso.

DISCUSIÓN

Los resultados experimentales confirman que el uso de la olla a presión (OP) en la cocción de *Pisum sativum* con gas licuado de petróleo (GLP) es más eficiente que la olla convencional (OC). En promedio, la OP redujo alrededor del 75 % el consumo específico de GLP, el costo energético específico y el tiempo de cocción, verificando la hipótesis planteada. Esta mejora se debe a su capacidad de elevar la temperatura efectiva y minimizar las pérdidas térmicas mediante el confinamiento del vapor, optimizando así la transferencia de calor.

Estos hallazgos coinciden con los de Moussaoui et al. (2022) y Sensini et al. (2018), quienes demostraron que los sistemas cerrados o con control de vapor mejoran sustancialmente la eficiencia energética. De igual forma, los estudios de Ochoa (2021), Martínez Ligas (2023) y Vílchez (2022) evidencian que el control térmico y el aislamiento son factores determinantes del rendimiento en sistemas de cocción. A nivel nacional, los resultados guardan similitud con lo reportado por Guevara y Carrasco (2024), que destacaron la mayor eficiencia de tecnologías como la inducción; sin embargo, este trabajo se diferencia al optimizar la transferencia de calor dentro del mismo vector energético (GLP), demostrando que la eficiencia depende tanto del combustible como del método de cocción.

El descenso del consumo específico al aumentar la masa de alverja evidencia un efecto de economía de escala, donde las pérdidas fijas (encendido, estabilización y precalentamiento) se distribuyen en mayores volúmenes de producto. Este efecto fue más notorio en la OP por su menor evaporación y mejor confinamiento térmico.

La evaluación sensorial mostró que las alverjas cocidas en OP alcanzaron textura blanda y homogénea sin sobrecocción, lo que indica que el ahorro de energía no afectó la calidad del alimento. El análisis económico reveló que el periodo de recuperación simple (PRS) del uso de la OP es viable en contextos de uso frecuente y más favorable cuando el precio del GLP aumenta, por lo que representa una opción económicamente sostenible.

En contextos domésticos y microemprendimientos gastronómicos, la adopción de la OP implica menor consumo de combustible, reducción del

tiempo de cocción y aumento de productividad. La estandarización de variables (volumen de agua, masa, potencia y tiempo) y la capacitación en su uso son esenciales para replicar estos resultados.

Metodológicamente, el uso de indicadores comparativos como el consumo específico (kg GLP/kg alimento) y el costo energético específico (S/-kg) permitió establecer una base cuantitativa para futuros análisis de eficiencia y costo–beneficio.

Las principales limitaciones del estudio fueron el número reducido de ensayos ($n = 10$), la evaluación de una sola matriz alimenticia, y la precisión de la balanza (± 5 g), que introduce incertidumbre en consumos bajos. Sin embargo, la consistencia de las tendencias, la coherencia entre desempeño térmico, textura y costo, y la repetibilidad de los resultados respaldan la validez y confiabilidad del estudio.

Para investigaciones futuras se recomienda aumentar réplicas, incluir otras leguminosas, evaluar diferentes marcas y tamaños de ollas, y analizar el efecto de la altitud y la relación agua–grano en la eficiencia. También sería pertinente comparar con sistemas eléctricos o renovables para estimar la transferibilidad de los resultados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un sistema gravimétrico formado por balanza de plataforma, balón de GLP, regulador y cronómetro, que permitió determinar directamente la masa de gas consumida en cada ensayo. Las pruebas de hermeticidad y calibración mostraron variaciones menores al 5 % y una relación proporcional entre tiempo y masa de GLP, lo que confirma su precisión y reproducibilidad. El dispositivo resultó confiable y trazable para comparar el desempeño de la olla a presión (OP) y la olla convencional (OC).
- Bajo condiciones controladas —relación muestra-agua, potencia térmica constante y punto de cocción determinado sensorial e instrumentalmente— se ensayaron porciones de 50, 100, 150, 200 y 250 g de alverja. La OP redujo en promedio el tiempo de cocción en 75 % y el consumo específico de GLP en 74 %, manteniendo una textura final adecuada (firmeza moderada y baja adhesividad). Se evidenció además un descenso del consumo específico al aumentar la masa procesada, atribuible a economías de escala, ya que las pérdidas fijas de encendido y precalentamiento se diluyen en mayores volúmenes. El ahorro energético se asocia, por tanto, a una transferencia de calor más eficiente y no a sobrecocción del producto.
- Con un precio promedio de GLP de S/ 4.90/ kg y una inversión adicional de S/ 260 por la OP, el periodo de recuperación simple se estimó en 44 meses con 4 usos por semana y entre 25–30 meses con 6–7 usos por semana. El incremento del precio del GLP reduce el tiempo de recuperación, al aumentar el ahorro por cocción. Por tanto, la OP es económicamente viable en contextos de uso medio a intensivo; para optimizar la rentabilidad se recomienda trabajar con porciones mayores y mantener estandarizadas las condiciones operativas.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a futuros tesisistas o investigadores a mantener la calibración y trazabilidad de las mediciones mediante el uso de una bitácora experimental actualizada, realizar pruebas de fugas antes de cada serie de ensayos y, en casos de consumos muy bajos, complementar el sistema con una balanza de mayor resolución y la estimación de la incertidumbre global del sistema de medición.
- A las autoridades universitarias se recomienda fortalecer el equipamiento de los laboratorios mediante la adquisición de instrumentos calibrados y de alta resolución, como balanzas analíticas y analizadores de gases, que permitan desarrollar investigaciones experimentales más avanzadas sobre eficiencia energética y sostenibilidad.
- A la comunidad académica, se sugiere difundir los beneficios técnicos y económicos del uso de ollas a presión en actividades de cocción a nivel institucional, educativo y comercial, incentivando prácticas sostenibles y eficientes. Este enfoque podría integrarse en programas de responsabilidad social universitaria y capacitaciones técnicas sobre energía y sostenibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Internacional de Energía. (2021). *World energy outlook 2021*. IEA. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>
- Chen, L., & Zhang, X. (2019). Eficiencia energética en la cocina: un estudio sobre métodos de cocción y consumo de energía. *International Journal of Energy Science*, 44(2), 120–130.
- Guevara Monteza, D., & Carrasco Martínez, J. (2024). *Análisis de eficiencia energética entre cocina de inducción y GLP en Jaén – Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional UNJ. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/690>
- Kalai, A., Ben, S., & Miled, K. (2020). Performance analysis of pressure cookers: An energy efficiency perspective. *Journal of Thermal Science*, 29(4), 911–922.
- Lund-Durlacher, D., et al. (2019). Energy consumption patterns in household cooking: A global review. *Energy Reports*, 5, 894–902.
- Moussaoui, N., Rhiat, M., Lamkaddem, A., Malek, R., Kassmi, K., Schwarzer, K., Chayeb, H., & Bachiri, N. (2022). Innovative solar pressure cooker with parabolic trough concentrator using water vapor. *International Journal of Renewable Energy Research*, 12(3), 1216–1224. <https://doi.org/10.20508/ijrer.v12i3.13089.g8506>
- Nguyen, T., Pham, H., & Tran, D. (2019). Household cooking methods and energy efficiency: A comparative study. *Journal of Cleaner Production*, 225, 1167–1175.
- Pezzolla, F. (2020). Fuentes de energía para la cocina doméstica: una revisión de la eficiencia del GLP en cocinas domésticas. *Journal of Domestic Energy*, 32(3), 88–95.
- Sensini, P., Fiora, J., Iannelli, L., & Gil, S. (2018). Eficiencia energética en la cocción: ¿Cuáles son los artefactos de cocción más eficientes en Argentina? *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 41, 57–67. <http://eprints.natura.unsa.edu.ar/id/eprint/762>
- World Energy Outlook. (2023). *Global energy demand report 2023*. IEA. <https://www.iea.org>

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la vida, la fortaleza y la guía durante todo este proceso. A nuestros asesores, el Dr. Freddi Roland Rodríguez Ordoñez y el Ing. Cristhian Paúl Febre, por su dirección académica, sus orientaciones metodológicas y su permanente disposición para la revisión crítica de este trabajo. A los docentes Dr. Juan Darío Ríos Mera y a la Mg. Andrea Fioreli Velarde Santoyo, personal de laboratorio y compañeros que brindaron apoyo técnico y logístico, así como a todas las personas que de manera directa o indirecta, contribuyeron a la culminación de esta investigación.

DEDICATORÍA

Dedicamos este trabajo a nuestros padres, por su amor incondicional, ejemplo y apoyo constante, nuestros familiares y amigos, por su compañía, ánimo y comprensión a lo largo de esta etapa.

ANEXOS

Anexo A: Carta de solicitud de uso del Laboratorio de Tecnología de Alimentos y sus equipos.

AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA

Jaén, 16 de julio de 2025

CARTA N.º 901-2025-JCMB

PARA:

Responsable del Departamento Académico de Ingeniería de Industrias Alimentarias
Universidad Nacional de Jaén

ATENCIÓN:

Dr. Juan Darío Ríos Mera

Responsable del Laboratorio de Tecnología de Alimentos
Universidad Nacional de Jaén

ASUNTO: SOLICITUD DE USO DEL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS Y SUS EQUIPOS

Por medio de la presente, nos dirigimos a usted con el fin de solicitar formalmente el uso del Laboratorio de Tecnología de Alimentos y sus equipos.

Somos los tesisistas Gerald Junior Flores Rojas y Ginomino Giuseppe Leyva Fernández, y actualmente nos encontramos ejecutando el proyecto de tesis titulado:

"Análisis de la eficiencia energética en la cocción de alverja (*Pisum sativum*) con GLP utilizando ollas a presión y ollas convencionales", por lo cual requerimos el uso del mencionado laboratorio y sus equipos, los cuales son fundamentales para el desarrollo de las pruebas experimentales. Tenemos previsto utilizar el laboratorio durante el periodo comprendido entre el 16 de julio de 2025 y el 25 de julio de 2025.

Adjuntamos a la presente la resolución del proyecto de tesis "Resolución N.º 260-2025-UNJ/FI".

Agradecemos de antemano su atención y quedamos a disposición para



proporcionar cualquier información adicional que se considere necesaria o coordinar una reunión para discutir esta solicitud en mayor detalle.

Sin otro particular, nos despedimos cordialmente.

Atentamente,



Flores/Rojas Gerald Junior
Correo: gerald.flores@est.unj.edu.pe
Celular: 920057564



Leyva Fernández Ginomino Giuseppe
Correo: ginomino.leyva@est.unj.edu.pe
Celular: 912585285

Anexo B: Corridas piloto de validación del sistema de medición del consumo de GLP

Corrida	Método	Muestra (agua + alverja)	Masa inicial del balón (m_0) [kg]	Masa final del balón (m_1) [kg]	Consumo GLP ($\Delta m = m_0 - m_1$) [kg]	Tiempo de combustión [min]	Temperatura ambiente [°C]	Observaciones
1	OC	100 g alverja + 500 mL agua	20.005	19.925	0.08	55	23	Cocción lenta; granos aún duros tras 50 min; evaporación visible.
2	OC	100 g alverja + 500 mL agua	19.925	19.855	0.07	50	23	Se observó hervor continuo; los granos ablandaron parcialmente.
3	OC	150 g alverja + 1000 mL agua	19.855	19.77	0.085	60	23	Cocción uniforme, ligera pérdida de agua; textura semi-blanda.
4	OC	150 g alverja + 1200 mL agua	19.77	19.67	0.1	65	23	Evaporación notable; cocción completa tras 60–65 min.
5	OC	100 g alverja + 1500 mL agua	19.67	19.578	0.092	60	23	Granos bien cocidos; exceso de agua residual.
6	OP	100 g alverja + 1000 mL agua	19.578	19.555	0.023	20	23	Cocción completa en corto tiempo; presión estable.
7	OP	100 g alverja + 500 mL agua	19.555	19.53	0.025	15	23	Textura blanda y homogénea; sin pérdida visible de agua.
8	OP	150 g alverja + 1000 mL agua	19.53	19.5	0.03	16	23	Cocción óptima; sin residuos crudos; vapor controlado.
9	OP	100 g alverja + 1000 mL agua	19.5	19.465	0.035	17	23	Cocción pareja; ligera condensación interna.
10	OP	100 g alverja + 1500 mL agua	19.465	19.424	0.041	19	23	Cocción completa; sin pérdidas térmicas notables.

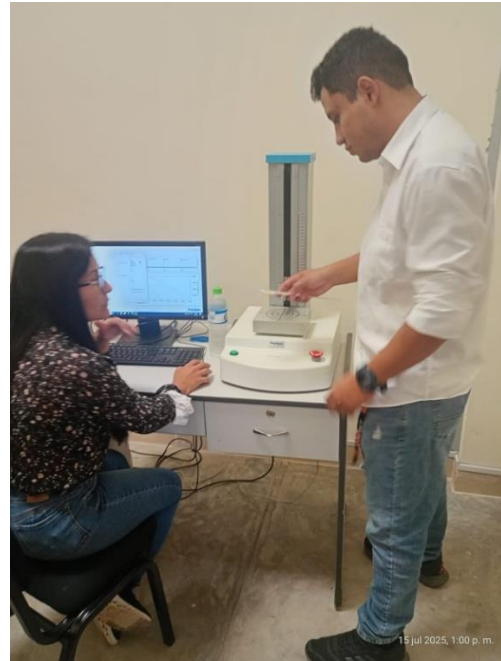
Anexo C: Panel de fotos en del proceso de diseño



En las fotografías se observa a la M.Sc. Ing. Andrea Fioreli Velarde Santoyo realizando la evaluación sensorial de las muestras de alverja cocidas mediante los métodos de olla a presión (OP) y olla convencional (OC). La evaluación se centró en determinar el nivel de cocción óptimo según la textura (blanda,

homogénea y fácil de masticar), utilizando criterios de insuficiente, adecuado o excesivo.

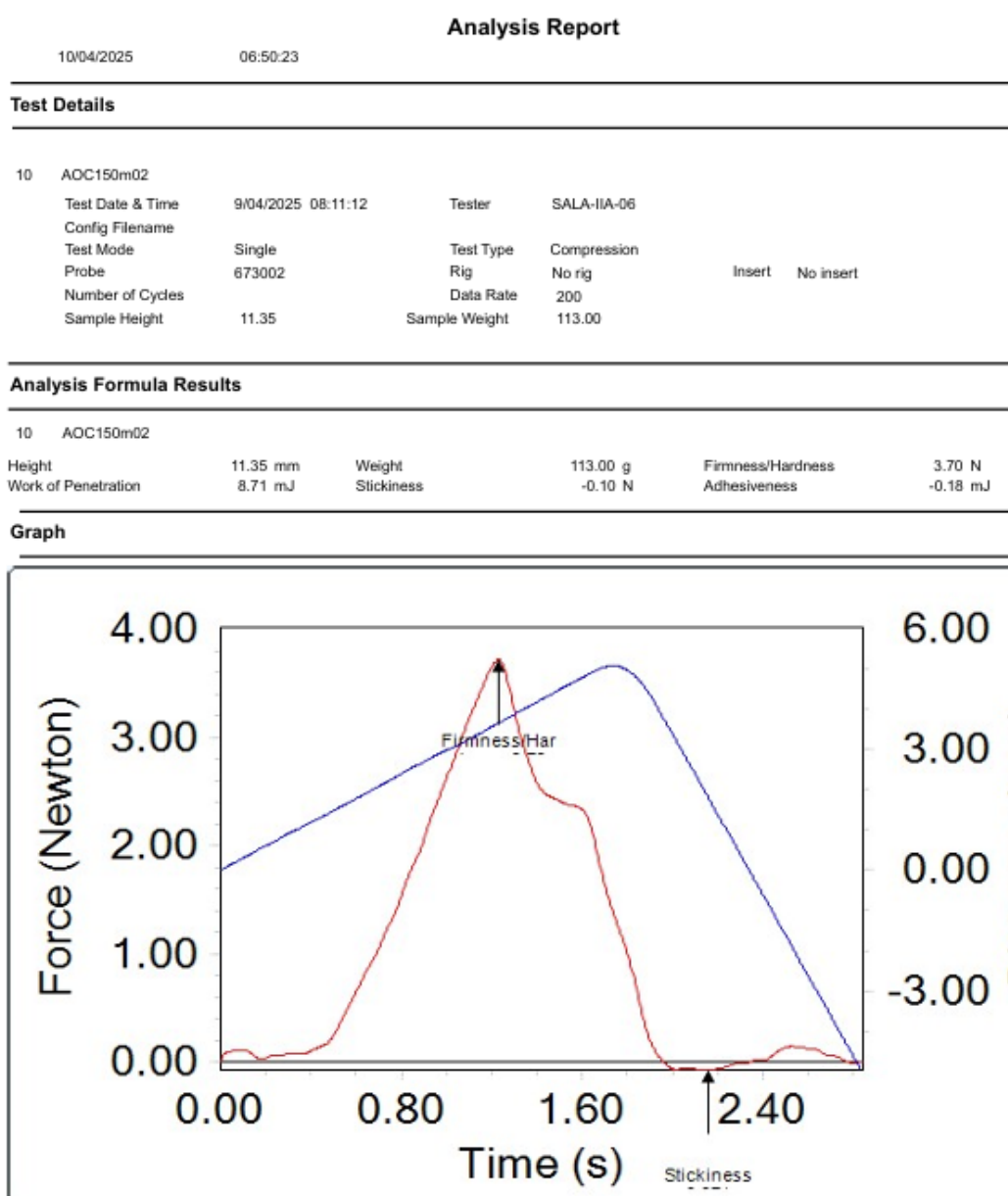
Anexo D: Panel de fotos en del proceso de evaluación



En las fotografías se aprecia el análisis instrumental de la textura de las alverjas cocidas, utilizando el texturómetro modelo TVT-6700 de la marca Pertec Instruments. Este equipo permite determinar propiedades mecánicas como

firmeza, cohesividad y adhesividad, parámetros esenciales para definir el punto de cocción óptimo y comparar objetivamente la calidad entre los métodos OP y OC, con el apoyo del Dr. Juan Darío Ríos Mera.

Anexo E: Reporte de análisis de textura de alverja cocida (curva fuerza–penetración, compresión uniaxial) — firmeza 3.70 N y trabajo de penetración 8.71 mJ



El gráfico corresponde al análisis instrumental de textura de una muestra de alverja cocida mediante olla a presión. En el eje vertical se representa la fuerza

(N) aplicada por el texturómetro y en el eje horizontal el tiempo (s) y la distancia de penetración (mm).

Anexo F: Ficha de Evaluación Sensorial

Anexo

Ficha de Evaluación Sensorial

Propósito: Determinar el punto de cocción ideal de las alverjas (*Pisum sativum*) mediante la evaluación sensorial de la textura, realizada por expertos en alimentos.

Datos generales

- Fecha de Evaluación: 11 de Julio del 2025.
- Lugar de Evaluación: Laboratorio de Tecnología de Alimentos - UNJ.
- Nombre del Evaluador: M.Sc. Ing. Andrea Frouli Velarde Santayo.
- Especialidad: Ingeniera en Industrias Alimentarias/Gestión de calidad e inocuidad de alimentos
- Condición de la Evaluación: Cocina controlada bajo condiciones estandarizadas.

Instrucciones para la evaluación


1. Evalúe las alverjas cocidas inmediatamente después del proceso de cocción para evitar alteraciones en la textura.
2. Registre el nivel de cocción según las categorías proporcionadas.
3. Completar los campos asignados para cada muestra.

Ficha de registro

Muestra	Método de cocción	Cantidad de alverjas (kg)	Nivel de cocción (insuficiente, adecuado, excesivo)	Observaciones
1	Olla a presión	0.1	Adecuado	Textura blanda
2	Olla convencional	0.1	Insuficiente	Grano duro
3	Olla a presión	0.15	Adecuado	Cocción Uniforme
4	Olla convencional	0.15	Adecuado	Grano Suave
5	Olla a presión	0.1	Adecuado	Textura Agradable
6	Olla convencional	0.15	Excesivo	Granos blandos
7	Olla a presión	0.1	Adecuado	Cocción óptima
8	Olla convencional	0.1	Insuficiente	Cocción irregular
9	Olla a presión	0.1	Adecuado	Cocción completa
10	Olla convencional	0.1	Excesivo	Textura blanda

Criterios de evaluación

- **Insuficiente:** La textura de la alverja es dura y difícil de masticar.
- **Adecuado:** La textura de la alverja es blanda, homogénea y fácil de masticar.
- **Excesivo:** La textura de la alverja es demasiado blanda, llegando a deshacerse.


 M.Sc. Ing. Andrea Frouli Velarde Santayo
 DNI. N°: 43813987.