# INFLUENCIA DEL ESTADO DE LA REJILLA Y CÁMARA DE COMBUSTIÓN EN EL DESEMPEÑO DE LAS COCINAS MEJORADAS MODELO INKAWASI

Influencia del estado de la rejilla y cámara de combustión
en el desempeño de las cocinas mejoradas modelos Inkawasi

Cooperación Alemana al Desarrollo – Agencia de la GIZ en el Perú

Prolongación Arenales 801

Lima 18, Perú

Teléfono: (511)422-9067

giz-peru@pe.giz.de

Esta publicación se realizó en el marco del
Proyecto Energía, Desarrollo y Vida - EnDev/GIZ

**Autores:**
Ing. José Humberto Bernilla
Dra. Ana Moreno
Lic. Carlos Cabezudo

Fecha de edición:
Agosto 2014 Lima, Perú



# ABSTRACT

The purpose of the present report is to 1. Evaluate the effect of deterioration of the grate and combustion chamber on thermal efficiency and specific fuel consumption of three improved wood stoves of the Inkawasi type 2. Make a projection on the need for replacement of metal grates and chimneys of the three improved wood stoves of the Inkawasi type.

A water boiling test (WBT) was used to investigate the wear and tear of the two main components, the grate and the combustion chamber, of the three different improved cook stoves: Inkawasi Uk, Inkawasi Tawa y Inkawasi Pichqa. These stoves were selected as they are the ones that has been most disseminated of all stoves promoted by EnDev Peru. In total 27 Water Boiling Tests (WBT) were carried out, three for each stove and conditions: grate and combustion chamber in good, partly damaged and damaged state.

The results show that the deterioration of the grid negatively affects firewood savings of the Tawa and Pichqa model. While the partial or total deterioration of the combustion chamber has little influence on firewood savings of the first mentioned model, it has a negative effect on the Pichqa stove. In comparison, the total deterioration of the grid and the combustion chamber do not affect fuel savings of the UK model. Even with damaged parts it still fulfills the EnDev minimum requirements of 30% savings for chimney stoves.

Based on these results is was decided to estimate the need of replacement of the metal grate and the combustion chamber for the improved wood stoves disseminated by EnDev Peru between 2007 and 2013. Due to economic considerations, no separate study was carried out; instead it was taken advantage of the available information of a survey, using a representative sample, done by IPSOS and EnDev Peru in 2012[1] .

With the"survival function" of Kaplan Meier (probability of survival) the probability of occurrence of negative events, total distortion of grate and total damage of combustion chamber, was simulated. Damage of these essential parts requires replacement to ensure optimal performance of the stove. The results were applied to the projects database in order to know how much of the grates and combustion chambers have to be replaced in 2014.
The calculation revealed an average lifespan for grates of 45 months and for combustion chamber of 52 months.

The deterioration test clearly showed that a damaged metal grate significantly effects stoves efficiency in a negative way. According to the projection made, the departments of Arequipa, Cusco, Ayacucho and La Libertad were identified as those with a high number of stoves that require replacement of this essential part.

1 "Evaluación del nivel de información del buen uso y mantenimiento de Cocinas Mejoradas entre usuarias. Experiencias y percepciones en la Macro Región Sur (Tacna, Moquegua, Arequipa)", IPSOS & EnDev Peru, 2013

# CONTENIDO


**INTRODUCCIÓN** ..... 6

**I. INFLUENCIA DEL ESTADO DE LA REJILLA Y CÁMARA DE COMBUSTIÓN EN LA DESEMPEÑO DE 3 COCINAS MODELOS DE COCINA INKAWASI** ..... 10

**A. OBJETIVO DEL ESTUDIO, TIPO DE ESTUDIO, PRUEBAS, EQUIPOS, INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN PARA MEDIR DESEMPEÑO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MODELOS INKAWASI** ..... 10

A.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO ..... 10
A.2. TIPO DE ESTUDIO ..... 10
A.3. PRUEBA WBT VERSIÓN 4.2.2 ..... 10
A.4. EQUIPOS DE MEDICIÓN ..... 11
A.5. CARACTERÍSTICAS DE LAS COCINAS INKAWASI SELECCIONADAS ..... 12

**B. PROCEDIMIENTOS** ..... 16

B.1. CONSTRUCCIÓN DE COCINAS MEJORADAS ..... 16
B.2. DEFINICIÓN DE LOS ESTADOS DE CÁMARA DE COMBUSTIÓN Y LA REJILLA ..... 16
B.3. APLICACIÓN DE WBT 4.2.2 ..... 17

**C. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS** ..... 19

C.1. SOBRE LA REJILLA ..... 19
C.2. SOBRE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN ..... 19

**II. REEMPLAZO DE REJILLAS Y CÁMARA DE COMBUSTIÓN SEGÚN REGIONES** ..... 24

**A. OBJETIVO, METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO** ..... 25

A.1. OBJETIVO ..... 25
A.2. METODOLOGÍA ..... 25
A.3. PROCEDIMIENTO ..... 26

**B. RESULTADOS** ..... 28

B.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS KAPLAN MEIER (KM) APLICADO A LAS PARRILLAS METÁLICAS ..... 29
B.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS KAPLAN MEIER (KM) APLICADO A LAS CÁMARAS DE COMBUSTIÓN ..... 30
B.3. FUNCIONES DE SUPERVIVENCIA ..... 31
B.4. REEMPLAZO DE PARTES DE COCINAS MEJORADAS ..... 32
B.5. REEMPLAZO DE PARTES DE COCINAS MEJORADAS SEGÚN REGIONES ..... 34
B.6. REEMPLAZO DE PARTES DE COCINAS MEJORADAS SEGÚN PROVINCIAS ..... 38
B.7. MAPAS REGIONALES Y PROVINCIALES ..... 40

**III. CONCLUSIONES PRINCIPALES** ..... 43

**IV. RECOMENDACIONES** ..... 45

**V. BIBLIOGRAFÍA** ..... 47

**VI. ANEXOS** ..... 49

MAPAS DE DISTRIBUCIÓN DE PARRILLAS Y CÁMARAS DE COMBUSTIÓN POR PROVINCIAS ..... 50
SIMULACIÓN DE LA PROYECCIÓN DE REEMPLAZO DE PARTES HASTA EL 2018 ..... 52

# INTRODUCCIÓN

El documento presenta los resultados del grado de influencia que existe entre el deterioro de la rejilla y cámara de combustión en el desempeño de 03 modelos de cocina Inkawasi[2] . Asimismo se presenta la proyección de reemplazos de rejillas y cámaras de combustión totalmente deterioradas de dichos modelos en 15 regiones del país.

Para conocer el grado de influencia, se realizó un ensayo destructivo a la rejilla y cámara de combustión. Se aplicó 9 pruebas de ebullición de agua (WBT 4.2.2.)[3] a cada modelo, realizándose un total de 27 pruebas WBT.

Los modelos se diferencian por el tipo de material del que están hechas la cámara de combustión. En la Inkawasi Uk la cámara de combustión está compuesta por arcilla refractaria. La Inkawasi Tawa de ladrillo pastelero con pandereta y la Inkawasi Pichqa de ladrillo pandereta mecanizado. Se seleccionaron estos modelos debido a que son las más implementadas en el país con la asistencia técnica del Proyecto Energía Desarrollo y Vida - EnDev- Perú.

Los resultados muestran que el deterioro total de la rejilla afecta negativamente en el ahorro de leña en los modelos Tawa y Pichqa. En el caso del deterioro parcial o total de la cámara de combustión, tienen poca influencia en el ahorro de leña. Con excepción del modelo Pichqa que la afecta negativamente. En cambio, el deterioro total de la rejilla y la cámara de combustión del modelo Uk, no le afecta negativamente en el ahorro de leña.

Paralelamente se realizó una proyección sobre el número de reemplazos de rejilla y cámara de combustión totalmente deterioradas en cocinas mejoradas implementadas entre el 2007 al 2013.
Para ello se aprovechó los resultados de cuatro preguntas[4] del estudio de evaluación sobre el nivel de información de buen uso y mantenimiento realizado en el año 2012 por la empresa IPSOS apoyo por encargo de EnDev-Perú. El estudio tuvo una representatividad del 95%. [5]

Las preguntas seleccionadas sirvieron para realizar el análisis de supervivencia de Kaplan Meier (KM), y conocer las funciones de supervivencia de la rejilla y la cámara de combustión. Se utilizó como eventos negativos o mortandad de partes (vida útil) a la "rejilla totalmente derretida" y la "cámara de combustión totalmente rajada", situaciones que obligan su reemplazo, a fin de mantener en óptimas condiciones la cocina mejorada.

2 Modelos de cocina Inkawasi Uk, Tawa y Pichqa,
3 WBT por sus siglas en inglés. La prueba de Ebullición de Agua es una simulación simple del proceso de cocción con la finalidad de medir cuan eficiente es una estufa en utilizar combustible para calentar el agua en una olla y la cantidad de emisiones producidas durante el proceso http://community.cleancookstoves.org/files/405
4 Las preguntas consideradas fueron ¿Hace cuánto tiempo tiene una cocina mejorada en su vivienda, ¿La parrilla metálica está completa, un poco derretida o totalmente derretida?, ¿La cámara de combustión está sin rajaduras, con algunas rajaduras o totalmente rajada?, ¿Usted suele usar su cocina mejorada, siempre, a veces o nunca?
5 Evaluación del nivel de información del buen uso y mantenimiento de Cocinas Mejoradas entre usuarias. Experiencias y percepciones en la Macro Región Sur (Tacna, Moquegua, Arequipa)



Con el método de KM se generó funciones de supervivencia (probabilidad de sobrevivencia), de estas partes y se calculó la probabilidad de ocurrencia de eventos negativos (rejilla [6]totalmente derretida y a la cámara de combustión totalmente rajada). Información que luego se aplicó a la base de datos de EnDev-Perú permitiendo conocer la cantidad de rejillas y cámara de combustión a ser reemplazadas hasta el 2019.

Un dato interesante, que se refrenda con la observación directa de trabajo de campo y del estudio del ensayo destructivo, es que la rejilla tiene una vida útil de 45 meses mientras que la cámara de combustión de 52 meses.

Como una conclusión final se observa que la rejilla o parrilla metálica cumple un papel importante en el funcionamiento de las cocinas mejoradas. En ese sentido, según los resultados del estudio de proyección, los departamentos que requieren un reemplazo de rejillas de manera inmediata son los departamentos de Arequipa, Cusco, Ayacucho y La Libertad.

6 Eventos negativos o mortandad es el término técnico utilizado por el método KM. En el caso del estudio se refiere el final de la vida útil de la rejilla y la cámara de combustión.

# I. INFLUENCIA DEL ESTADO DE LA REJILLA Y CÁMARA DE COMBUSTIÓN EN EL DESEMPEÑO DE 3 MODELOS INKAWASI

# I. INFLUENCIA DEL ESTADO DE LA REJILLA Y CÁMARA DE COMBUSTIÓN EN EL DESEMPEÑO DE 3 COCINAS MODELOS INKAWASI.

Para conocer la influencia del estado de la rejilla y la cámara de combustión en el desempeño de las cocinas, se realizaron combinaciones[7] del estado de la rejilla y la cámara de combustión y se aplicó la prueba WBT 4.2.2 a cada combinación. Realizándose 9 pruebas por modelo de cocina. El deterioro de la partes se realizó a través de procesos destructivos en laboratorio.

## A. OBJETIVO DEL ESTUDIO, TIPO DE ESTUDIO, PRUEBAS, EQUIPOS, INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN PARA MEDIR DESEMPEÑO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MODELOS INKAWASI

### A.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO

Evaluar el grado de influencia de los estados de la rejilla y la cámara de combustión en el desempeño de 3 modelos de cocinas mejoradas Inkawasi (Uk, Tawa y Pichqa) aplicando la prueba WBT 4.2.2

### A.2. TIPO DE ESTUDIO

Estudio experimental de ensayo destructivo de partes de la cocina mejorada.

### A.3. PRUEBA WBT VERSIÓN 4.2.2[8]

La prueba WBT 4.2.2 evalúa el desempeño de la cocina mejorada al completar una tarea estándar (hervir agua y cocer a fuego lento) en un ambiente controlado y determina su eficiencia de transferencia de calor y el consumo especifico de combustible a baja potencia.

Es un método simple con el cual las cocinas fabricadas en diferentes lugares y con diferentes aplicaciones de cocción pueden ser comparadas a través de una prueba estandarizada y replicable. Además nos indica el rendimiento técnico de una cocina, pero no es necesariamente lo que se puede lograr en los hogares reales.

Para el recojo de información se utilizó:

- Planilla de recolección de datos WBT 4.2.2: es un instrumento que permite tomar nota de todas las mediciones realizadas durante la prueba.

7 ver cuadro N° 4 Combinaciones y números de pruebas realizadas por cocina
8 http://community.cleancookstoves.org/files/405





- Hoja de cálculo del WBT4.2.2[9] : instrumento que sirve para calcular y analizar las variables medidas.

### A.4. EQUIPOS DE MEDICIÓN

Los equipos utilizados para efectuar las pruebas del rendimiento de la cocina se especifican en el cuadro N° 1.

**CUADRO N° 1**

**EQUIPOS UTILIZADOS EN LA PRUEBA DE EBULLICIÓN DE AGUA - WBT**

| NOMBRE DEL EQUIPO | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | N° DE EQUIPO |
|---|---|---|
| Balanza digital | De capacidad de 6kg resolución de 0.001kg | 1 |
| Termómetro digital | Con precisión de 1ºC, con termocupla de inmersión en líquidos. | 1 |
| Cronómetro | Digital, con precisión de 1/100 s. | 1 |
| Ollas de aluminio | Número 26, capacidad mayor a 6L | 2 |
| Bandeja de metal | Con capacidad mínima de 2 litros de agua | 1 |
| Pinzas | De latón 12cm. para manipular carbón | 1 |
| Espátula | 50cm de largo con mango de madera. | 1 |
| Guantes | Con protección térmica | 1 |

9 http://community.cleancookstoves.org/files/411

## A.5. CARACTERÍSTICAS DE LAS COCINAS INKAWASI SELECCIONADAS

Los modelos se diferencian por el tipo de material que están hechas la cámara de combustión. La Inkawasi Uk es de arcilla refractaria. La Inkawasi Tawa es de ladrillo pastelero con pandereta, mientras que el modelo Pichqa está compuesta exclusivamente de ladrillo pandereta. Se eligieron estos modelos de cocina debido a que son las que más se han implementado con la asistencia técnica del Proyecto Energía Desarrollo y Vida - EnDev- Perú.

- El Armazón o base de la cocina, es la estructura en donde se instalan los diferentes componentes y accesorios de la cocina, puede ser elaborada con materiales de albañilería local (adobe y barro, cemento y ladrillo, etc.)

- La cámara de combustión, es el espacio en donde se genera el fuego. Pueden ser construidas con piezas de material refractario (arcilla cocida), adobes de barro mejorado, ladrillo pandereta o ladrillo pandereta con ladrillo pastelero, dependiendo del modelo de cocina Inkawasi.

- La losa de ferrocemento, es la parte de la cocina en donde van las hornillas y se colocan las ollas, las cuales van sumergidas parcialmente para darle estabilidad y evitar que se vuelquen.

- La Chimenea, permite mantener una adecuada circulación del aire dentro de la cámara de combustión y evacuar los gases de forma eficaz. Consta de un tubo de plancha galvanizada de 0.55mm de espesor, 12cm de diámetro y 2m de altura y revestido en la base con barro mejorado, adobe o ladrillo para evitar accidentes por quemaduras.

- La rejilla o plataforma metálica emparrillada, se utiliza como soporte de leña y como entrada del oxígeno para una mejor combustión. Está hecha de fierro corrugado de 3/8".

- El soporte de las ollas, consta de 4 varillas de fierro de ½"de diámetro x 45cm de largo y se colocan en las hornillas para dar soporte a las ollas.





**FIGURA 1**

**MODELO INKAWASI UK**

La cámara de combustión está compuesta por 7 piezas de arcilla refractaria de producción artesanal. Al momento de la instalación las piezas son acopladas utilizando un alambre de amarre N° 16, asegurando que se mantengan juntas. En la parte frontal se encuentra el suministro de leña en donde se ubica la rejilla fija y un cenicero para la remoción de cenizas y la oxigenación del fuego.

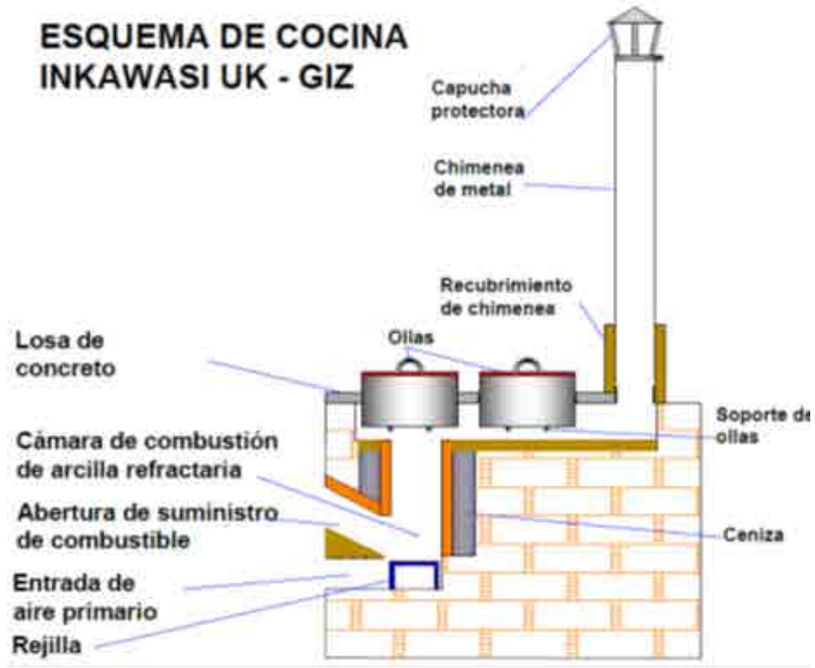


**FIGURA 2**

## MODELO INKAWASI TAWA

La cámara de combustión está compuesta por nueve ladrillos pandereta y cinco ladrilleros pastelero Al momento de la instalación las piezas son acopladas con alambre de amarre Nº 16, asegurando que se mantengan juntas. En la parte frontal se encuentra el suministro de leña en donde se ubica la rejilla para soporte de leña y la oxigenación del fuego.

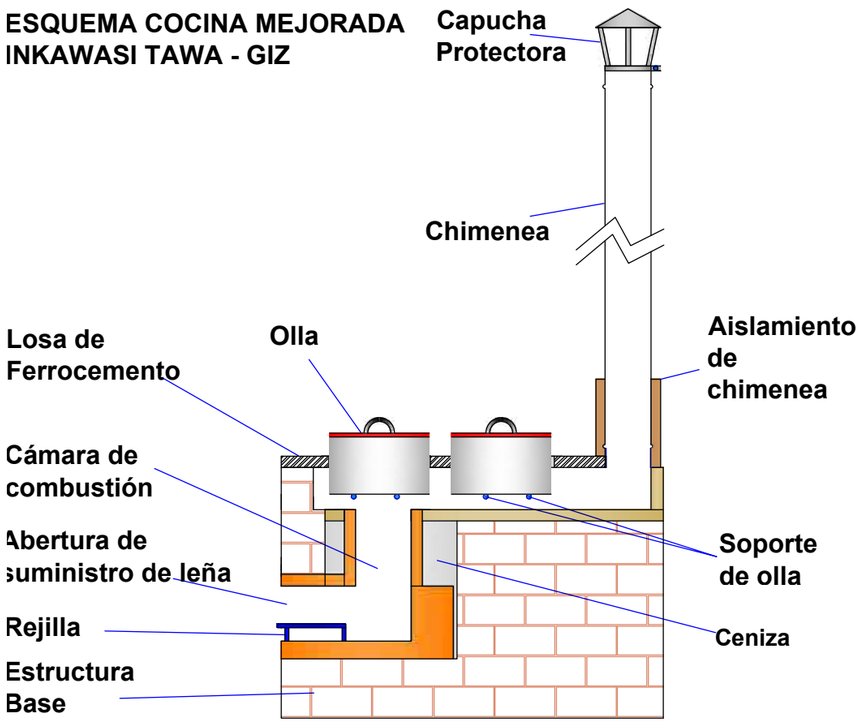


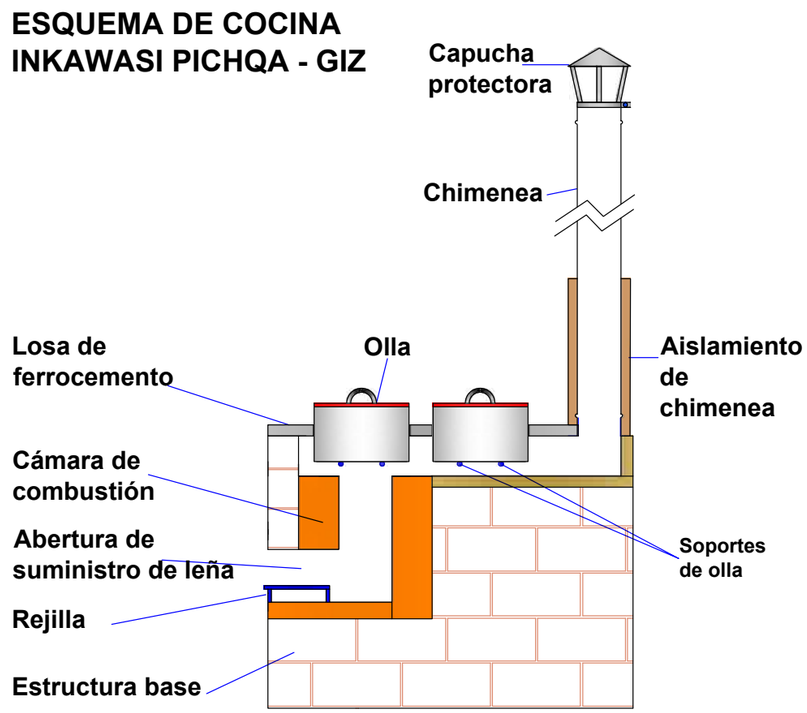





**FIGURA 3**

## MODELO INKAWASI PICHQA

La cámara de combustión está compuesta por 17 ladrillos pandereta acoplado con barro mejorado.



## B. PROCEDIMIENTOS

### B.1. CONSTRUCCIÓN DE COCINAS MEJORADAS

Se construyeron los tres modelos de cocina mejorada Inkawasi – GIZ

**FOTO 1**
COCINAS MEJORADAS CONSTRUIDAS PARA EL ENSAYO DESTRUCTIVO

### B.2. DEFINICIÓN DE LOS ESTADOS DE LA REJILLA Y CÁMARA DE COMBUSTIÓN

Se construyeron los tres modelos de cocina mejorada Inkawasi – GIZ

**CUADRO N° 2**

| ESTADOS DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN | | |
|---|---|---|
| BUENA | PARCIALMENTE DETERIORADA | TOTALMENTE DETERIORADA |
| Reúne las especificaciones técnicas recomendadas en los expedientes técnicos. | Ha sufrido cambios geométricos producto de las tensiones térmicas en el área de la entrada de leña y al menos dos caras de la zona de fuego están fisuradas. | Al menos 1 cara se encuentra totalmente rajada y la abertura de entrada de leña ha sufrido gran desgaste hacia los costados. |
| | | |





**CUADRO N° 3**

| ESTADOS DE LA REJILLA | | |
|---|---|---|
| BUENA | PARCIALMENTE DETERIORADA | TOTALMENTE DETERIORADA |
| Rejilla con las patas de apoyo íntegros y a lo máximo con una barra desgastada por corrosión por efecto de la alta temperatura (15% de barras de soporte de leña están deterioradas). | Rejilla con patas de apoyo con inicios de desgaste por corrosión y deterioro de las barras de soporte de leña entre el 15 al 45% | Rejilla con 2 barra de apoyo totalmente desgastado y con desgaste por corrosión de las barras de soporte de leña mayor al 45%.No oxigena por debajo a la leña (similar a no tener rejilla). |
| | | |

### B.3. APLICACIÓN DE LA PRUEBA DE EBULLICIÓN DE AGUA WBT

Tomando en consideración los estados de estas dos partes de la cocina, se realizaron combinaciones con los tres estados de cada una de ellas por cada cocina. Se realizaron 9 pruebas por cada cocina, realizando en total 27 pruebas WBT.

## CUADRO N° 4

| COMBINACIONES Y NUMERO DE PRUEBAS REALIZADAS POR COCINA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| CÁMARA DE COMBUSTIÓN | | | | |
| | | BUEN ESTADO | PARCIALMENTE DETERIORADA | TOTALMENTE DETERIORADA |
| REJILLA | BUEN ESTADO | Prueba 1 WBT | Prueba 4 WBT | Prueba 7 WBT |
| | PARCIALMENTE DETERIORADA | Prueba 2 WBT | Prueba 5 WBT | Prueba 8 WBT |
| | TOTALMENTE DETERIORADA | Prueba 3 WBT | Prueba 6 WBT | Prueba 9 WBT |

Las combinaciones para la aplicación del WBT se muestran en el cuadro N° 4.

Para la comparación se realizaron pruebas de WBT 4.2.2 a un fogón de tres piedras proporcionados por el laboratorio de Sencico .Los resultados se muestran en el cuadro de abajo.

## CUADRO N° 5

| RESULTADOS DE PRUEBA DE EBULLICIÓN DE AGUA EN UN FOGÓN 3 PIEDRAS OBTENIDO EN EL LABORATORIO DE EVALUACIÓN DE COCINAS MEJORADAS SENCICO | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| MEDIDAS DE DESEMPEÑO | UNIDADES | TEST 1 | TEST 2 | TEST 3 | PROMEDIO |
| Eficiencia térmica en alta potencia | % | 10.1% | 10.1% | 8.9% | 9.68% |
| Consumo especifico de combustible a baja potencia | Mj/(min·l) | 0.144 | 0.147 | 0.133 | 0.141 |
| Consumo total de leña | G | 4838 | 4866 | 5240 | 4981.33 |





## C. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

### C.1. SOBRE LA REJILLA

El deterioro total de la rejilla afecta negativamente en el ahorro de leña en los modelos Tawa y Pichqa.

Según el punto A2 y figuras 2 y 3 del presente documento la rejilla se utiliza como soporte de leña y como entrada del oxígeno para una mejor combustión. Esto explica el efecto negativo que ocasiona la rejilla totalmente deteriorada. Suponemos que esto se da en todos los modelos que cuentan con este tipo de rejilla

### C.2. SOBRE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN

El deterioro parcial o total de la cámara de combustión, tiene poca influencia en el ahorro de leña, con excepción del modelo Pichqa que la afecta negativamente.

En el modelo Pichqa, la cámara de combustión está compuesta de ladrillo pandereta mecanizado. El grado de aislamiento es menor al de los otros dos modelos[10] (ver figura N° 3). Cuando se deteriora totalmente algunos ladrillos presenta fuga de calor en sentido lateral. Razón por la cual disminuye los valores de eficiencia a menos de 30% en ahorro de leña.

En la Tawa la composición de la cámara de combustión, por el lado en donde se produce la combustión, es de ladrillo pastelero (ver figura 2). En el caso de la UK es de arcilla refractaria (ver figura 1). Ambas cámaras están acopladas con alambre N° 16. Y están aisladas térmicamente con ceniza. Por ello al estar parcial o totalmente deteriorada (rajada) en cualquiera de sus lados la ceniza no se desplaza al interior de la cámara, manteniéndose el aislamiento térmico. Por ello el ahorro de leña es mayor al 30%.

En el caso del modelo Uk, en todos los estados de la rejilla y cámara de combustión, siempre es eficiente. Se debe, además de lo explicado líneas arriba, a su composición estructural. Como se aprecia en la figura 1, esta cuenta con una abertura para el suministro de leña y otra para la remoción de ceniza. Al momento que la cámara de combustión se deteriora totalmente la leña se soporta en la cuña de ladrillo la que cumple la función de la rejilla.

10 No lleva ceniza alrededor de la cámara.

Es bueno remarcar que los modelos se implementan de acuerdo a la disponibilidad de los materiales que existen en la zona, especialmente para la construcción de la cámara de combustión.

Como conclusión final podemos afirmar que el estado totalmente deteriorado de la rejilla removible influye negativamente en los modelos Tawa y Pichqa.

## CUADRO N° 6

| RESULTADOS DE PRUEBA WBT REALIZADO A LOS TRES MODELOS INKAWASI Y ESTADOS DE LA REJILLA Y CÁMARA DE COMBUSTIÓN | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | CÁMARA DE COMBUSTIÓN | | | | | | | | |
| | | BUEN ESTADO | | | PARCIALMENTE DETERIORADA | | | TOTALMENTE DETERIORADA | | |
| | | UK | TAWA | PICHQA | UK | TAWA | PICHQA | UK | TAWA | PICHQA |
| REJILLA | BUEN ESTADO | 43.68% | 38.06% | 33.97% | 44.20% | 39.03% | 38.61% | 36.50% | 38.91% | 32.03% |
| | PARCIALMENTE DETERIORADA | 42.90% | 34.17% | 30.00% | 41.83% | 40.34% | 33.67% | 35.00% | 31.42% | 28.80% |
| | TOTALMENTE DETERIORADA | 36.45% | 25.27% | 21.40% | 38.77% | 28.04% | 25.51% | 37.07% | 26.62% | 18.60% |



INFLUENCIA DEL ESTADO DE LA REJILLA Y CÁMARA DE COMBUSTIÓN EN
EL DESEMPEÑO DE LAS COCINAS MEJORADAS MODELO INKAWASI

# II. REEMPLAZO DE REJILLAS Y CÁMARA DE COMBUSTIÓN SEGÚN REGIONES

## II. REEMPLAZO DE REJILLAS Y CÁMARA DE COMBUSTIÓN SEGÚN REGIONES

A partir de los resultados obtenidos en el estudio Influencia del Estado de la Rejilla y Cámara de Combustión en la Influencia energética y Consumo de Combustible se decidió hacer una proyección sobre el número de reemplazos de rejilla (parrilla metálica) y cámara de combustión que se encuentran totalmente deterioradas que han sido implementadas con la asistencia técnica del Proyecto Energía Desarrollo y Vida - EnDev- Perú desde el 2007 hasta el 2013.

Debido al alto costo que implica realizar un estudio de campo para observar el estado de las rejillas y la cámara de combustión, se utilizaron los resultados de cuatro preguntas[11] del estudio de evaluación del nivel de información de buen uso y mantenimiento que se realizó en el año 2012 por IPSOS[12].
A partir de los resultados de estas cuatro preguntas se utilizó la metodología de análisis de supervivencia de Kaplan Meier (KM)[13] , con la finalidad de conocer la supervivencia (vida útil) de la rejilla y la cámara de combustión.

Se usó como eventos negativos o mortandad a la "rejilla totalmente derretida" y "cámara de combustión totalmente rajada", situaciones que obligarían a su reemplazo, a fin de mantener en óptimas condiciones la cocina mejorada.
Con el método de KM se generó funciones de supervivencia (probabilidad de sobrevivencia), de estas partes. Con estas funciones, se calculó la probabilidad de ocurrencia de estos eventos negativos (rejilla totalmente derretida" y a la "cámara de combustión totalmente rajada"), información que luego se aplicó a la base de datos de EnDev-Perú. Esto permitió conocer que cantidad de rejillas y cámaras de combustión totalmente derretidas y rajadas que son necesarias de reemplazar hasta el 2019.

Es bueno remarcar que al utilizarse fuente secundaria puede haber un error estadístico. pero nos basamos que el análisis de KM reduce dicho error. Además el nivel de confianza y tipo de muestra utilizada en el estudio Evaluación del nivel de información del buen uso y mantenimiento de Cocinas Mejoradas entre usuarias. Experiencias y percepciones en la Macro Región Sur (Tacna, Moquegua, Arequipa), fue del 95% con un margen de error +/- 5.1%. Por ello, preferimos decir directamente reemplazo de partes antes que estimados o proyectados, lo que motiva que las instituciones intervengan de manera efectiva.

11 Las preguntas consideradas fueron ¿Hace cuánto tiempo tiene una cocina mejorada en su vivienda, ¿La parrilla metálica está completa, un poco derretida o totalmente derretida?, ¿La cámara de combustión está sin rajaduras, con algunas rajaduras o totalmente rajada?, ¿Usted suele usar su cocina mejorada, siempre, a veces o nunca?
12 Evaluación del nivel de información del buen uso y mantenimiento de Cocinas Mejoradas entre usuarias. Experiencias y percepciones en la Macro Región Sur (Tacna, Moquegua, Arequipa)
13 El análisis de KM se explica en la página 16





## A. OBJETIVO, METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

### A.1. OBJETIVO

Proyectar el reemplazo de partes de rejillas y cámara de combustión de las cocinas mejoradas ubicadas por distrito.

### A.2. METODOLOGÍA

Se utilizó el Análisis de Supervivencia de Kaplan Meier (KM), con la finalidad de conocer las funciones de supervivencia de la parrilla metálica y de la cámara de combustión de la cocina mejorada (CM), utilizando datos de la encuesta realizada por IPSOS en el año 2012.

#### A.2.1. ANÁLISIS DE SUPERVIVENCIA DE KAPLAN MEIER (KM)

El análisis de supervivencia de Kaplan Meier (KM) es un estimador no paramétrico se utiliza para eventos que dependen del tiempo. Por ejemplo, en el caso de un paciente (enfermo), el tiempo que transcurre hasta la aparición de una complicación determinada (recaída, muerte, etc.). Para este informe se utilizó el dato la parrilla o rejilla metálica de la CM está totalmente derretida o la cámara de combustión está totalmente rajada, que se irán presentando progresivamente en el tiempo.

Hay dos variables importantes para la aplicación de este procedimiento, primero, es el tiempo (días, meses, o años), y que pueden ingresar en cualquier momento al estudio, y segundo, la aparición de un evento adverso (muerte, recaída en una enfermedad) en el caso del estudio, como se dijo en el párrafo anterior, evento adverso se refiere a la parrilla metálica totalmente derretida, cámara de combustión totalmente rajada.

Utilizando este procedimiento, en el caso de las cocinas mejoradas, existen un conjunto de partes (parrilla metálica/ rejilla, cámara de combustión, chimenea, etc.), que con el transcurrir del tiempo y debido al uso frecuente y otros factores, tienden a deteriorarse totalmente, siendo necesario su reemplazo, a fin de alargar la vida útil de la cocina mejorada. El análisis de los datos se realizó en el programa estadístico SPSS.

No se utilizó medias aritméticas, como edad promedio de vida de las rejillas o moda debido a que son análisis poco rigurosos para lo que se estaba buscando.

## A.3. PROCEDIMIENTO

### A.3.1. PREGUNTAS UTILIZADAS PARA EL ANALISIS DE SUPERVIVIENCIA DE KAPLAN MEIER

Para este estudio se usó las preguntas N° 1, 2, 33 y 34 del cuestionario Evaluación del nivel de información del buen uso y mantenimiento de Cocinas Mejoradas entre usuarias. Experiencias y percepciones en la Macro Región Sur (Tacna, Moquegua, Arequipa)

La pregunta 1, es la variable tiempo, la pregunta 2, solo se toma en cuenta la respuesta "siempre", que se refiere al uso frecuente de la CM, las preguntas 33 y 34, son los eventos negativos, al considerar solo la respuesta totalmente derretida (pgta. 33) y totalmente rajada (pgta. 34)[14] . Ver siguientes gráficos.

### A.3.2. TIEMPO DE SEGUIMIENTO

Es una variable cuantitativa expresada en días, meses, años, etc. indica el tiempo que ha tardado en llegar el evento negativo (rejilla o cámara de combustión totalmente rajada) analizado.

Está definido por la pregunta N° 1 del cuestionario de encuesta.

**GRÁFICO N° 1**

**PREGUNTA 1**

¿Hace cuánto tiempo tiene una cocina mejorada en su vivienda? (UNA SOLA RESPUESTA) (MOSTRAR TARJETA P1)

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Menos de 6 meses | 1 | Más de 1 a 2 años | 3 | Más de 3 a 4 años | 5 | NP |
| De 6 meses a 1 año | 2 | Más de 2 a 3 años | 4 | Más de 4 años | 5 | 99 |

14 El muestreo se realizó en varias etapas,. En la primera etapa se seleccionaron distritos, dentro de estos distritos se seleccionaron centros poblados, dentro de estos centros poblados se seleccionaron familias beneficiadas y en la última etapa se seleccionaron a la persona a entrevistar que es la usuaria de la cocina. se realizaron 1,255 encuestas distribuidas en 2 provincias de Moquegua, 4 provincias de Tacna y 8 provincias de Arequipa.





### A.3.3. ESTADO AL FINAL DEL SEGUIMIENTO

Para la definición del evento a esta pregunta se la convirtió en una variable categórica dicotómica, asignándose con el "1" a quienes tuvieron el evento negativo (parrilla totalmente derretida, cámara totalmente rajada) y la categoría "0" a los censurados o supervivientes, es decir; los que no tuvieron el evento analizado. Están definidos por las preguntas N° 33 y 34 del cuestionario de encuesta. Cabe señalar que esta era una observación. Es decir el encuestador observaba el estado de las partes.

**GRÁFICO N° 2**

**PREGUNTA 33**

¿La parrilla metálica está completa, un poco derretida o totalmente derretida? (UNA RESPUESTA)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Está completa | 1 | Un poco derretida | 2 | Totalmente derretida | 3 |

**PREGUNTA 34**

¿La cámara de combustión está sin rajaduras, con algunas rajaduras o totalmente rajada? (UNA RESPUESTA)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Sin rajaduras | 1 | Con algunas rajaduras | 2 | Totalmente rajada | 3 |

### A.3.4. CASOS INCLUIDOS EN EL ESTUDIO

Para estimar las funciones de supervivencia mediante el análisis KM, solo se consideró los casos que respondieron que la cocina mejorada es usada "siempre", de la pregunta N° 2 del cuestionario. No se consideró a las cocinas que se usan a veces debido a que su influencia es menor en el deterioro de la rejilla y la cámara de combustión.

## GRÁFICO N° 3

**PREGUNTA 2**

¿Usted suele usar su cocina mejorada, siempre, a veces o nunca? (UNA SOLA RESPUESTA)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Siempre | 1 | PASAR A P4 | Nunca | 96 | CONTINUAR CON P3 |
| A veces | 2 | CONTINUAR CON P3 | | | |

## B. RESULTADOS

Cómo se puede apreciar en el cuadro N°1 se hizo el cruce entre la pregunta tiempo que tiene su cocina mejorada con parrilla totalmente deteriorada y cámara de combustión totalmente rajada.

Se observa que a través del tiempo, las partes de la cocina mejorada, tales como la "parrilla metálica totalmente derretida" y la "cámara de combustión totalmente rajada", se van deteriorando a medida que más tiempo tiene las cocinas mejoradas, situación que obligaría a los usuarios a realizar los reemplazos respectivos.

### CUADRO N° 1

**COCINAS MEJORADAS QUE USAN SIEMPRE, SEGÚN TIEMPO DE TENENCIA - 2012**

| TIEMPO QUE TIENE SU COCINA MEJORADA | N° DE CIM | PARRILLA METÁLICA TOTALMENTE DERRETIDA | N° DE CIM | CÁMARA DE COMBUSTIÓN TOTALMENTE RAJADA |
|---|---|---|---|---|
| Menos de 6 meses | 7 | 0 | 7 | 0 |
| De 6 meses a 1 año | 126 | 22 | 126 | 4 |
| Más de 1 a 2 años | 308 | 91 | 308 | 15 |
| Más de 2 a 3 años | 163 | 45 | 163 | 12 |
| Más de 3 a 4 años | 214 | 67 | 215 | 23 |
| Más de 4 años | 92 | 33 | 94 | 22 |
| **TOTAL** | **910** | **258** | **913** | **76** |

**FUENTE:** Encuesta a usuarios de CM - GIZ - ENDEV Ipsos Apoyo, 2013





### B.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS KAPLAN MEIER (KM) APLICADO A LAS PARRILLAS METÁLICAS

Para conocer la vida útil de la parrilla, se aplicó el análisis de Kaplan Meier a los resultados del cuadro N°1 con las parrillas metálicas (rejillas) totalmente derretidas (el evento). Los resultados señalan que el tiempo de vida promedio de las parrillas metálicas está alrededor de 45 meses (44.8). Para ser estrictos con el análisis se considerará que los meses de vida útil de una rejilla son de 45 meses.

### CUADRO N° 2

**RESUMEN DEL PROCESAMIENTO DE LOS CASOS**

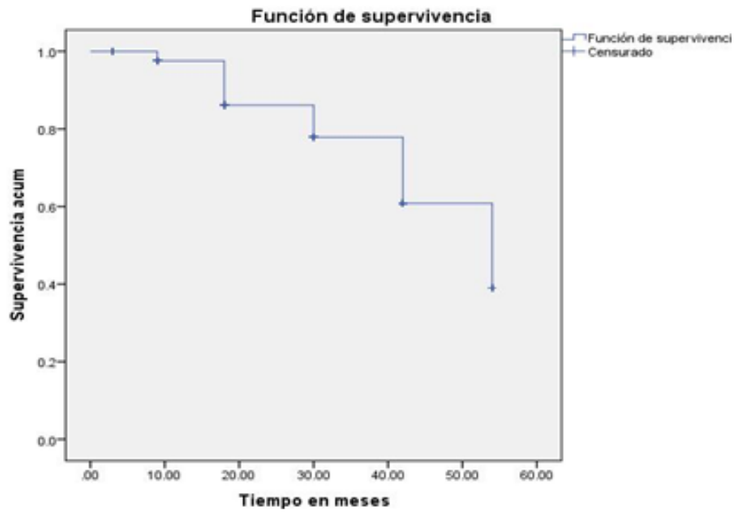
| N° DE TOTAL | N° DE EVENTOS | CENSURADO | |
|---|---|---|---|
| | | N° | PORCENTAJE |
| 910 | 258 | 652 | 71.6% |

### CUADRO N° 3

**MEDIAS Y MEDIANAS DEL TIEMPO DE SUPERVIVENCIA**

| MEDIA[a] | | | | MEDIANA | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ESTIMACIÓN | ERROR TÍPICO | INTERVALO DE CONFIANZA AL 95% | | ESTIMACIÓN | ERROR TÍPICO | INTERVALO DE CONFIANZA AL 95% | |
| | | LÍMITE INFERIOR | LÍMITE SUPERIOR | | | LÍMITE INFERIOR | LÍMITE SUPERIOR |
| 44.8 | 0.5 | 43.7 | 45.8 | 54.0 | 1.8 | 50.4 | 57.6 |

## GRÁFICO N° 4




### B.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS KAPLAN MEIER (KM) APLICADO A LAS CÁMARAS DE COMBUSTIÓN

Para conocer la vida útil de la cámara de combustión se hizo el mismo procedimiento que las rejillas. Se aplicó el análisis de Kaplan Meier a los resultados del cuadro N°1 con las cámaras de combustión totalmente rajadas (el evento). El resultado muestra que el tiempo de vida promedio de las cámaras de combustión es de 52 meses (51.7), es decir más de 4 años.

**CUADRO N° 4**

| RESUMEN DEL PROCESAMIENTO DE LOS CASOS | | | |
|---|---|---|---|
| N° DE TOTAL | N° DE EVENTOS | CENSURADO | |
| | | N° | PORCENTAJE |
| 913 | 56 | 837 | 91.7% |

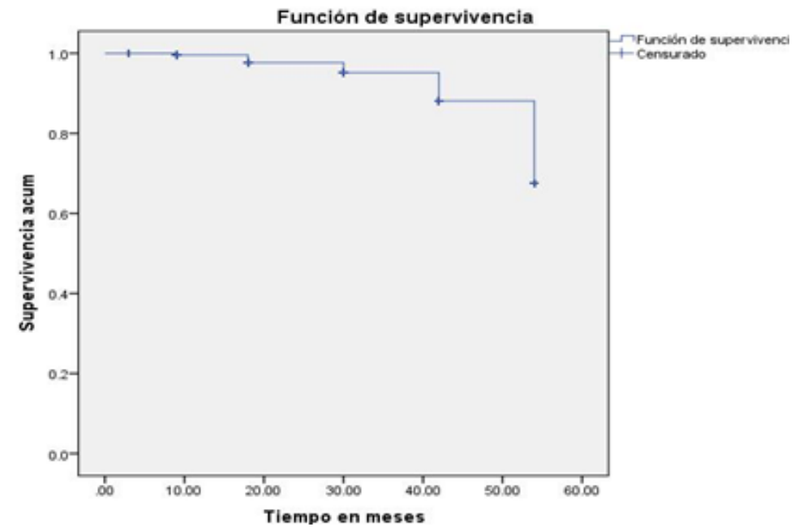
**CUADRO N° 5**

| MEDIAS Y MEDIANAS DEL TIEMPO DE SUPERVIVENCIA | | | |
|---|---|---|---|
| MEDIA[a] | | | |
| ESTIMACIÓN | ERROR TÍPICO | INTERVALO DE CONFIANZA AL 95% | |
| | | LÍMITE INFERIOR | LÍMITE SUPERIOR |
| 51.7 | 0.3 | 51.1 | 52.3 |





## GRÁFICO N° 5




### B.3. FUNCIONES DE SUPERVIVENCIA

Existe una mayor "mortandad" en el caso de las parrillas metálicas (totalmente derretidas) respecto de las cámaras de combustión (totalmente rajadas). Esto se debe a que la rejilla está más expuesta al fuego directo mientras que la cámara de combustión esta hecho de material resistente al fuego.

En el Cuadro N° 6, se puede observar las funciones de supervivencia y las probabilidades de ocurrencia de los eventos analizados, para ambas partes de las cocinas mejoradas.
Los datos en este cuadro, confirman lo observado en las curvas de la función de supervivencia (Gráficos N° 4 y 5), al afirmar que las parrillas tienen mayor "mortandad" es decir tienen menos vida útil, que las cámaras de combustión.

Por ejemplo, al revisar las parrillas metálicas y las cámaras de combustión con más de 4 años (Ver Cuadro N° 6), el primero indica que tiene una probabilidad de supervivencia de 0.3900542 en tanto que la cámara de combustión su probabilidad es 0.6746417, mucho más alto, por tanto las cámaras de combustión tienen una mayor supervivencia.

En otras palabras, las cámaras de combustión tienen una mayor duración.
Por otro lado, usando las funciones de supervivencia se obtiene las probabilidades de ocurrencia de los eventos negativos que estamos analizando. Para conocer estas probabilidades, se calcula restando de "1" las respectivas funciones de supervivencia (ver las dos últimas columnas del cuadro anterior).

Este último, el resultado será utilizado para estimar la cantidad de parrillas y cámaras que deberían ser reemplazados en las distintas regiones del país donde hubo intervención de la GIZ-EnDev, desde el año 2007 hasta el 2013. De este modo se podrá conocer la demanda de partes de los usuarios de las CM.

**CUADRO N° 6**

**FUNCIÓN DE SUPERVIVENCIA Y PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL EVENTO NEGATIVO DE LA PARRILLA METÁLICA Y LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN DE LAS COCINAS MEJORADAS - 2012**

| INTERVALO DE TIEMPO EN AÑOS | FUNCIÓN DE SUPERVIVENCIA | | PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL EVENTO | |
|---|---|---|---|---|
| | PARRILLA METÁLICA | CÁMARA DE COMBUSTIÓN | PARRILLA METÁLICA TOTALMENTE DERRETIDA | CÁMARA DE COMBUSTIÓN TOTALMENTE RAJADA |
| De 6 meses a 1año | 0.9756368 | 0.9955850 | 0.0243632 | 0.0044150 |
| Más de 1 a 2 años | 0.8613730 | 0.9764391 | 0.1386270 | 0.0235609 |
| Más de 2 a 3 años | 0.7787253 | 0.9516144 | 0.2212747 | 0.0483856 |
| Más de 3 a 4 años | 0.6082201 | 0.8807823 | 0.3917799 | 0.1192177 |
| Más de 4 años | 0.3900542 | 0.6746417 | 0.6099458 | 0.3253583 |
| **TOTAL** | **0.7306749** | **0.8572159** | **0.2693251** | **0.1427841** |

**NOTA:** La probalidad de ocurrencia del evento=(1 - función de supervivencia)
**FUENTE:** GIZ - ENDEV Encuesta a usuarios de CM, 2012

## B.4. REEMPLAZO DE PARTES DE COCINAS MEJORADAS

En el sistema de monitoreo de EnDev existen, (desde el 2007 al 2013 un total de 136,424 cocinas mejoradas para hogares, siendo las regiones de Cusco (34,781), La Libertad (20,443), Cajamarca (15,451) y Ayacucho (15,365), con el mayor número.





Para conocer la proyección de reemplazo de partes se utilizó las probabilidades de ocurrencia del evento (Cuadro N° 6), multiplicando por el número total de cocinas mejoradas según el tiempo transcurrido desde su instalación.

Es importante señalar que un 29.1% de cocinas mejoradas de las bases de datos de GIZ-EnDev no tienen fecha de instalación (39,746), por tanto no se puede obtener el tiempo transcurrido desde su instalación hasta la fecha (mayo 2014). En este caso, para estimar los reemplazos, se aplicará el promedio general de las probabilidades de ocurrencia del evento (Cuadro N° 6)

En los cuadros siguientes se muestra los resultados del producto de las probabilidades de ocurrencia del evento por el número de cocinas mejoradas, de este modo se obtiene el número estimado de parrillas metálicas a ser reemplazadas (51,108) y la cantidad estimada de cámaras de combustión (22,903) para su reemplazo. Ver Cuadros N° 7 y 8.

**CUADRO N° 7**

**RESUMEN DEL PROCESAMIENTO DE LOS CASOS**

| INTERVALO DE TIEMPO EN AÑOS | Nº DE COCINAS MEJORAS | PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL EVENTO | Nº DE PARRILLAS METÁLICAS TOTALMENTE DERRETIDAS |
|---|---|---|---|
| 1 - 2 años | 5,431 | 0.1386270 | 753 |
| 2 - 3 años | 28,082 | 0.2212747 | 6,214 |
| 3 - 4 años | 23,333 | 0.3917799 | 9,141 |
| 4 y más años | 39,832 | 0.6099458 | 24,295 |
| **TOTAL** | **96,678** | | **40,403** |
| Sin fecha de instalación 1 / | 39,746 | 0.2693251 | 10,705 |
| **TOTAL GENERAL** | **136,424** | | **51,108** |

**1/:** Se utiliza el promedio general de las probabilidades de ocurrencia del evento
**FUENTE:** GIZ - ENDEV

## CUADRO N° 8

| PROYECCIÓN A MAYO DEL 2014 DEL NÚMERO DE CÁMARAS DE COMBUSTIÓN A SER REEMPLAZADAS | | | |
|---|---|---|---|
| INTERVALO DE TIEMPO EN AÑOS | N° DE COCINAS MEJORAS | PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL EVENTO | N° DE CÁMARAS DE COMBUSTIÓN TOTALMENTE RAJADAS |
| 1 - 2 años | 5,431 | 0.0235609 | 128 |
| 2 - 3 años | 28,082 | 0.0483856 | 1,359 |
| 3 - 4 años | 23,333 | 0.1192177 | 2,782 |
| 4 y más años | 39,832 | 0.3253583 | 12,960 |
| **TOTAL** | **96,678** | | **17,228** |
| Sin fecha de instalación 1 / | 39,746 | 0.1427841 | 5,675 |
| **TOTAL GENERAL** | **136,424** | | **22,903** |

**1/:** Se utiliza el promedio general de las probabilidades de ocurrencia del evento
**FUENTE:** GIZ - ENDEV

### B.5. REEMPLAZO DE PARTES DE COCINAS MEJORADAS SEGÚN REGIONES

En el Cuadro N° 9, se aprecia la distribución de las cocinas mejoradas instaladas por GIZ-EnDev clasificadas por el tiempo de vida hasta la fecha del estudio y según regiones del país (136,424). Se puede notar que existe un número importante con 3 años o más, que representa un 65% (descontando los que no tienen fecha de instalación) respecto del total de cocinas mejoradas. Esto se debe a que el proyecto fue ampliado.





## CUADRO N° 9

| TIEMPO EN AÑOS DE LAS COCINAS MEJORADAS AL MES DE MAYO DEL 2014, SEGÚN REGIONES | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| REGIÓN | SIN FECHA DE INSTALACIÓN | TIEMPO EN AÑOS (RESPECTO DE MAYO 2014) | | | | TOTAL |
| | | 1-2 AÑOS | 2-3 AÑOS | 3-4 AÑOS | 4 Y MÁS AÑOS | |
| APURIMAC | 3,666 | 1,489 | 0 | 93 | 1,071 | 6,319 |
| AREQUIPA | 1,201 | 0 | 125 | 85 | 11,348 | 12,759 |
| AYACUCHO | 393 | 0 | 691 | 10,825 | 3,456 | 15,365 |
| CAJAMARCA | 12,700 | 670 | 700 | 796 | 585 | 15,451 |
| CUSCO | 8,463 | 0 | 17,414 | 383 | 8,521 | 34,781 |
| HUANCAVELICA | 1,700 | 6 | 0 | 4,228 | 5,397 | 11,331 |
| ICA | 174 | 0 | 0 | 0 | 27 | 201 |
| JUNIN | 584 | 0 | 0 | 212 | 334 | 1,130 |
| LA LIBERTAD | 1,783 | 1,101 | 7,550 | 3,753 | 6,256 | 20,443 |
| LIMA | 494 | 0 | 0 | 52 | 2 | 548 |
| MOQUEGUA | 1,264 | 0 | 1,192 | 641 | 973 | 4,070 |
| PASCO | 5 | 1,417 | 80 | 0 | 459 | 1,961 |
| PIURA | 1,400 | 6 | 19 | 0 | 2 | 1,427 |
| SAN MARTIN | 1,600 | 0 | 310 | 562 | 512 | 2,984 |
| TACNA | 4,319 | 742 | 1 | 1,703 | 889 | 7,654 |
| **TOTAL** | **39,746** | **5,431** | **28,082** | **23,333** | **39,832** | **136,424** |

**NOTA:** Se excluye Ancash(3), Loreto(8), Lambayeque(17)
**FUENTE:** GIZ - ENDEV

En los Cuadros N° 10 y 11, se muestran el número estimado de parrillas metálicas (51,108) y cámaras de combustión (22,903) para su reemplazo. Las regiones del Cusco (11,480), La Libertad (7,590) y Arequipa (7,306) encabezan la lista con el mayor número de parrillas metálicas a reemplazar. En el caso de las cámaras de combustión a reemplazar, la lista es la misma, Cusco (4,869), Arequipa (3,880) y La Libertad (3,129). Ver Cuadros N° 10 y 11.

## CUADRO N° 10

**PROYECCIÓN DE REEMPLAZOS DE LAS PARRILLAS METÁLICAS DE LAS COCINAS MEJORADAS, A MAYO DEL 2014**

| REGIÓN | SIN FECHA DE INSTALACIÓN | TIEMPO EN AÑOS (RESPECTO DE MAYO 2014) | | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1-2 AÑOS | 2-3 AÑOS | 3-4 AÑOS | 4 Y MÁS AÑOS | |
| APURIMAC | 987 | 206 | | 36 | 653 | 1,883 |
| AREQUIPA | 323 | | 28 | 33 | 6,922 | 7,306 |
| AYACUCHO | 106 | | 153 | 4,241 | 2,108 | 6,608 |
| CAJAMARCA | 3,420 | 93 | 155 | 312 | 357 | 4,337 |
| CUSCO | 2,279 | | 3,853 | 150 | 5,197 | 11,480 |
| HUANCAVELICA | 458 | 1 | | 1.656 | 3,292 | 5,407 |
| ICA | 47 | | | | 16 | 63 |
| JUNIN | 157 | | | 83 | 204 | 444 |
| LA LIBERTAD | 480 | 153 | 1,671 | 1,470 | 3,816 | 7,590 |
| LIMA | 133 | | | 20 | 1 | 155 |
| MOQUEGUA | 340 | | 264 | 251 | 593 | 1,449 |
| PASCO | 1 | 196 | 18 | | 280 | 495 |
| PIURA | 377 | 1 | 4 | | 1 | 383 |
| SAN MARTIN | 431 | | 69 | 220 | 312 | 1,032 |
| TACNA | 1,163 | 103 | 0 | 667 | 542 | 2,476 |
| **TOTAL** | **10,705** | **753** | **6,214** | **9,141** | **24,295** | **51,108** |

**FUENTE:** GIZ - ENDEV





## CUADRO N° 11

**PROYECCIÓN DE REEMPLAZOS DE LAS CÁMARAS DE COMBUSTIÓN DE LASCOCINAS MEJORADAS, A MAYO DEL 2014**

| REGIÓN | SIN FECHA DE INSTALACIÓN | TIEMPO EN AÑOS (RESPECTO DE MAYO 2014) | | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1-2 AÑOS | 2-3 AÑOS | 3-4 AÑOS | 4 Y MÁS AÑOS | |
| APURIMAC | 523 | 35 | | 11 | 348 | 918 |
| AREQUIPA | 171 | | 6 | 10 | 3,692 | 3,880 |
| AYACUCHO | 56 | | 33 | 1,291 | 1,124 | 2,505 |
| CAJAMARCA | 1,813 | 16 | 34 | 95 | 190 | 2,148 |
| CUSCO | 1,208 | | 843 | 46 | 2,772 | 4,869 |
| HUANCAVELICA | 243 | 0 | | 504 | 1,756 | 2,503 |
| ICA | 25 | | | | 9 | 34 |
| JUNIN | 83 | | | 25 | 109 | 217 |
| LA LIBERTAD | 255 | 26 | 365 | 447 | 2,035 | 3,129 |
| LIMA | 71 | | | 6 | 1 | 77 |
| MOQUEGUA | 180 | | 58 | 76 | 317 | 631 |
| PASCO | 1 | 33 | 4 | | 149 | 187 |
| PIURA | 200 | 0 | 1 | | 1 | 202 |
| SAN MARTIN | 228 | | 15 | 67 | 167 | 477 |
| TACNA | 617 | 17 | 0 | 203 | 289 | 1,126 |
| **TOTAL** | **5,675** | **128** | **1,359** | **2,782** | **12,960** | **22,903** |

**FUENTE:** GIZ - ENDEV

## B.6. REEMPLAZO DE PARTES DE COCINAS MEJORADAS SEGÚN PROVINCIAS

La distribución de reemplazos por provincias, algunas concentran un número importante a reemplazar parrillas y cámaras, como por ejemplo; las provincias de Tayacaja (4,767 parrillas y 2,163 cámaras), Sanchez Carrión (3,765 parrillas y 1,617 cámaras), Cajamarca (3,388 parrillas y 1,681 cámaras) y Quispicanchi (2,717 parrillas y 1,119 cámaras). Ver Cuadro N° 12.

### CUADRO N° 12

**PROYECCIÓN DE REEMPLAZOS DE PARTES DE COCINAS MEJORADAS, SEGÚN PROVINCIAS, A MAYO DEL 2014**

| REGIÓN | PROVINCIA | N° DE CÁMARAS DE COMBUSTIÓN | TOTAL |
|---|---|---|---|
| APURÍMAC | ABANCAY | 471 | 247 |
| | ANDAHUAYLAS | 808 | 420 |
| | ANTABAMBA | 289 | 154 |
| | CHINCHEROS | 233 | 53 |
| AREQUIPA | AREQUIPA | 1,627 | 864 |
| | CAMANA | 504 | 265 |
| | CARAVELI | 508 | 271 |
| | CASTILLA | 1,313 | 700 |
| | CAYLLOMA | 1,290 | 688 |
| | CONDESUYOS | 789 | 421 |
| | ISLAY | 617 | 329 |
| | LA UNION | 593 | 316 |
| AYACUCHO | HUAMANGA | 2,399 | 932 |
| | HUANTA | 2,068 | 727 |
| | LA MAR | 2,068 | 810 |
| | LUCANAS | 34 | 18 |
| | PARINACOCHAS | 36 | 16 |
| CAJAMARCA | CAJAMARCA | 3,388 | 1,681 |
| | CAJABAMBA | 20 | 10 |
| | CHOTA | 31 | 16 |
| | CONTUMAZA | 13 | 7 |
| | CAJAMARCA | 150 | 80 |
| | HUALGAYOC | 364 | 163 |
| | SAN MARCOS | 36 | 19 |
| | SAN MIGUEL | 150 | 80 |
| | SAN PABLO | 184 | 91 |
| CUSCO | CUSCO | 702 | 354 |
| | ACOMAYO | 393 | 155 |
| | ANTA | 1,307 | 578 |
| | CALCA | 1,529 | 615 |
| | CANCHIS | 357 | 141 |
| | CHUMBIVILCAS | 1,098 | 499 |
| | PARURO | 1,348 | 593 |
| | PAUCARTAMBO | 2,028 | 816 |
| | QUISPICANCHI | 2,717 | 1,119 |





**PROYECCIÓN DE REEMPLAZOS DE PARTES DE COCINAS MEJORADAS, SEGÚN PROVINCIAS, A MAYO DEL 2014**

| REGIÓN | PROVINCIA | N° DE CÁMARAS DE COMBUSTIÓN | TOTAL |
|---|---|---|---|
| HUANCAVELICA | ACOBAMBA | 319 | 169 |
| | CASTROVIRREYNA | 261 | 139 |
| | HUAYTARA | 60 | 32 |
| | TAYACAJA | 4,767 | 2,163 |
| ICA | ICA | 13 | 7 |
| | CHINCHA | 24 | 13 |
| | PISCO | 26 | 14 |
| JUNIN | HUANCAYO | 1 | 0 |
| | CHANCHAMAYO | 32 | 17 |
| | JAUJA | 412 | 200 |
| LA LIBERTAD | TRUJILLO | 25 | 13 |
| | BOLIVAR | 501 | 184 |
| | CHEPEN | 0 | 0 |
| | PACASMAYO | 1 | 1 |
| | PATAZ | 1,929 | 732 |
| | SANCHEZ CARRION | 3,765 | 1,617 |
| | SANTIAGO DE CHUCO | 835 | 377 |
| | GRAN CHIMU | 530 | 203 |
| | VIRU | 0 | 0 |
| LIMA | LIMA | 22 | 7 |
| | HUARAL | 61 | 32 |
| | HUAURA | 64 | 34 |
| MOQUEGUA | MARISCAL NIETO | 469 | 250 |
| | GRAL. SANCHEZ CERRO | 979 | 381 |
| PASCO | PASCO | 228 | 81 |
| | DANIEL A. CARRION | 268 | 106 |
| PIURA | HUANCABAMBA | 383 | 202 |
| SAN MARTIN | MOYOBAMBA | 435 | 202 |
| | BELLAVISTA | 3 | 2 |
| | EL DORADO | 81 | 43 |
| | HUALLAGA | 7 | 3 |
| | LAMAS | 111 | 37 |
| | MARISCAL CACERES | 5 | 3 |
| | PICOTA | 1 | 0 |
| | RIOJA | 334 | 165 |
| | TARAPOTO | 42 | 17 |
| TACNA | TACNA | 800 | 325 |
| | CANDARAVE | 594 | 311 |
| | JORGE BASADRE | 306 | 150 |
| | TARATA | 776 | 340 |
| **TOTAL** | | **50,932** | **22,820** |

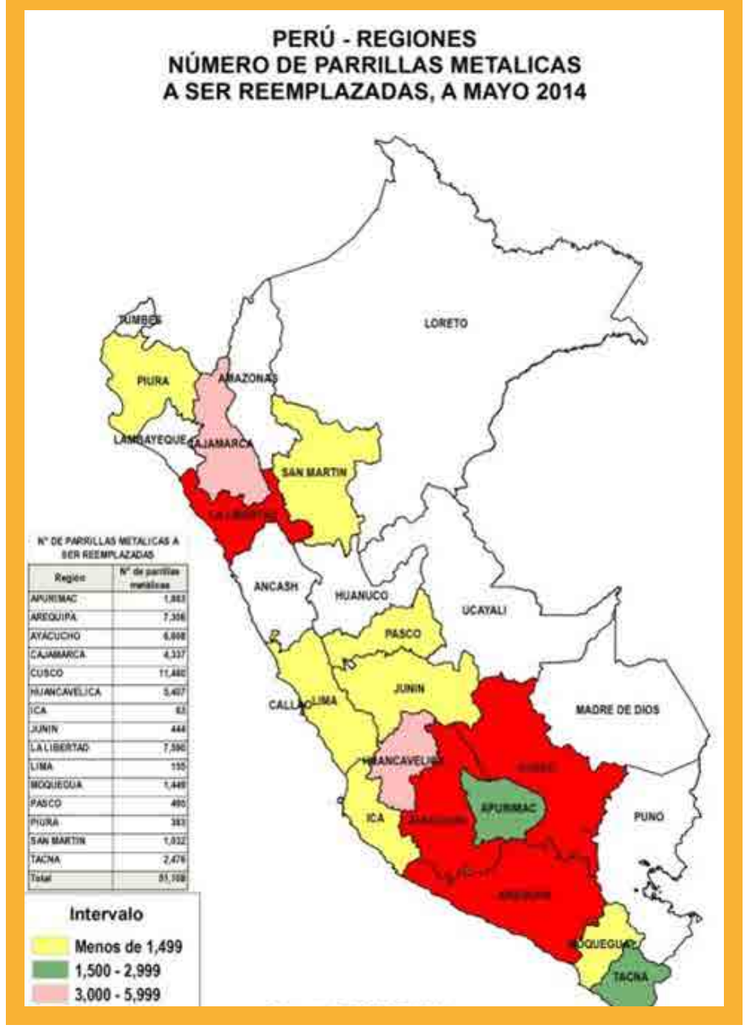
**NOTA:** Hay una ligera diferencia de los totales con el nivel regional, debido a que algunas provincias no han sido identificadas en la base de datos nacional.
**FUENTE:** GIZ - ENDEV

## B.7. MAPAS REGIONALES Y PROVINCIALES

A continuación se presenta un grupo de mapas regionales y provinciales, donde se puede observar la distribución espacial de la proyección de reemplazos de partes de las CM.

En el Mapa N°1 se puede observar las regiones del Cusco (11,480), La Libertad (7,590), Arequipa (7,306) y Ayacucho (6,608) encabezan la lista con el mayor número de parrillas metálicas a reemplazar.

**MAPA N° 1**




N° DE PARRILLAS METALICAS A SER REEMPLAZADAS

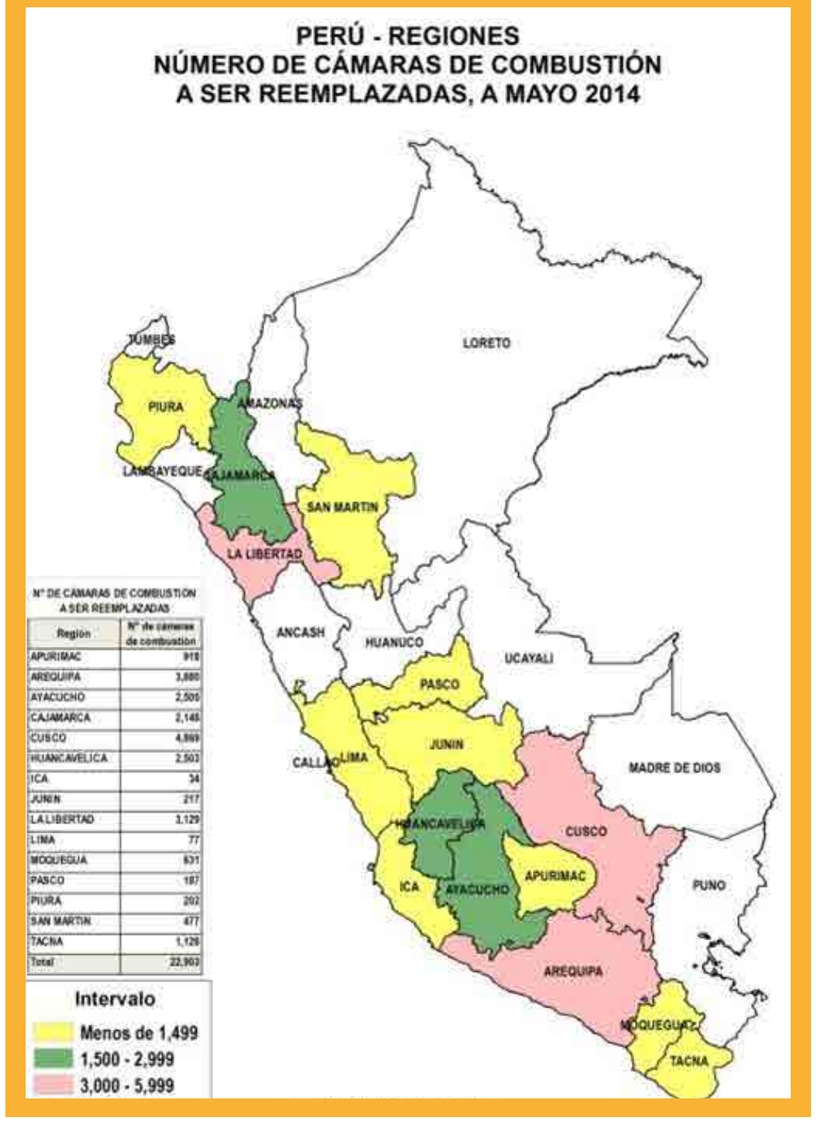
| Región | N° de parrillas metálicas |
|---|---|
| APURIMAC | 1,883 |
| AREQUIPA | 7,306 |
| AYACUCHO | 6,608 |
| CAJAMARCA | 4,337 |
| CUSCO | 11,480 |
| HUANCAVELICA | 5,407 |
| ICA | 63 |
| JUNIN | 444 |
| LA LIBERTAD | 7,590 |
| LIMA | 155 |
| MOQUEGUA | 1,449 |
| PASCO | 495 |
| PIURA | 383 |
| SAN MARTIN | 1,032 |
| TACNA | 2,479 |
| Total | 51,109 |





En el Mapa N° 2, las cámaras de combustión a reemplazar, se concentran en los mismo departamentos que el de las parrillas a reemplazar (ver mapa 1) pero en menor cantidad, Cusco (4,869), Arequipa (3,880) y La Libertad (3,129).

**MAPA N° 2**




N° DE CAMARAS DE COMBUSTION A SER REEMPLAZADAS

| Región | N° de cámaras de combustión |
|---|---|
| APURIMAC | 918 |
| AREQUIPA | 3,880 |
| AYACUCHO | 2,505 |
| CAJAMARCA | 2,146 |
| CUSCO | 4,869 |
| HUANCAVELICA | 2,503 |
| ICA | 34 |
| JUNIN | 217 |
| LA LIBERTAD | 3,129 |
| LIMA | 77 |
| MOQUEGUA | 631 |
| PASCO | 187 |
| PIURA | 202 |
| SAN MARTIN | 477 |
| TACNA | 1,128 |
| Total | 22,903 |

# III. CONCLUSIONES PRINCIPALES

- Los resultados de la prueba de ebullición de agua (WBT) nos indica que cuando la rejilla movible de los modelos Tawa y Pichqa está totalmente deteriorada afectan negativamente en el ahorro de leña. Cae por debajo del 30% con respecto al fogón.

- En el caso de cocina Inkawasi Uk el deterioro de la rejilla y cámara de combustión no afecta negativamente en el ahorro de leña. Esto se debe a un tema estructural de la abertura de suministro de leña. En las cocinas modelo Tawa y Picha (y en otros modelos Inkawasi) la leña se soporta en la rejilla movible a diferencia de la Uk, que lo hace en una cuña de ladrillo la que cumple la función de una rejilla. Por ello cuando la rejilla de este modelo se deteriora completamente sigue funcionando de manera eficiente.

- El deterioro de la cámara de combustión influye en el desempeño de la cocina, pero en menor implicancia que la rejilla.

- Según el análisis Kaplan Meier (KM) nos indican que la rejilla tiene una vida útil de 45 meses mientras que la cámara de combustión de 52 meses.

- Debido a que la rejilla o parrilla metálica cumple un papel importante en el ahorro de leña, y según los resultados del estudio de proyección, los departamentos que requieren un reemplazo de rejillas de manera inmediata son los departamentos de Cusco, Arequipa, La Libertad y Ayacucho.

# IV. RECOMENDACIONES

- Los gobiernos regionales, provinciales y locales deben promover una campaña de información del buen uso, mantenimiento y reemplazo de partes utilizando los programas radiales y televisivos que tienen en los medios de comunicación locales.

- Aprovechar las oficinas de comunicaciones y relaciones públicas de los gobiernos regionales y locales para que coordinen con los periodistas y comunicadores de las zonas para que participen en una campaña de sensibilización a las familias para que recambien las partes dañadas de las cocinas.

- En el caso de las cocinas implementadas por los ministerios, en especial el de Energía y Minas que ha implementado más de 60 mil cocinas, deben diseñar un sistema de supervisión y reemplazo de partes en donde las familias pague por el servicio de supervisión y la entrega de partes de cocinas a través de una tarifa.Esto implica elaborar un Modelo de Gestión del sistema de supervisión y reemplazo de partes de las cocinas mejoradas, identificando los marcos legales existentes o creando unos nuevos, estableciendo los criterios de factibilidad de acceso a la población objetivo, elaborando los costos del sistema de gestión de supervisión y la propuesta de tarifa de pago del usuario por el cambio y reparación de partes.

- Promover la I&D de diferentes diseños de cocinas mejoradas que sean portátiles con precios asequibles, adecuadas a las prácticas de cocinado, tipo de combustible, piso ecológicos y con usos complementarios que faciliten la preparación de alimentos, el manteamiento y otra necesidades de las familias, como por ejemplo agua caliente.

# V. BIBLIOGRAFÍA


- Prueba de ebullición de agua - WBT Versión 4.2.2. http://community.cleancookstoves.org/files/405

- Evaluación de las cocinas instaladas por el Proyecto NINA del Ministerio de Energía Minas en el marco de la Campaña Nacional de Cocinas Mejoradas. Experiencias y percepciones en Ayacucho y Huancavelica – Marzo 2012 Cooperación Alemana al Desarrollo – Agencia de la GIZ en el Perú. Esta publicación se realizó en el marco del Proyecto Energía, Desarrollo y Vida. Autor: Ipsos Apoyo Opinión y Mercado.

- Aguayo Canela M, Lora Monge E. Cómo hacer "paso a paso" un Análisis de Supervivencia con SPSS para Windows. Servicio de Medicina Interna. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla www.fabis.org/html/archivos/docuweb/SuperviKM_1r.pdf

- Para los ensayos destructivos se revisaron las siguientes páginas:

  http://www.losadhesivos.com/ensayos-destructivos.html
  http://www.thermal.cl/prontus_thermal/site/artic/20110602/asocfile/20110602102250/articulo___eficiencia_en_calderas.pdf

  http://ucatee.cnpml.org.sv/UCATEE/UCATEE/docs/ManualVersionElectronicaUCATEE.pdf

  http://materias.fi.uba.ar/7201/ENSAYOS%20DESTRUCTIVOS.pdf

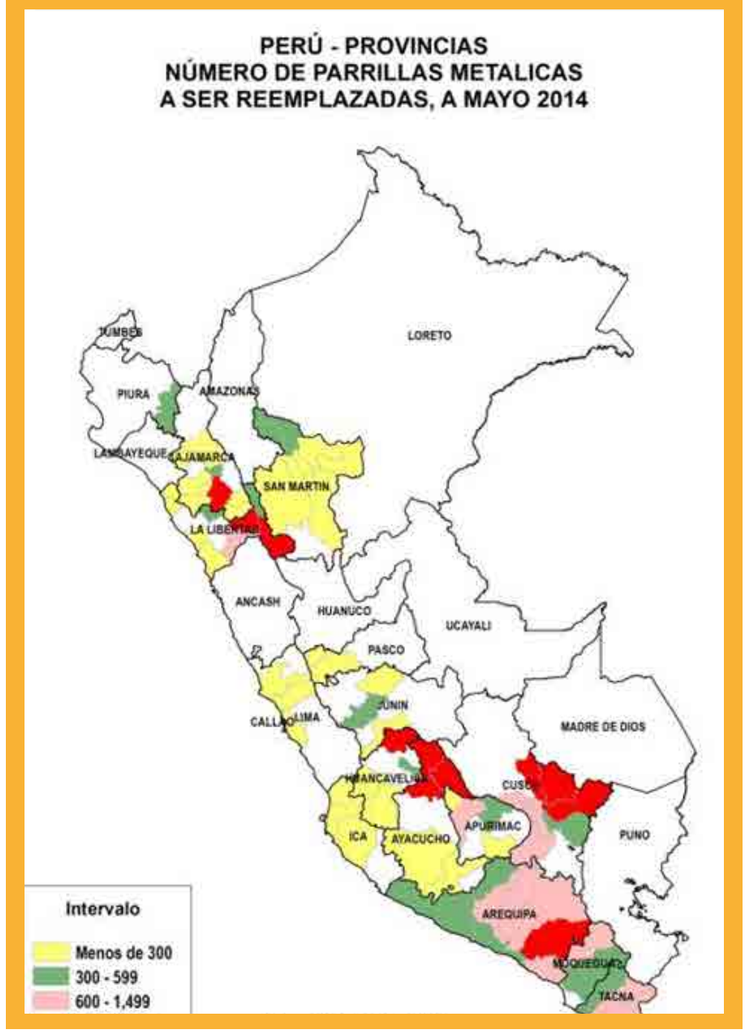
# VI. ANEXOS

## VI. ANEXOS

MAPAS DE DISTRIBUCIÓN DE PARRILLAS Y CÁMARAS DE COMBUSTIÓN POR PROVINCIAS

Según el Mapa N° 3, la distribución de reemplazos de parrillas por provincias, se concentran en un número importante en las provincias de Tayacaja en Huancavelica (4,767), Sanchez Carrión en La Libertad (3,765), Cajamarca en Cajamarca (3,388) y Quispicanchi en Cusco (2,717).

**MAPA N° 3**

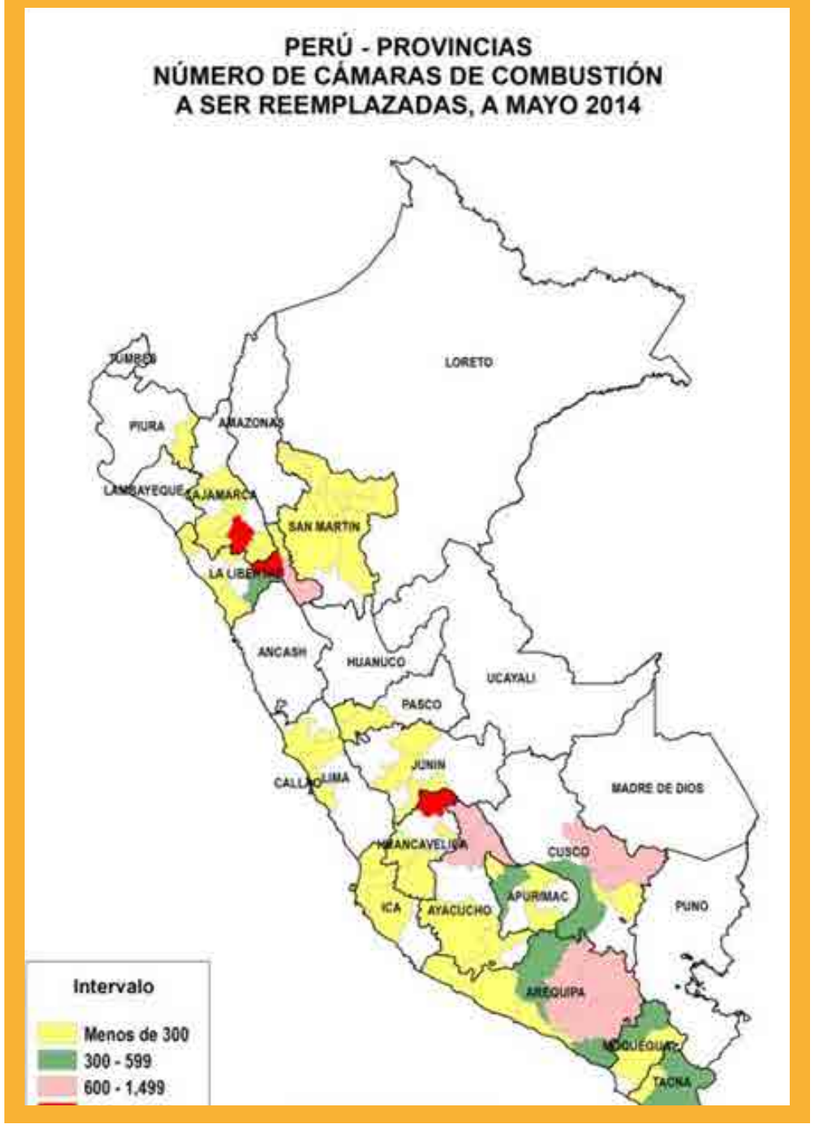







Lo mismo sucede con el reemplazo de cámaras de combustión, en donde se repite la lista del mapa N°3, pero en menor cantidad. La de mayor concentración son las provincias de Tayacaja en Huancavelica (2,163), Sanchez Carrión en La Libertad (1,617), en la Provincia de Cajamarca (1,681) y Quispicanchi en Cusco (1,119).

**MAPA N° 4**



## SIMULACIÓN DE LA PROYECCIÓN DE REEMPLAZO DE PARTES HASTA EL 2018

Sobre la base de la proyección a mayo del 2014 del reemplazo de partes (parrillas metálicas totalmente derretidas y cámaras de combustión totalmente rajadas), se ha efectuado una simulación en el tiempo hasta su extinción de estas partes. Para ello, se ha trabajado con la distribución porcentual del número de CM según los intervalos de tiempo y tomando en cuenta a los que tienen fecha de instalación (96,678), bajo el supuesto que las 136,424 CM tendrían la misma distribución.

## PASOS:

- **Primero,** proyección de las probabilidades de ocurrencia del evento (parrillas y cámaras) hasta lograr su valor máximo que está alrededor de 1.000. Para ello se ha aplicado una regresión cuadrática a cada uno de los eventos. Ver Anexo.
- **Segundo,** se ha calculado el número para reemplazo de partes, multiplicando la probabilidad de ocurrencia del evento.
- **Tercero,** obtener un nuevo saldo para el siguiente año, restando la cantidad a reemplazar.
- **Cuarto,** envejecer un año a las CM, pasando al siguiente intervalo de tiempo (ver cuadros), luego nuevamente aplicar la probabilidad al nuevo saldo y restar para el siguiente periodo, y así sucesivamente, hasta lograr la extinción de las partes.

## RESULTADOS

En el cuadro que sigue, se aprecia que la extinción de las parrillas metálicas totalmente derretidas se encuentra aproximadamente en el año 2018, cuyo saldo del N° de parrillas es menor al 2% (1.7%).

**SIMULACIÓN DEL REEMPLAZO DE PARRILLAS METÁLICAS TOTALMENTE DERRETIDAS, HASTA EL 2018**

| INTERVALO DE TIEMPO EN AÑOS | N° DE COCINAS MEJORADAS | PROBABILIDAD OCURRA EVENTO PARRILLA DERRETIDA | AL 2014 | | AL 2015 | | AL 2016 | | AL 2017 | | AL 2018 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N° PARRILLAS (%) | PARA REEMPLAZO | SALDO DEL N° DE PARRILLAS | PARA REEMPLAZO | SALDO DEL N° DE PARRILLAS | PARA REEMPLAZO | SALDO DEL N° DE PARRILLAS | PARA REEMPLAZO | SALDO DEL N° DE PARRILLAS |
| Mas de 1 a 2 años | 5,431 | 0.1386270 | 5.6 | 0.8 | | | | | | | |
| Mas de 2 a 3 años | 28,082 | 0.2212747 | 29.0 | 6.4 | 4.8 | 1.1 | | | | | |
| Mas de 3 a 4 años | 23,333 | 0.3917739 | 24.1 | 9.5 | 22.6 | 8.9 | 3.8 | 1.5 | | | |
| Mas de 4 a 5 años | 39,832 | 0.6099458 | 41.2 | 25.1 | 14.7 | 9.0 | 13.8 | 8.4 | 2.3 | 1.4 | |
| **Mas de 5 a 6 años 1/** | **-** | **0.8523244** | | | 16.1 | 13.7 | 5.7 | 4.9 | 5.4 | 4.6 | 0.9 |
| **Mas de 6 a 7 años 1/** | **-** | **0.9921761** | | | | | 2.4 | 2.4 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| | **96,678** | | | | | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | | | **100.0** | **41.8** | **58.2** | **32.6** | **25.6** | **17.1** | **8.5** | **6.8** | **1.7** |

**NOTA:** La simulación se ha efectuado sobre 96,678 CM(que tienen fecha de instalción) y sobre la base del 100%.
**1/:** Proyección de las probabilidades de ocurrencia del evento(parrilla metálica totalmente derretida), mediante una regresión cuadrática($r^2$=0.995).
**FUENTE:** GIZ - ENDEV

En el cuadro siguiente, se observa que la extinción de las cámaras de combustión totalmente rajadas, se encuentra aproximadamente en el año 2019, cuyo saldo del N° de parrillas es menor al 3% (2.8%).

**SIMULACIÓN DEL REEMPLAZO DE CÁMARAS DE COMBUSTIÓN TOTALMENTE RAJADAS, HASTA EL 2019**

| INTERVALO DE TIEMPO EN AÑOS | N° DE COCINAS MEJORADAS | PROBABILIDAD OCURRA EVENTO (CAMARA RAJADA) | AL 2014 | | AL 2015 | | AL 2016 | | AL 2017 | | AL 2018 | | AL 2019 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N° CÁMARAS (%) | PARA REEMPLAZO | SALDO DEL N° DE CÁMARAS | PARA REEMPLAZO | SALDO DEL N° DE CÁMARAS | PARA REEMPLAZO | SALDO DEL N° DE CÁMARAS | PARA REEMPLAZO | SALDO DEL N° DE CÁMARAS | PARA REEMPLAZO | SALDO DEL N° DE CÁMARAS |
| Mas de 1 a 2 años | 5,431 | 0.0235609 | 5.6 | 0.1 | | | | | | | | | |
| Mas de 2 a 3 años | 28,082 | 0.0483856 | 29.0 | 1.4 | 5.5 | 0.3 | | | | | | | |
| Mas de 3 a 4 años | 23,333 | 0.1192177 | 24.1 | 2.9 | 27.6 | 3.3 | 5.2 | 0.6 | | | | | |
| Mas de 4 a 5 años | 39,832 | 0.3253583 | 41.2 | 13.4 | 21.3 | 6.9 | 24.3 | 7.9 | 4.6 | 1.5 | | | |
| **Mas de 5 a 6 años 1/** | **-** | **0.5354489** | | | 27.8 | 14.9 | 14.3 | 7.7 | 16.4 | 8.8 | 3.1 | 1.7 | |
| **Mas de 6 a 7 años 1/** | **-** | **0.8192017** | | | | | 12.9 | 10.6 | 6.7 | 5.5 | 7.6 | 6.3 | 1.4 |
| **Mas de 7 años 1/** | **-** | **1.0007655** | | | | | | | 2.3 | 2.3 | 1.2 | 1.2 | 1.4 |
| | **96,678** | | | | | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | | | **100.0** | **17.8** | **82.2** | **25.4** | **56.8** | **26.8** | **30.0** | **18.1** | **11.9** | **9.1** | **2.8** |

**NOTA:** La simulación se ha efectuado sobre 96,678 CM(que tienen fecha de instalción) y sobre la base del 100%.
**1/:** Proyección de las probabilidades de ocurrencia del evento(parrilla metálica totalmente derretida), mediante una regresión cuadrática($r^2$=0.975).
**FUENTE:** GIZ - ENDEV

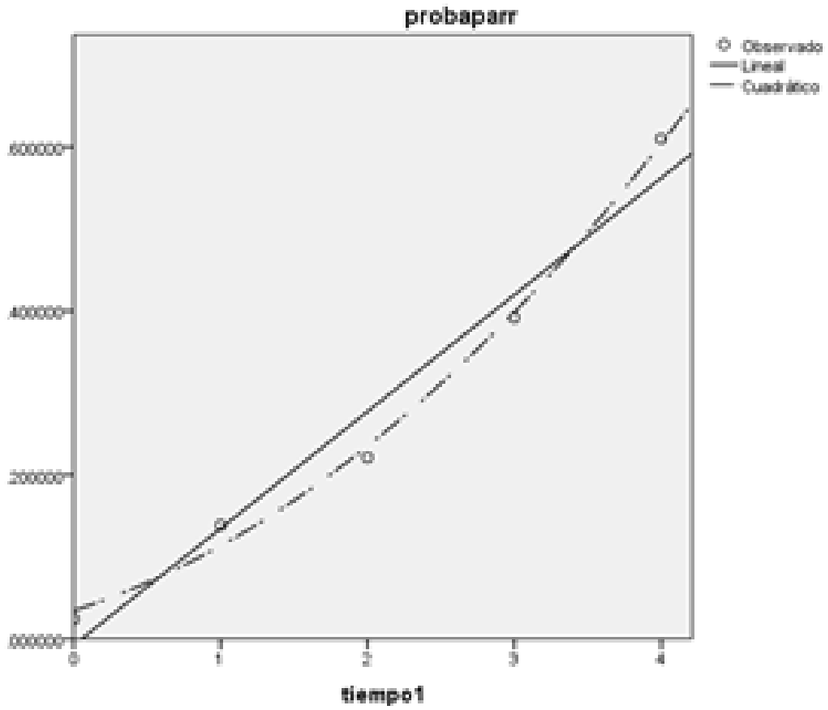




**RESUMEN DEL MODELO Y ESTIMACIONES DE LOS PARÁMETROS**
**VARIABLE DEPENDIENTE:**
**PROBABILIDAD PARRILLA METÁLICA TOTALMENTE DERRETIDA**

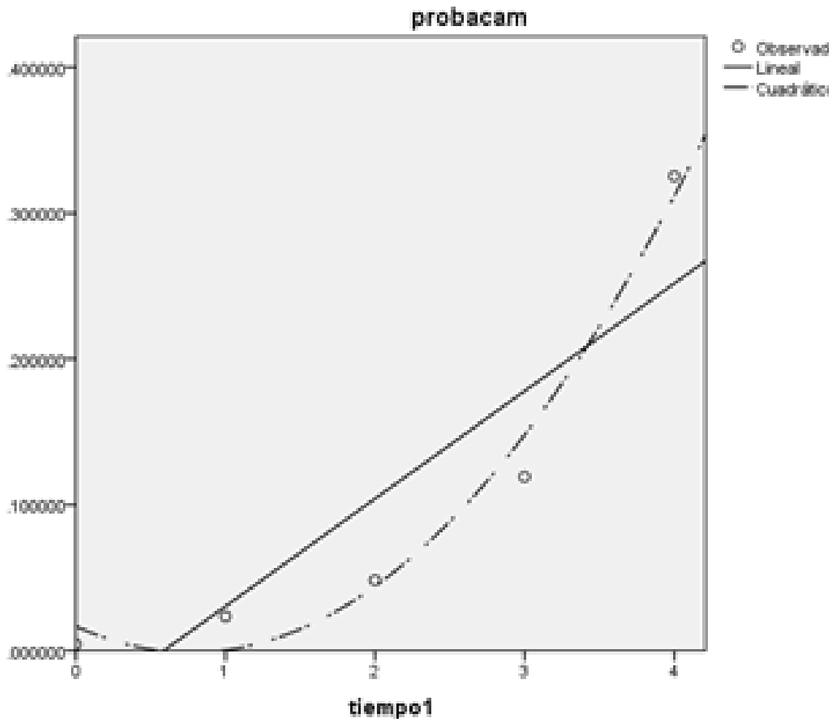
| ECUACIÓN | RESUMEN DEL MODELO | | | | | ESTIMACIONES DE LOS PARÁMETROS | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | R Cuadrado | F | gl 1 | gl 2 | SIG. | CONSTANTE | B1 | B2 |
| Lineal | 0.966 | 84.100 | 1 | 3 | 0.003 | -0.008 | 0.142 | |
| Cuadrático | 0.995 | 210.652 | 2 | 4 | 0.005 | 0.035 | 0.058 | 0.021 |

La variable independiente es el tiempo.



| RESUMEN DEL MODELO Y ESTIMACIONES DE LOS PARÁMETROS | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VARIABLE DEPENDIENTE: PROBABILIDAD CÁMARA DE COMBUSTIÓN TOTALMENTE RAJADA | | | | | | | | |
| ECUACIÓN | RESUMEN DEL MODELO | | | | | ESTIMACIONES DE LOS PARÁMETROS | | |
| | R Cuadrado | F | gl 1 | gl 2 | SIG. | CONSTANTE | B1 | B2 |
| Lineal | 0.792 | 11.400 | 1 | 3 | 0.043 | -0.043 | 0.074 | |
| Cuadrático | 0.975 | 39.073 | 2 | 2 | 0.025 | 0.017 | -0.046 | 0.030 |

La variable independiente es el tiempo.



endev

cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Implementada por
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Ministerio holandés de Asuntos Exteriores

ROYAL NORWEGIAN MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS

Australian Aid

UKaid
from the British people

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

**Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación COSUDE**