



**PROYECTO DE TITULACIÓN:**

**ALTERNATIVA DE ADOPCIÓN TECNOLÓGICA Y TRANSFORMACIÓN  
DIGITAL PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO  
DEL ARROZ**

**Previa a la obtención del Título de:**

**MAGÍSTER EN ECONOMÍA Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS**

**Presentado por:**

Alfredo Joaquín Zambrano Dávila

**Guayaquil – Ecuador**

**2024**

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco en primer lugar a Dios, por darme la sabiduría para diferenciar entre el bien y el mal, la templanza para mantenerme en el camino y la fortaleza para levantarme cuando he caído.*

*A mis padres, por darme la existencia y permitirme transitar por esta aventura llamada vida, por ser ejemplo y motivo de superación y resiliencia, por transmitirme la ética y moral necesarias para no ser ajeno a las vicisitudes del prójimo.*

*A mi familia, por brindarme el apoyo y comprensión permitiéndome robarles horas, días y semanas de su tiempo para que pueda culminar este desafío.*

*A mis profesores, un agradecimiento muy especial por su dedicación, tolerancia, paciencia y por ser uno de los pilares fundamentales del progreso de nuestra sociedad y en especial de nuestras vidas. Por darme las herramientas para la Libertad, como es el conocimiento.*

*A mi tutor, por transferirme sus valiosos consejos y experiencia para que este trabajo alcance los estándares esperados y contribuya a la economía y bienestar de los ecuatorianos.*

*Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una forma u otra, incluso con sus buenos deseos, influyeron en la terminación de este trabajo.*

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo a mi hija, mi faro y mi fuerza. Eres mi mayor inspiración, el pulso que da vida a mis días. Gracias por enseñarme que, aunque el camino sea largo y esté lleno de obstáculos, con determinación y entrega, siempre es posible alcanzar la meta.*

## **COMITÉ DE EVALUACIÓN**

---

**PhD. Ronald Campoverde**  
**Tutor del Proyecto**

---

**Prof. Christian Vera Alcívar**  
**Revisor 1**

---

**Mary Jovanna Rivadeneira Morales**  
**Revisor 2**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

Yo Alfredo Joaquín Zambrano Dávila acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 11 de diciembre del 2024.

---

Alfredo Joaquín Zambrano Dávila  
C.I.# 0909625741  
Autor

## ALTERNATIVA DE ADOPCIÓN TECNOLÓGICA Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DEL ARROZ

Alfredo Zambrano<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Ingeniero en Computación, [alzadoavi@espol.edu.ec](mailto:alzadoavi@espol.edu.ec)

**Palabras clave:** arroz, pilado, envejecimiento, horno, Internet de las Cosas, sensor, temperatura

**Key words:** rice, stacked, aging, oven, Internet of Things, sensor, temperature

**Resumen:** El presente caso tiene como propósito identificar la mejora alternativa para optimizar y automatizar el proceso de envejecimiento del arroz que sigue la empresa AGROSYLMA S.A., reduciendo el costo de mano de obra, el consumo de gas licuado de petróleo, y los errores humanos. Para cumplir con este propósito se utilizó la metodología del Caso de Negocio de Harvard mediante la evaluación de las alternativas planteadas desde una perspectiva financiera, estratégica y operacional. Después de esta evaluación se seleccionó la alternativa que consiste en implementar una solución de Internet de las Cosas y conectividad mediante una red LoRaWAN. Para esta alternativa se estableció un plan de mitigación de riesgo y un detallado plan de implementación.

**Códigos JEL:** L24, O32, O33

**Abstract:** The purpose of this case is to identify the alternative improvement to optimize and automate the rice aging process followed by the company AGROSYLMA S.A., reducing the cost of labor, the consumption of liquefied petroleum gas and human errors. To fulfill this purpose, the Harvard Business Case methodology was used by evaluating the alternatives proposed from a financial, strategic and operational perspective. After this evaluation, the alternative was selected, which consists of implementing an Internet of Things and connectivity solution through a LoRaWAN network. For this alternative, a risk mitigation plan and a detailed implementation plan were established.

**JEL Codes:** L24, O32, O33

## 1. Definición de oportunidad

El arroz se originó en el continente asiático hace más de 5.000 años, específicamente en China e India, siendo estos países los primeros en cultivarlo. India, en particular, es uno de los principales consumidores, productores y exportadores de este producto.

Más de la mitad de la población mundial consume arroz como parte de su dieta diaria. Este consumo es satisfecho con el cultivo de cerca de 164 millones de hectáreas de este cereal. En esta superficie se producen, en promedio, 756 millones de toneladas de arroz, siendo los principales países exportadores después de la India (22 %), Tailandia (21 %) y Vietnam (13 %) (MAGAP, 2022).

En el ámbito nacional, según la Corporación de Industriales Arroceros del Ecuador, el consumo promedio de arroz de un ecuatoriano está entre los 43 y 45 kg anuales. Esta demanda es satisfecha con una producción bruta de 1.5 millones de toneladas, en una superficie cosechada de 300.332 hectáreas. Es por esto por lo que el arroz es un pilar fundamental en la economía del Ecuador ya que forma parte de los 359 productos dentro de la canasta básica familiar y genera 71 mil puestos de trabajo de los cuales, el 68 % corresponde a mano de obra familiar (INEC, 2022).

En el Ecuador, el 95 % de esta producción proviene de las provincias de Guayas y Los Ríos (CFN, Biblioteca, 2023). En estas dos provincias se concentran la mayor cantidad de empresas arroceras que realizan el proceso de producción e industrialización de este producto.

Dentro del proceso de producción agrícola del arroz, desde su sembrado hasta que llega a los consumidores, se encuentra uno muy importante y es el pilado y refinado (marcado en rojo) (Ver Figura 1).



**Figura 1.** Proceso de producción del arroz (Corporación Financiera Nacional B.P., 2023)

Se entiende como pilado de arroz al conjunto de subprocesos que empieza desde que el arroz es recibido y almacenado en las piladoras hasta que se ensaca como un producto final refinado para ser entregado a la cadena de distribución y finalmente desde allí esté al alcance de los consumidores finales.

El proceso de pilado del arroz está formado por los siguientes subprocesos: Recepción, Inspección y Pesado, Secado, Almacenaje, Limpieza y Descascarado, Pilado, Envejecimiento, Empacado o Ensacado y Distribución.

**Recepción:** El proceso comienza con la recepción del arroz en la planta de molienda. El arroz llega en camiones o contenedores a granel y se descarga en una tolva de recepción. Un elevador lleva el arroz desde la tolva hasta la línea de producción.

**Inspección y Pesado:** Este proceso comienza cuando los camiones o contenedores son autorizados a ingresar a una zona donde se encuentra una balanza electrónica. En este punto el camión es pesado (incluyendo su carga de arroz) y luego el arroz es descargado en las bodegas mediante plataformas volcadoras hidráulicas.

**Secado:** Una vez que el arroz ha sido recibido, se lleva a cabo el proceso de secado para reducir su contenido de humedad. El arroz se distribuye uniformemente en una serie de bandejas o a través de un sistema de transportadores y se expone al aire caliente para eliminar la humedad. Dependiendo de la capacidad de secado de la planta, se procesan hasta 20 toneladas de arroz por hora.

**Almacenaje:** Después del secado, el arroz se transporta y almacena en silos para su posterior procesamiento. Los silos tienen una capacidad de 3.000 toneladas cada uno, y la planta de molienda puede contar con hasta 4 silos para almacenar diferentes variedades de arroz.

**Limpieza y Descascarado:** Este proceso se realiza en máquinas llamadas descascaradoras que extraen la cáscara del grano de arroz mediante un proceso de fricción. El arroz resultante es el arroz integral.

**Pilado:** El arroz se lleva a la sección de pilado, donde se separa el grano de la cáscara. Este proceso se realiza a una velocidad de 150 quintales<sup>1</sup> por hora, utilizando maquinaria especializada como descascadores de arroz y pulidores.

**Envejecimiento:** Una vez que el arroz ha sido pilado, se lleva a cabo el proceso de envejecido para mejorar su cocción. El arroz se coloca en ollas de envejecimiento, cada una con una capacidad de 150 quintales, y su proceso dura alrededor de 48 horas para desarrollar sus propiedades deseadas.

**Empacado o Ensacado:** Una vez completado el proceso de envejecido, el arroz se empaca o ensaca según las necesidades del cliente y los requisitos del mercado. El área de empacado tiene la capacidad de 40 y 150 quintales por hora, o de ensacar hasta 250 quintales por hora, dependiendo del equipo disponible y la demanda del producto.

**Distribución:** Finalmente, el arroz empacado o ensacado se almacena temporalmente en el almacén de distribución antes de ser enviado a los clientes. Se carga en camiones o contenedores y se distribuye a supermercados, tiendas minoristas, mayoristas y otros puntos de venta según lo programado.

De todos los subprocesos mencionados anteriormente, el de envejecimiento es uno de los más importantes ya que representa el 35,98% del costo del producto final, por lo que los empresarios arroceros se encuentran en busca de alternativas para su mejoramiento.

---

<sup>1</sup> Quintal medida de peso que equivale a 100 libras.

En 1989, en la provincia del Guayas, se crea la piladora Sylvia María con la finalidad de comercializar sus productos en el sector mayorista. Su premisa fue la de implementar subprocesos de pilado que cuenten con rigurosos controles de calidad en la recepción, secamiento y molinería de granos. En el año 2001, ingresa en el competitivo mercado de los autoservicios (supermercados) dando un salto gigantesco no solo en ventas sino en el reconocimiento y posicionamiento de la marca. En ese mismo año la empresa cambia su razón social a PRODUCTOS DEL AGRO SYLVIA MARÍA S.A. - AGROSYLMA S.A. Actualmente, Agrosylma es una de las piladoras más importantes del Ecuador alimentando a los ecuatorianos con una amplia gama de productos (Ver logo en Figura 3).



**Figura 3.** Logo de empresa AGROSYLMA S.A. (AGROSYLMA S.A., 2023)

AGROSYLMA S.A. le da vital importancia al proceso de envejecimiento del arroz ya que mejora su capacidad de cocción. El arroz envejecido tiende a cocinarse de manera más uniforme y a absorber mejor los líquidos durante la cocción, lo que resulta en un grano más suelto y menos pegajoso. Además, el envejecimiento reduce el contenido de humedad del arroz contribuyendo a su conservación a largo plazo, previniendo la aparición de moho<sup>2</sup>. Esto es especialmente importante en climas húmedos, donde el arroz puede ser susceptible a la degradación si no es almacenado adecuadamente.

El proceso de envejecimiento del arroz inicia con la introducción de los granos de arroz en hornos y luego llevarlos a una temperatura de envejecimiento de aproximadamente 100 grados centígrados durante un período específico de tiempo, seguido por un proceso de enfriamiento o aireación que consiste en la apertura de una compuerta. Este proceso es realizado de forma manual por un operador (Ver Figura 4).



**Figura 4.** Proceso de apertura manual de puerta por parte del operador

<sup>2</sup> Tipo de hongo que crece en ambientes húmedos.

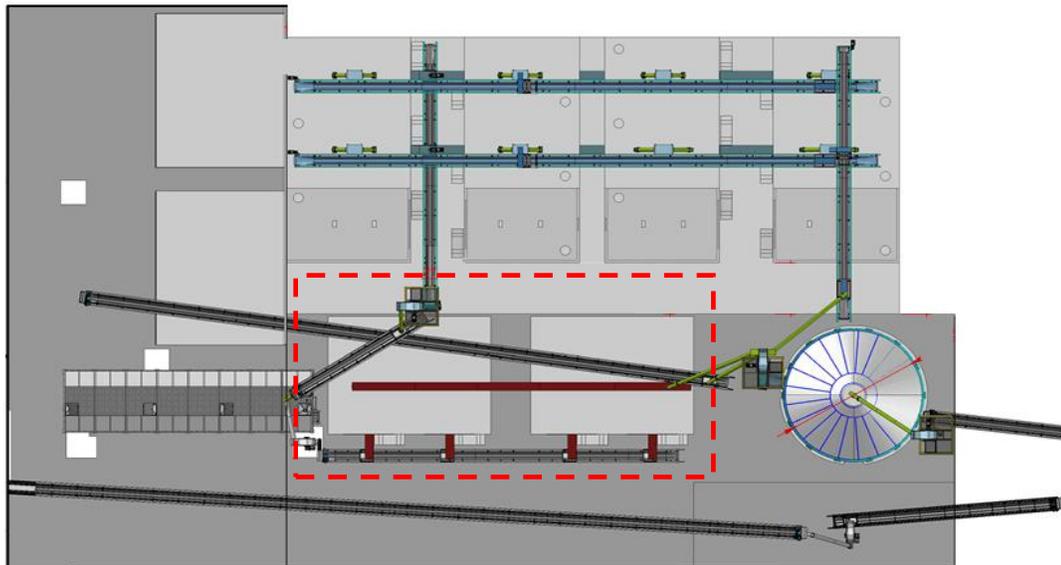
Una vez que la temperatura ha descendido a los 30°C, el operador de forma manual procede al cierre de la compuerta. Este proceso de apertura y cierre de compuerta se repite hasta que se cumpla un ciclo de 48 horas (Ver Figura 5).



**Figura 5.** Proceso de cierre manual de puerta por parte del operador

AGROSYLMA S.A. cuenta con 4 hornos que son operados de forma manual por un operador de horno que monitorea la temperatura y abre compuertas para el proceso de enfriamiento por aireación.

Los hornos están ubicados en lo que se llama “zona de envejecimiento” en una parte alejada de la planta pero que tiene conexión con la zona de separación del arroz (Ver Figura 6).



**Figura 6.** Plano de zona de envejecimiento de la planta de AGROSYLMA S.A. (vista superior) (FC CONSTRUCCIONES S.A., 2023)

Los hornos de AGROSYLMA S.A. fueron obtenidos en el año 2014 y tienen una capacidad de 155 qq y trabajan en turnos de 12 a 18 horas. Se encuentran ubicados uno a lado de otro y usan como combustible GLP<sup>3</sup>. En la parte inferior de los hornos existe una banda

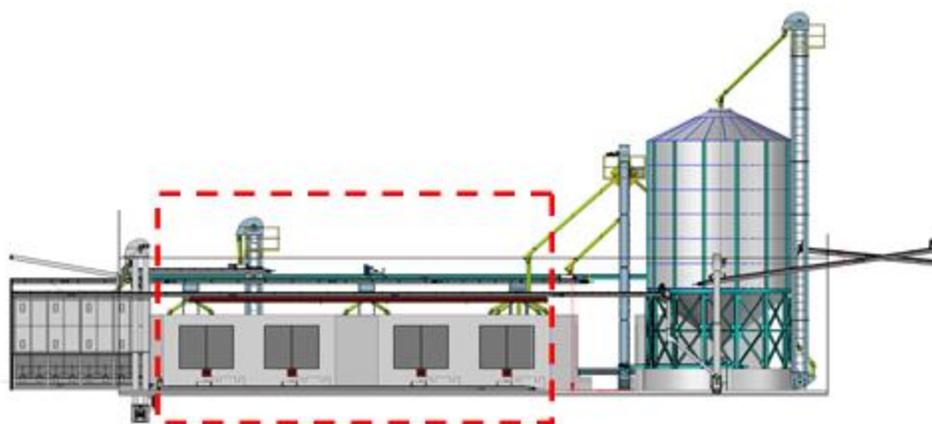
<sup>3</sup> Gas Licuado de Petróleo.

transportadora donde se recibe el arroz y luego en estas mismas bandas es eyectado hacia la zona de ensacado una vez que ha terminado su proceso de envejecimiento.

El proceso de envejecimiento realmente lo que produce son cambios en las propiedades fisicoquímicas del arroz por lo que requiere de monitoreo, control y precisión en su ejecución.

Un exceso de tiempo a cierta temperatura, la falta de aireación o un escaso tiempo de permanencia a otra temperatura puede resultar en desperdicio de producto, mala calidad o gastos extras en combustible que pueden generar pérdidas para la empresa piladora.

El proceso requiere del control de un operador que durante 12 horas debe estar monitoreando la temperatura de forma visual y abrir las compuertas de los cuatro hornos que posee la zona de envejecimiento de AGROSYLMA S.A. (Ver Figura 7).



**Figura 7.** Plano de zona de envejecimiento de la planta de AGROSYLMA S.A. (vista frontal) (FC CONSTRUCCIONES S.A., 2023)

AGROSYLMA S.A. cuenta con 2 operadores en turnos rotativos de 12 horas de lunes a sábado, para la labor de monitoreo y control de los cuatro hornos de envejecimiento. Cada horno es utilizado para 3 ciclos de envejecimiento por semana. Los turnos de los operadores en una semana típica se muestran en la Tabla 1.

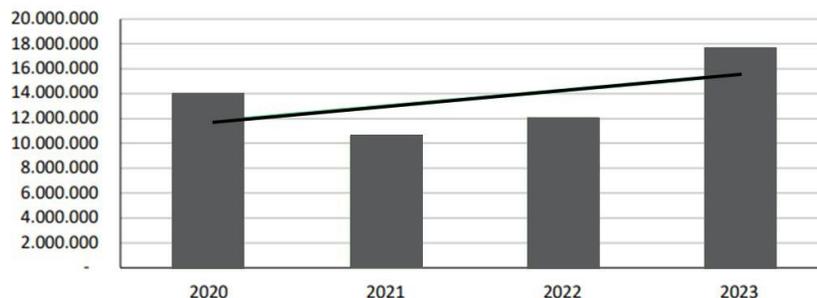
**Tabla 1**

*Turnos rotativos de operadores de control de horno de envejecimiento*

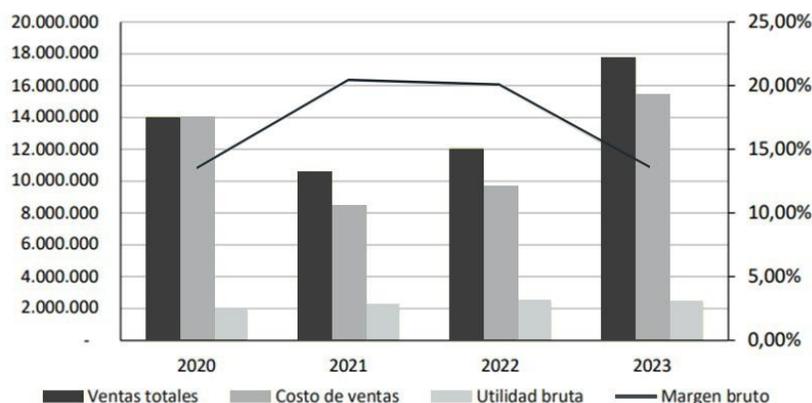
Turnos / Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
08:00 - 19:59	Operador 1	LIBRE	Operador 1	Operador 1	LIBRE	Operador 1	LIBRE
20:00 - 07:59	Operador 2	Operador 2	LIBRE	Operador 2	Operador 2	LIBRE	LIBRE

A comienzos de 2024, durante una reunión con el departamento financiero en el marco de la preparación de un prospecto para la oferta pública de una obligación de renta variable en el mercado de valores, AGROSYLMA S.A. detectó que, pese a experimentar un crecimiento constante en las ventas en los últimos 4 años, el margen bruto, en el mismo

período de tiempo mostraba una tendencia decreciente tal como lo muestran la Figura 8 y la Figura 9.



**Figura 8.** Tendencia de ventas de los últimos 4 años (AGROSYLMA S.A., 2024)



**Figura 9.** Tendencia del margen bruto de los últimos 4 años

En un análisis detallado, se identificó que el margen bruto se veía afectado por una disminución en el margen operativo, y en particular, de los costos asociados al proceso de envejecimiento del arroz (Ver Figura 10).



**Figura 10.** Tendencia del margen operativo de los últimos 4 años

Alguno de los costos que más afectan el proceso de envejecimiento son la mano de obra, el consumo del GLP para llevar a los hornos a las temperaturas adecuadas y el costo de oportunidad que se genera al cometer errores por parte del operador. El operador, al realizar el control de forma manual, puede cometer varios errores como por ejemplo el abrir la

compuerta anticipadamente para el aireado, lo cual tiene como consecuencia el retraso en el envejecimiento de arroz por lo que debe ser iniciado un nuevo ciclo, generando costos adicionales en horas de trabajo y combustible. Es por esto que, con extrema urgencia, AGROSYLMA S.A. ha decidido encontrar una solución a este problema y reducir los errores de los operadores en este proceso tan importante.

En la Tabla 2 se muestran los errores identificados por el jefe de operaciones con sus causas, consecuencias, acciones correctivas y sus respectivos impactos.

**Tabla 2**

*Errores comunes en el monitoreo y control manual de hornos de envejecimiento*

Error	Causa	Consecuencia	Correctivo	Impacto
1 El horno excede los 100 grados centígrados.	Falta de monitoreo del operador	El arroz pierde propiedades de almidonado y de aroma	El arroz debe volver a iniciarse nuevamente el proceso de envejecimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retraso en el ensacado y entrega del producto final.</li> <li>Gasto extra en el consumo de GLP.</li> <li>Pagar dos turnos adicionales de operador.</li> </ul>
2 Se abrió la compuerta de aireación y el horno no ha alcanzado los 100 grados.	Falta de monitoreo del operador	El arroz no ha alcanzado las propiedades físicoquímicas para alcanzar el envejecimiento deseado.	El arroz solo debe volver a iniciar el proceso de envejecimiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retraso en el ensacado y entrega del producto final.</li> <li>Gasto extra en el consumo de GLP.</li> <li>Pagar dos turnos adicionales de operador.</li> </ul>
3 Se abrió la compuerta de aireación ha temperaturas superiores a los 100 grados centígrados.	Falta de monitoreo del operador	El arroz se vuelve muy pegajoso para la cocción	El arroz debe volver a iniciarse nuevamente el proceso de envejecimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retraso en el ensacado y entrega del producto final.</li> <li>Gasto extra en el consumo de GLP.</li> <li>Pagar dos turnos adicionales de operador.</li> </ul>
4 No se retiró el arroz una vez que el horno alcanzó los 30 grados centígrados.	Falta de monitoreo del operador	Se retrasa el proceso de ensacado.	Se debe iniciar el proceso de retiro de arroz de los hornos para iniciar el ensacado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retraso en el ensacado y entrega del producto final.</li> </ul>

En AGROSYLMA S.A. el jefe de operaciones lleva un control de la cantidad de errores por semana que comenten los operadores. También existen reuniones semanales para analizar las causas y consecuencias de los errores cometidos y poder tomar correctivos.

Cuando la cantidad de errores excede el límite de tolerancia establecido como política de eficiencia de la empresa, los operadores suelen ser cambiados de turno y en ocasiones se imponen multas o suspensiones. AGROSYLMA S.A. quiere evitar este tipo de acciones que suelen generar conflictos y malestar en el personal operativo pudiendo ser un caldo de cultivo para problemas mayores que comprometan la estabilidad laboral del personal.

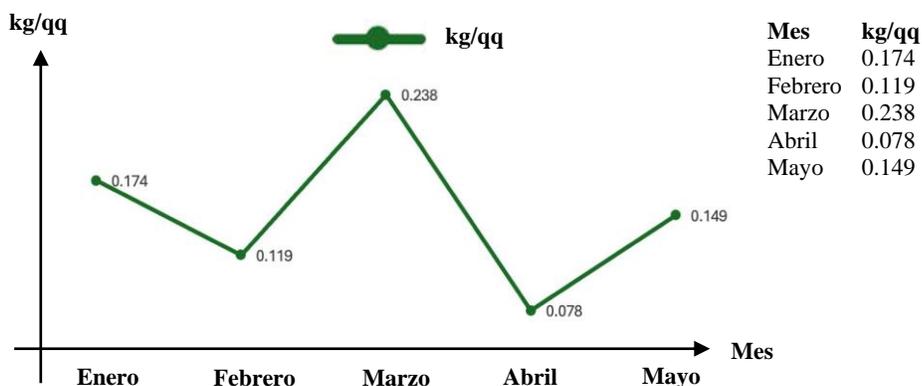
La Tabla 3 muestra la cantidad de errores cometidos en una semana típica en la que se detalla el tipo de error cometido, el operador y el total de errores por operador. Este registro sirve como métrica manual para evaluar a los operadores y medir el desempeño del área de operaciones.

**Tabla 3**

*Registro de errores de los operarios en una semana de operación*

Error	Cantidad de errores por semana		
	Operador 1	Operador 2	Total
1 El horno excede los 100 grados centígrados.	1	0	1
2 Se abrió la compuerta de aireación y el horno no ha alcanzado los 100 grados.	0	2	2
3 Se abrió la compuerta de aireación ha temperaturas superiores a los 100 grados centígrados.	1	0	1
4 No se retiró el arroz una vez que el horno alcanzó los 30 grados centígrados.	0	1	1
<b>TOTAL</b>			<b>5</b>

La mayoría de los errores identificados por el jefe de operaciones tienen como consecuencia el consumo adicional de GLP cuyo costo actual es de aproximadamente \$0,30 por kg. En la Figura 11 se muestra la gráfica de consumo de GLP por kg/qq de los últimos 5 meses.



**Figura 11.** Gráfica de consumo de GLP por mes (AGROSYLMA S.A., 2024)

Luego de analizar este caso de negocio, se ofrecen alternativas para optimizar el proceso de envejecimiento del arroz, reduciendo los costos de mano de obra, reduciendo el consumo de gas licuado de petróleo y eliminando los errores cometidos por los operadores que realizan el monitoreo y control manual de los hornos de envejecimiento. En la siguiente

sección se definen los objetivos cualitativos y cuantitativos con sus respectivas métricas que permitan generar y evaluar alternativas de solución para este caso de negocio.

### Identificación de objetivos y métricas

AGROSYLMA S.A. necesita disminuir sus costos reduciendo los errores originados por el monitoreo y control manual de los hornos por parte de los operadores. Es por esto que se han fijado los siguientes objetivos:

1. Optimizar el proceso de envejecimiento reduciendo el número de errores cometidos por los operadores de los hornos.
2. Reducir el consumo de GLP ocasionado por los errores cometidos por los operadores que se produce al tener que iniciar un nuevo ciclo de envejecimiento para el arroz que no ha alcanzado las propiedades fisicoquímicas deseadas.
3. Reducir la cantidad de horas de los turnos de los operadores que controlan los hornos.
4. Iniciar un proceso de automatización en todos los equipos (hornos y demás competentes) que permita generar datos y puedan ser controlados de forma remota.
5. Obtener datos de forma automática que permita generar una base de datos sobre los eventos que ocurren en los hornos y poder generar reportes gerenciales en tiempo real.

Estos objetivos se alinean con la estrategia de transformación digital que sigue AGROSYLMA S.A. y su deseo de reducir los costos del proceso de envejecimiento del arroz. Las métricas para medir la consecución de los objetivos se definen en la Tabla 4.

**Tabla 4**

#### Objetivos y métricas

	Objetivos	Métricas
1	Reducir el costo de mano de mano de obra para el proceso de control de hornos.	Porcentaje de reducción de costo de mano de obra.
2	Reducir consumo de GLP.	Porcentaje de reducción de consumo de GLP.
3	Optimizar del proceso de envejecimiento.	Cantidad de fallos por semana.

Las métricas que permiten medir la consecución de los objetivos se representan con las unidades de medida que se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5**

#### Objetivos y unidades de medida

	Objetivos	Statu quo	Deseado
1	Reducir el costo de mano de mano de obra para el proceso de control de hornos.	0%	5%
2	Reducir consumo de GLP.	0%	20%
3	Optimizar el proceso de envejecimiento.	5	0

Una vez definidos los objetivos y sus respectivas métricas, en la siguiente sección se generan las alternativas de solución que cumplan con estos objetivos.

## 2. Generación de Alternativas

Para generar alternativas de solución para este caso de negocio, se realizaron observaciones no participativas del proceso de envejecimiento en los dos turnos existentes, se realizaron entrevistas con los dos operadores, con el jefe de operaciones y con el Gerente de la empresa. En reunión con el Gerente se realizó el ejercicio de tormenta de ideas (Osborn, 1953) y se generaron las siguientes alternativas:

**Alternativa 1. Implementación de solución IoT<sup>4</sup>.** – En esta alternativa se contempla una solución de IoT (Peláez, 2020), que tenga sensores de temperatura con rangos de medición que van desde los menos 200 grados centígrados hasta los 1300 grados centígrados, un dispositivo controlador de señales y emisor de datos, un motor de 3 voltios, una guía, poleas y engranaje y un transmisor-receptor de tipo LoRaWAN<sup>5</sup> (Landivar, 2024). El sensor tomará lecturas de temperatura que las enviará de forma inalámbrica al dispositivo controlador, éste a su vez comparará la lectura enviada para validar si se ha alcanzado los 100 grados centígrados, si esto ocurre envía una señal al motor y abra la compuerta. El sensor de temperatura sigue censando y una vez la temperatura baje a 30 grados centígrados envía una señal al dispositivo controlador y cierra la compuerta.

**Alternativa 2. Adquisición de hornos nuevos.** – La tercera alternativa involucra el reemplazo de los 4 hornos actuales por hornos totalmente automatizados que además de automatizar el monitoreo de la temperatura y la apertura y cierre de las compuertas de aireación, automatiza el encendido y el apagado del horno.

**Alternativa 3 (*statu quo*). Monitoreo y control manual.** – En esta alternativa el proceso de monitoreo y control de hornos en la zona de envejecimiento sigue realizándose, usando una metodología de observación y acción (apertura y cierre) manual de termómetros y compuertas respectivamente. Para esta alternativa se requieren turnos rotativos de 12 horas de seis días a la semana (de lunes a sábado) con dos operadores.

**Alternativa 4. Tercerizar el servicio de envejecimiento.** – La tercerización del proceso de envejecimiento del arroz es factible actualmente ya que algunas piladoras tienen tiempo ocioso de hornos y ofrecen este servicio para optimizar el tiempo de uso de sus hornos. El arroz debe ser trasladado hasta el lugar de la empresa tercerizadora de hornos y una vez terminado el proceso debe ser devuelto hacia la piladora contratante para ser almacenado o ensacado.

Para realizar una evaluación de las alternativas expuestas en la sesión de tormenta de ideas se usó una escala Likert<sup>6</sup> en la que se definieron los siguientes criterios:

Tiempo de ejecución: se identifica que tan largo o corto es el tiempo para implementar una alternativa de solución.

---

<sup>4</sup> Internet de las Cosas.

<sup>5</sup> Protocolo de red que usa la tecnología Lora, para redes de baja potencia y área amplia.

<sup>6</sup> Escala de calificación para conocer el nivel de acuerdo y desacuerdo de las personas sobre un tema.

**Costo de Ejecución:** se refiere a los costos de inversión necesarios para la adquisición de los elementos utilizados en la implementación de las alternativas propuestas, así como también la mano de obra utilizada.

**Dificultad de Implementación:** este criterio evalúa la complejidad para implementar la alternativa de solución propuesta, tomando en cuenta aspectos como como la contratación de un experto, la disponibilidad de los elementos en el mercado local o en el exterior, etc.

**Efectividad en el control:** tiene que ver con la percepción de cuánto ayuda la alternativa a la solución efectiva del problema.

**Nivel de automatización:** en concordancia con la transformación digital de la empresa, este criterio evalúa cuánto aporta cada alternativa a esta visión.

La escala Likert utilizada evalúa cada criterio con niveles que van del 1 al 5 como se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Escala Likert para la definición de la matriz de impacto*

Nivel	Tiempo de Ejecución	Costo de Ejecución	Dificultad de Implementación	Efectividad en control	Nivel de Automatización
1	Muy Largo	Muy Alto	Muy Alta	Muy Baja	Muy Bajo
2	Largo	Alto	Alta	Baja	Bajo
3	Medio	Medio	Media	Media	Medio
4	Corto	Bajo	Baja	Alta	Alto
5	Muy Corto	Muy Bajo	Muy Baja	Muy Alta	Muy Alto

Con esta escala de valoración se evaluaron las alternativas encuestando a expertos, a los dos operadores de hornos, al jefe de operaciones y al gerente de la empresa obteniendo la matriz de impacto que se presenta en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Matriz de impacto de alternativas*

ALTERNATIVAS	ESFUERZO			IMPACTO		TOTAL
	Tiempo de Ejecución	Costo de Ejecución	Dificultad	Efectividad en control	Nivel de Automatización	
1 Solución de IoT de automatización de los hornos actuales.	5	4	4	3	2	18
2 Comprar hornos nuevos.	1	1	2	5	5	14
3 Proceso actual manual ( <i>statu quo</i> ).	1	1	5	1	1	9
4 Tercerizar el servicio de envejecimiento.	1	2	1	1	1	6

Como resultado de esta evaluación se obtuvieron las siguientes tres alternativas finales: Alternativa 1 en la que se implementa una solución IoT, Alternativa 2 en la que se realiza la adquisición de hornos nuevos y Alternativa 3 (*statu quo*) que se refiere al monitoreo y control manual. La alternativa 4 que habla sobre la tercerización del envejecimiento del arroz queda descartado por valoraciones bajas en los criterios de tiempo de ejecución, dificultad y nivel de automatización.

### **3. Análisis de Alternativas**

En este capítulo se analizará en detalle las alternativas resultantes de la evaluación obtenida en la matriz de impacto. El análisis se realizará desde una perspectiva financiera y una perspectiva estratégica. La perspectiva financiera se centrará en calcular el valor actual neto, que es la cantidad monetaria que resulta de regresar los flujos netos del futuro hacia el presente con una tasa de descuento y la tasa de retorno de la inversión, que es aquella tasa de interés que hace igual a cero el valor de un flujo de beneficios netos (Pérez, 2021). El análisis de la perspectiva estratégica contempla evaluar si cada alternativa se alinea al plan estratégico organizacional de AGROSYLMA S.A.

Antes de iniciar la evaluación de cada alternativa, se definen los supuestos que delimitan el análisis de estas.

#### **Definición de supuestos**

Los supuestos planteados fueron los siguientes:

- La tasa mínima aceptable de rendimiento (URBINA, 2010) esperada por el directorio de AGROSYLMA S.A. es de 25%.
- El área física donde se encuentran los hornos actuales no debe ser modificada. Es decir, evitar trabajos de obra civil.
- El análisis de cada alternativa no se contempla la crisis energética que vive el país en el momento de la elaboración de este caso de negocio.
- Los datos financieros son actualizados a septiembre del 2024 y los flujos de caja son proyectados a 5 años con un incremento anual del 5%.
- La tasa de depreciación de tecnología utilizada es del 33% anual (SRI, 2021).

#### **Alternativa 1. Implementación de solución IoT**

En esta alternativa se plantea la implementación de una solución poco invasiva que se basa en la medición constante de la temperatura interna de cada horno a través de un sensor que envía constantemente cada dato a un concentrador y éste a su vez lo transmite a un servidor en la nube a través de una red LoRaWAN. Además, el concentrador tiene conectado un actuador de relé que cuando el dato de temperatura es del 100°C envía un pulso digital (1) para abrir la compuerta automática y cuando la temperatura baja a 30°C envía otro pulso digital (0) para cerrar la compuerta automática.

En la Figura 12 se muestra el esquema de funcionamiento para la apertura de la compuerta y en la Figura 13 se muestra el esquema de funcionamiento para el cierre de la compuerta.

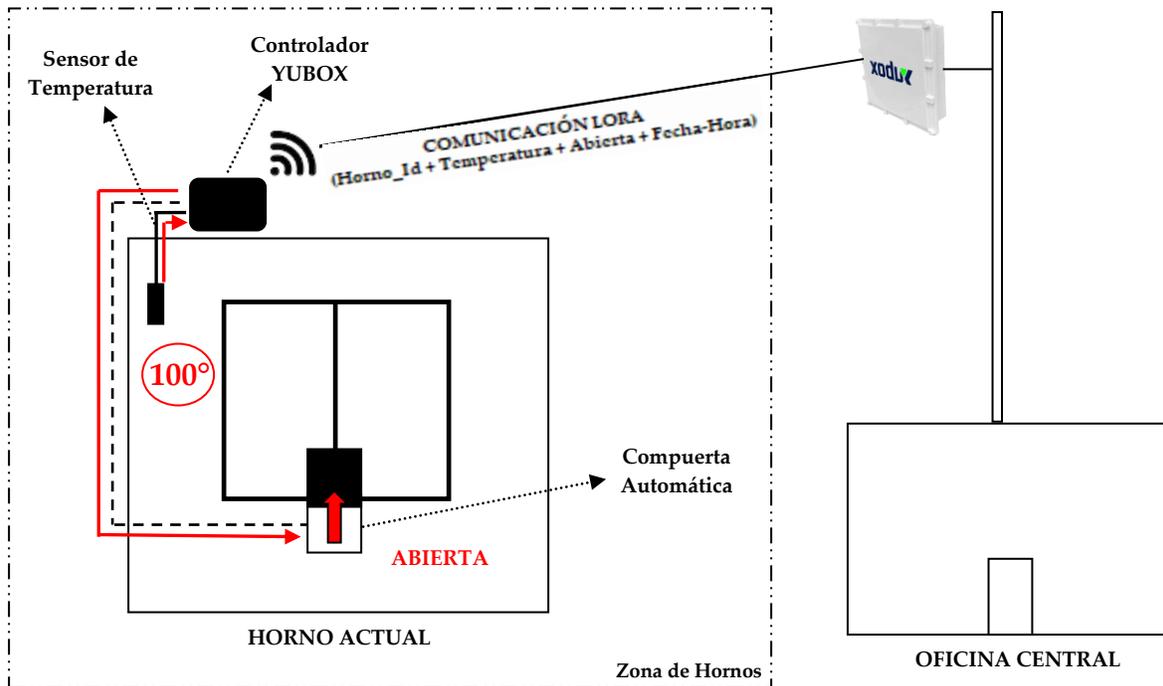


Figura 12. Esquema de funcionamiento para la apertura de compuerta de horno

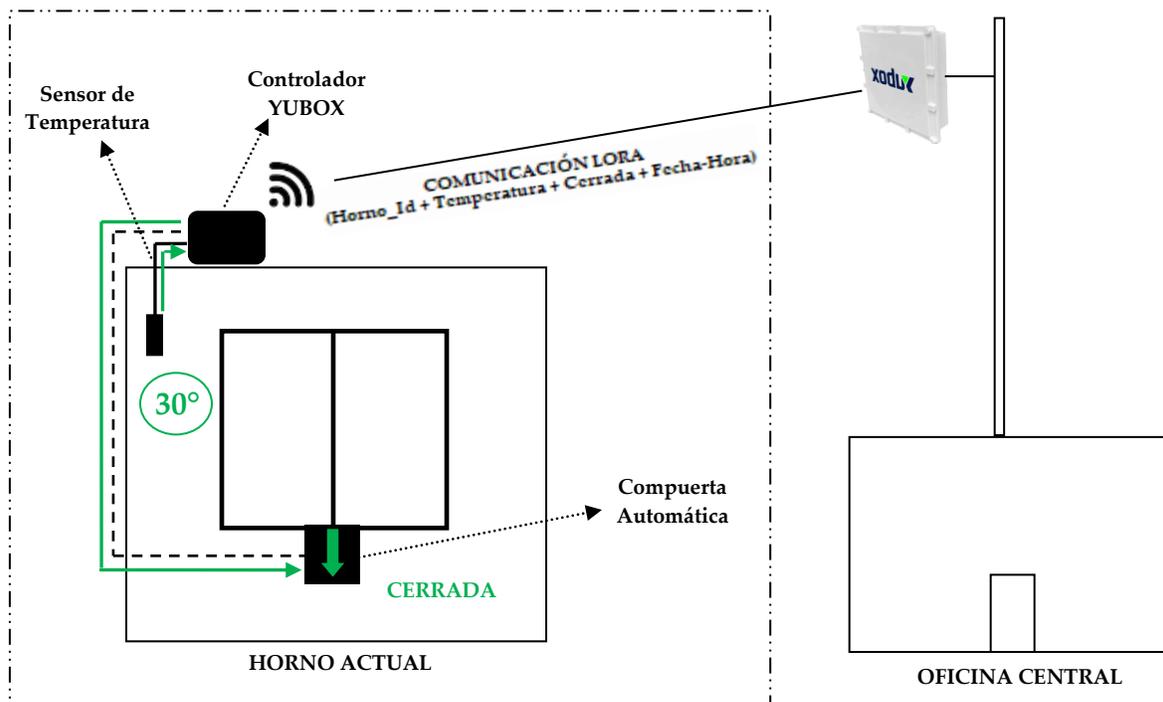


Figura 13. Esquema de funcionamiento el cierre de la compuerta de horno

Una vez que los datos son recibidos en el *gateway* LoRaWAN, estos son transmitidos hacia el Internet a un servidor que hace las veces de visor y normalizador de datos que los normaliza y los grafica para que puedan ser visualizados en un dispositivo móvil (teléfono celular o Tablet) o estático (computador personal), tal como se muestra en la Figura 14.



**Figura 14.** Aplicación móvil con los datos de temperatura de los hornos

Las características técnicas de los componentes necesarios para la implementación de esta alternativa se detallan más adelante (Ver Apéndice A). Una lista valorada de estos componentes para los 4 hornos actuales se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Lista de ítems para la implementación de solución de IoT para los 4 hornos actuales*

Item	Descripción	Tipo	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1	Dispositivo Concentrador con conexión LoRaWAN	Bien	4	\$1.575,00	\$6.300,00
2	Sensor de temperatura de -40°C a 120°C	Bien	4	\$95,00	\$380,00
3	Compuerta Electrónica de 328 mm. x 244 mm.	Bien	4	\$255,00	\$1.020,00
4	<i>Gateway</i> LoRaWAN (incluye antena omnidireccional)	Bien	1	\$790,00	\$790,00
5	App de Control y Monitoreo de datos (válido para Android y IOS.	Bien	1	\$800,00	\$800,00
6	Cable eléctrico, Cable de red categoría 7, Mástil de 6 metros, herrajes.	Materiales	1	\$450,22	\$450,22
7	Instalación, configuración y puesta en Marcha	Servicio	4	\$600,00	\$2.400,00
8	Capacitación inicial	Servicio	1	\$0,00	\$0,00
				<b>TOTAL:</b>	<b>\$12.140,22</b>

Como se muestra en la tabla anterior, para la implementación de esta alternativa se requiere una inversión inicial de USD\$12.140,22 que incluye el equipamiento necesario, la instalación y puesta en marcha de la solución. En la Tabla 9, se muestra un análisis financiero mediante un flujo de caja proyectado a 5 años con un incremento del 5%.

**Tabla 9**

*Flujo de caja proyecto a 5 años con un incremento del 5% anual para solución de IoT*

	0	1	2	3	4	5
Ahorro (ingresos) <sup>7</sup>		\$16.788,35	\$17.627,77	\$18.509,16	\$19.434,61	\$20.406,34
Multas por retraso en entrega del producto (arroz envejecido)		\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Egreso por Mano de Obra en Horas Extras		\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Egreso Gas Licuado de Petróleo Adicional por errores humanos		\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Capacitación Operadores		-\$900,00	-\$900,00	-\$900,00	-\$900,00	-\$900,00
Costo de Mantenimiento		-\$1.250,00	-\$1.250,00	-\$1.250,00	-\$1.250,00	-\$1.250,00
Depreciación		\$4.006,27	\$4.006,27	\$4.006,27	\$4.006,27	\$4.006,27
Inversión Inicial	<b>-\$12.140,22</b>					
<b>Flujo Operativo Neto</b>	<b>-\$12.140,22</b>	\$18.644,62	\$19.484,04	\$20.365,43	\$21.290,89	\$22.262,62
TMAR	25,00%					
TIR	156,36%					
VAN	\$33.350,50					
TIEMPO DE RECUPERACIÓN	0,62 años					

**Perspectiva financiera:** Al realizar una inversión inicial de \$12.140,22 y de acuerdo con un flujo de caja proyectado a 5 años se obtendría una TIR de 156,36% que es alta para el nivel de inversión que se realizará para implementar esta alternativa. También se obtendría un VAN de \$33.350,50 logrando recuperar la inversión en máximo 0,62 años, por lo cual esta alternativa es financieramente viable.

**Perspectiva estratégica:** Al implementar una solución tecnológica que hace uso de una tendencia actual como es el IoT y la comunicación de largo alcance y bajo consumo como es la tecnología LoRaWAN, se alinea a las siguientes perspectivas estratégicas:

- Obtención de datos que me permitan monitorear de forma automática la operación de los hornos e iniciar el proceso de transformación digital de AGROSYLMA S.A.

<sup>7</sup> Ahorro generado por la reducción de: mano de obra (horas-hombre), multas por entregas retrasadas y consumo de GLP.

lo cual permite convertir los datos en información, la información en conocimiento, el conocimiento en estadística y la estadística en decisiones estratégicas.

- Implementar soluciones que den una imagen de modernización a AGROSYLMA S.A. Esto es un valor agregado a la hora de exportar sus productos teniendo tiempos de respuesta y entregas que cumplan con estándares internacionales.
- Crear una ventaja competitiva sobre la competencia local, que en un gran porcentaje aún realiza procesos operativos de forma manual.
- Reutilización de la infraestructura sugerida en esta alternativa para otras áreas y otras soluciones. Al utilizar la tecnología LoRaWAN, se establece una red que puede ser utilizada por otros dispositivos y soluciones de IoT de otras áreas o departamentos.
- Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2024) el consumo de 158,99 Kg de GLP produce una emisión de 236,00 Kg de CO<sub>2</sub> al ambiente. Con esta alternativa se evita la emisión de 23.028,60 Kg de CO<sub>2</sub> anualmente. Esto contribuye a la obtención de una certificación punto verde (MAAE, 2024) para AGROSYLMA S.A.

**Perspectiva Operativa:** El tiempo de implementación de esta alternativa es de 60 días calendarios para los 4 hornos existentes. La implementación se realizará haciendo 2 hornos simultáneamente. Este tiempo incluye la capacitación al personal operativo.

No se requieren trabajos de obra civil.

Esta alternativa genera un ahorro en el costo anual de mano de obra para el proceso de envejecimiento del arroz del 5,66% y un ahorro anual de consumo de gas licuado de petróleo del 27,41%.

## **Alternativa 2. Adquisición de hornos nuevos**

AGROSYLMA S.A. requiere hornos cuya capacidad sea de 50Kg (aprox. 150 sacos por proceso de envejecimiento). Para su adquisición se contactaron a tres compañías fabricantes de hornos de envejecimiento, dos en Ecuador y una en Perú, de las cuáles dos cumplieron con las características técnicas de los hornos requeridos. Una de ellas es la empresa CARHUATECH cuyos hornos operan con GLP (Ver Apéndice B) y la otra es la empresa INDURHOST cuyos hornos operan con energía eléctrica (Ver Apéndice C). También se evaluaron las cotizaciones enviadas por la empresa CARHUATECH (Ver Apéndice D) y por la empresa INDURHOST (Ver Apéndice E).

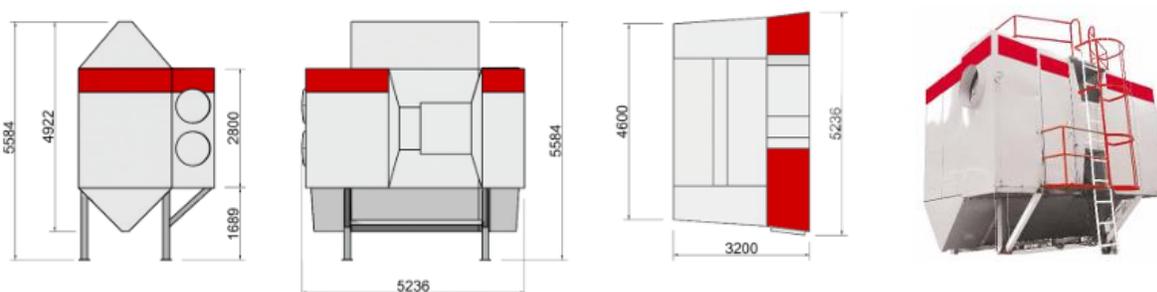
En la Tabla 10, se muestra un cuadro comparativo de los modelos de hornos seleccionados, con algunas características técnicas, el modo de operación, el tiempo de fabricación e instalación, el tiempo de operación y sus precios.

**Tabla 10**

*Cuadro comparativo de características de empresas ofertantes de hornos*

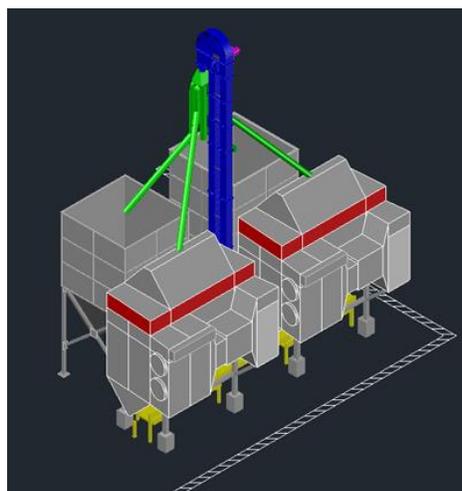
Empresa	Descripción	Modelo	Modo de operación	Capacidad (sacos de 50 Kq.)	Tiempo de implementación (días)	Precio unitario
Carhuatech	Horno de envejecimiento artificial de arroz	16Tn	Gas	320	180	\$50.000,00
Indurhost	Horno de envejecimiento con tecnología alemana	HI01	Eléctrico	140	240	\$45.000,00

Después de la evaluación de la propuesta de cada empresa, la seleccionada fue CARHUATECH dándole prioridad al modo de operación a gas de su modelo 16Tn. Las dimensiones del horno seleccionado hacen que se necesite adecuar el área de envejecimiento de AGROSYLMA S.A., tal como se muestra en la Figura 15.



**Figura 15.** Hornos de envejecimiento de la empresa seleccionada CARHUATECH

La zona de envejecimiento de AGROSYLMA S.A. se adecuará realizando trabajos de obra civil para que los hornos nuevos sean instalados en arreglo de 2 tal como se muestra en la Figura 16.



**Figura 16.** Plano de ubicación de hornos nuevos en la zona de envejecimiento

La adquisición de los 4 hornos nuevos requiere una inversión inicial de USD\$200.00,00 que incluye la instalación y puesta en marcha de los hornos, una capacitación inicial. Este valor no incluye los costos de mantenimientos que son contemplados de forma anual en el flujo de caja proyectado a 5 años con un incremento del 5% que se muestra en la Tabla 11.

**Tabla 11**

*Flujo de caja proyecto a 5 años con un incremento del 5% anual para 4 hornos nuevos*

	0	1	2	3	4	5
Ahorro (ingresos)		\$18.895,32	\$19.840,09	\$20.832,09	\$21.873,69	\$22.967,38
Multas por retraso en entrega del producto (arroz envejecido)		\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Egreso por Mano de Obra en Horas Extras		\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Egreso Gas Licuado de Petróleo Adicional por errores humanos		\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Capacitación Operadores		-\$2.575,00	-\$2.575,00	-\$2.575,00	-\$2.575,00	-\$2.575,00
Costo de Mantenimiento		-\$2.000,00	-\$2.000,00	-\$2.000,00	-\$2.000,00	-\$2.000,00
Depreciación		\$66.000,00	\$66.000,00	\$66.000,00	\$66.000,00	\$66.000,00
Inversión Inicial	-\$200.000,00					
<b>Flujo Operativo Neto</b>	<b>-\$200.000,00</b>	\$80.320,32	\$81.265,09	\$82.257,09	\$83.298,69	\$84.392,38
TMAR	25,00%					
TIR	29,79%					
VAN	\$16.123,51					
TIEMPO DE RECUPERACIÓN	2,47 años					

**Perspectiva financiera:** Haciendo una inversión de \$200.000,00 para implementar esta alternativa y de acuerdo con un flujo de caja proyectado a 5 años se obtendría una TIR de 29,79% que es bastante aceptable para una inversión muy alta. También se obtendría un VAN de \$16.123,51 logrando recuperar la inversión en máximo 2,47 años, por lo cual esta alternativa es financieramente viable.

**Perspectiva estratégica:** Esta alternativa de solución se alinea a la visión estratégica de AGROSYLMA S.A. de iniciar su proceso de transformación digital. Los hornos nuevos cotizados por la empresa CARHUATECH, proveen de los datos suficientes que permiten monitorear, medir y tomar decisiones sobre el proceso de envejecimiento del arroz.

La adquisición de hornos nuevos automatizados contribuye a la imagen modernizadora de AGROSYLMA S.A. para su perspectiva estratégica de internacionalizarse y exportar el arroz a mercados donde es muy importante la tecnología con que se llevan los procesos de

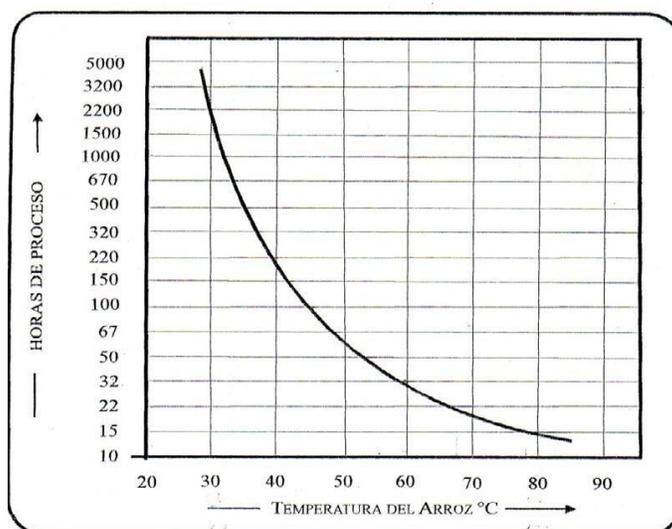
tratamiento de alimentos. En el mercado local, al implementar esta alternativa, se produce un salto cualitativo en lo que a la innovación en el proceso de envejecimiento se refiere frente a la competencia actual. Sin embargo, los hornos nuevos solo pueden ser usados por el área de envejecimiento de AGROSYLMA S.A. ya que no utiliza infraestructura que pueda ser reutilizada por otras áreas.

Esta alternativa también contribuye a evitar anualmente la emisión de 27.028,07 Kg de CO<sub>2</sub> al ambiente alineándose con el objetivo estratégico de AGROSYLMA S.A. de conseguir una certificación punto verde.

**Perspectiva Operativa:** El tiempo de implementación de esta alternativa es de 180 días calendarios para la fabricación, instalación y puesta en marcha de 4 hornos nuevos. Se requiere la adecuación del espacio donde serán instalados incurriendo en trabajos de obra civil. Esta alternativa genera una disminución en el costo anual de mano de obra del 5,66% y un ahorro anual de consumo de gas licuado de petróleo del 32,15%.

### Alternativa 3 (*statu quo*). Monitoreo y control manual.

Esta alternativa no involucra cambios significativos en el proceso actual de control y monitoreo de los hornos de envejecimiento. Este proceso es muy importante para obtener un arroz con las propiedades correctas. Para lograr un exitoso proceso de envejecimiento se recomienda no pasar ciertos límites ya experimentados, tanto en el manejo de la temperatura como en el tiempo de duración del proceso. Existe una relación entre horas del proceso y el manejo de la temperatura, tal como vemos en la Figura 17.



**Figura 17.** Gráfica Temperatura vs Horas de Proceso de envejecimiento

Esta alternativa genera costos adicionales de mano de obra (Ver Apéndice F) y costos adicionales en consumo de gas licuado de petróleo (Ver Apéndice G). Se realiza un análisis financiero que evidencia el efecto de conservar el proceso manual actual para el control y operación de los hornos, como se muestra en la Tabla 12.

**Tabla 12**

*Flujo de caja proyecto a 5 años con un incremento del 5% anual (statu quo)*

	0	1	2	3	4	5
Ahorro (ingresos)		\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Multas por retraso en entrega del producto (arroz envejecido)		-\$1.250,00	-\$1.312,50	-\$1.378,13	-\$1.447,03	-\$1.519,38
Egreso por Mano de Obra en Horas Extras		-\$10.966,15	-\$11.514,46	-\$12.090,18	-\$12.694,69	-\$13.329,42
Egreso Gas Licuado de Petróleo Adicional por errores humanos		-\$5.822,20	-\$6.113,31	-\$6.418,98	-\$6.739,92	-\$7.076,92
Capacitación Operadores		\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Costo de Mantenimiento		\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Depreciación		\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Inversión Inicial	<b>\$0,00</b>					
<b>Flujo Operativo Neto</b>	<b>\$0,00</b>	-\$18.038,35	-\$18.940,27	-\$19.887,28	-\$20.881,64	-\$21.925,73
TMAR	25,00%					
VAN	<b>\$-41.977,99</b>					

**Perspectiva financiera:** En el proceso manual de control y operación de los hornos de envejecimiento se comenten errores que producen multas y un flujo de caja negativo que acumula pérdidas con un VAN de -\$41.977,99.

**Perspectiva estratégica:** Al mantener el *statu quo* se conserva el proceso manual de control y manipulación de los hornos de envejecimiento por parte de los operadores. Esta forma de operar los hornos no se alinea con la transformación digital de AGROSYLMA S.A. almacenando datos de forma manual en informes escritos por supervisores y muchas veces por los mismos operadores. La ausencia de datos fidedignos y por ende poca información valiosa que no es posible obtenerla en tiempo real, no contribuye la toma de decisiones consciente e inteligente. Esta alternativa tampoco contribuye a la imagen de modernización de procesos que necesita y busca AGROSYLMA S.A. para la internacionalización y exportación del arroz. Los procesos manuales forman parte de la común operación de la competencia. Esta alternativa no genera ninguna ventaja competitiva frente a las otras empresas piladoras del Ecuador.

**Perspectiva Operativa:** Esta alternativa no requiere trabajos nuevos ni tecnológicos ni de obra civil. El personal operativo no requiere de ninguna capacitación. El mantener el *statu quo* genera costos anuales de horas extras por \$4.620,90 y costos anuales adicionales de gas licuado de petróleo por \$14.274,42.

## Resumen de Análisis Cualitativo de Pros y Contras de Alternativas.

Después de haber analizado cada una de las alternativas desde una perspectiva financiera, estratégica y operativa, se ha elaborado un cuadro comparativo de pros y contras como se muestra en la Tabla 13.

**Tabla 13**

### *Pros y contras de las alternativas*

<b>Alternativa 1: Solución de IoT de automatización de los hornos actuales</b>	
<b>Pros</b>	<b>Contra</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de horas extras ocasionadas por errores humanos.</li> <li>• Disminución del consumo adicional de gas licuado de petróleo por errores humanos.</li> <li>• Hacer más eficiente el proceso de envejecimiento reduciendo los errores humanos.</li> <li>• Alineación con el proceso estratégico de transformación digital de la empresa.</li> <li>• Disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente.</li> <li>• Poseer alertas automatizadas sobre eventos ocurridos dentro del proceso de envejecimiento del arroz.</li> <li>• Baja inversión inicial.</li> <li>• Tiempo de implementación corto.</li> <li>• Instalación y configuración poco compleja de esta alternativa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inversión adicional no planificada en el 2024.</li> <li>• Pasar por un proceso de aprendizaje de conceptos y herramientas tecnológicas para el personal operativo.</li> <li>• Adaptar elementos tecnológicos de última generación en hornos no modernos.</li> <li>• No es una solución 100% nueva y totalmente automatizada (aún se deben encender y apagar los hornos al inicio y al final del proceso de envejecimiento del arroz, respectivamente).</li> </ul>
<b>Alternativa 2: Comprar hornos nuevos automatizados</b>	
<b>Pros</b>	<b>Contra</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modernización del equipamiento para el proceso de envejecimiento del arroz.</li> <li>• Agregar automatización a los hornos utilizados en el proceso de envejecimiento del arroz.</li> <li>• Disminución de horas hombre utilizadas en el proceso de envejecimiento del arroz.</li> <li>• Disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No provee de estadísticas ni transmisión de datos.</li> <li>• La inversión inicial es bastante elevada.</li> <li>• No se alinea al proceso de transformación digital que inició la empresa.</li> <li>• La fabricación e implementación de los hornos requiere un tiempo prolongado.</li> <li>• El mantenimiento de los hornos nuevos es mucho más complejo y obliga a tener un contrato de servicio.</li> </ul>
<b>Alternativa 3: Proceso actual de control manual (<i>statu quo</i>)</b>	
<b>Pros</b>	<b>Contra</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso operativo conocido.</li> <li>• Cero inversiones adicionales y conservar el presupuesto anual ya aprobado.</li> <li>• Evitar conflictos ocasionados por el cambio.</li> <li>• Evitar horas y esfuerzos destinados al aprendizaje de cualquier nueva tecnología o funcionamiento operativo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor costo en mano de obra.</li> <li>• Gastos adicionales en consumo de gas licuado de petróleo causado por errores.</li> <li>• Ineficiencia operacional.</li> <li>• Retraso en los procesos de almacenaje, despacho y llegada al cliente.</li> <li>• Ir en sentido contrario al objetivo estratégico de transformación digital de la empresa.</li> </ul>

### Resumen de Perspectiva Financiera de Alternativas.

A continuación, se resumen los valores obtenidos en el análisis financiero de las alternativas propuestas comparando la perspectiva financiera de cada una de ellas, tal como se muestra en la Tabla 14.

**Tabla 14**

*Resumen de perspectiva financiera de alternativas*

	Alternativas	Inversión Inicial	TMAR	TIR	VAN
1	Solución de IoT de automatización de los hornos actuales	\$12.140,22	25,00%	156,36%	\$33.350,50
2	Comprar hornos nuevos automatizados	\$200.000,00	25,00%	29,79%	\$16.123,51
3	Proceso actual de control manual ( <i>statu quo</i> ).	\$0,00	25,00%	N/A	-\$41.977,99

### Resumen de Perspectiva Operativa de Alternativas.

A continuación, se comparan valores importantes de las perspectivas operativas de cada una de las alternativas, tal como se muestra en la Tabla 15.

**Tabla 15**

*Resumen de perspectiva operativa de alternativas*

	Alternativa	Tiempo de Implementación (días)	Ahorro en mano de obra (%)	Ahorro en consumo de GLP (%)
1	Solución de IoT de automatización de los hornos actuales	60	5,66	27,41
2	Comprar hornos nuevos automatizados	180	5,66	32,15
3	Proceso actual de control manual ( <i>statu quo</i> ).	0	0	0

### Toma de decisión

Una vez revisado los resultados obtenidos desde las perspectivas financieras, estratégicas y operativas de cada alternativa, se determina que la implementación de una solución de IoT (alternativa 1) es la que tiene mayor TIR y VAN y que requiere una menor inversión inicial, se alinea al proceso de transformación digital de AGROSYLMA S.A. y se implementa en el menor tiempo.

#### 4. Evaluación de Riesgos

Según la Organización Internacional de Normalización (ISO, 2018), a través de la norma ISO 31000:2018, en su numeral 3.1 define el riesgo como “un efecto de la incertidumbre sobre los objetivos”; mientras que a la gestión del riesgo la define como “las actividades coordinadas para dirigir y controlar la organización con relación al riesgo”.

Según Palma Rodríguez (Palma Rodríguez, 2011) para poder obtener el riesgo se debe considerar la probabilidad de que el riesgo se materialice y el impacto del potencial suceso, a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad de ocurrencia} * \text{Nivel de impacto}$$

Para evaluar el riesgo de la alternativa seleccionada usando la fórmula de Palma Rodríguez, se definió una escala de probabilidad de ocurrencia del riesgo, que va desde Muy Baja hasta Muy Alta con niveles del 1 al 5 respectivamente, tal como se muestra en la Tabla 16.

**Tabla 16**

*Escala de probabilidad de riesgo*

Probabilidad de Ocurrencia	Nivel
Muy Alta	5
Alta	4
Media	3
Baja	2
Muy Baja	1

Otro valor importante para poder determinar la matriz de riesgo de la alternativa seleccionada es el nivel de impacto, que para este caso se definió usando una escala que va desde Despreciable hasta Catastrófico con niveles del 1 al 5 respectivamente, tal como se muestra en la Tabla 17.

**Tabla 17**

*Escala de nivel de impacto*

Impacto	Nivel
Catastrófico	5
Crítico	4
Moderado	3
Marginal	2
Despreciable	1

Con las escalas de probabilidad de ocurrencia y nivel de impacto establecidas, se definieron los siguientes riesgos producto de implementar una solución de IoT para la automatización

de los hornos de envejecimiento con sus respectivos valores de riesgos, tal como se muestran en la Tabla 18.

**Tabla 18**

*Valoración del riesgo*

	Riesgo	Nivel de Probabilidad	Nivel de Impacto	Valor de Riesgo
1)	Fallos de energía que dejen fuera de operación los elementos activos de la solución (controlador, sensor, compuerta automática).	2	4	8
2)	Fallos del enlace de internet (aplica solo para las alertas y notificaciones).	2	2	4
3)	Vulnerabilidad (hackeo) de los dispositivos (violación de la privacidad de los datos).	1	3	3
4)	Rechazo a la solución propuesta por parte del personal operativo.	1	2	2

La valoración de riesgo determinó que el fallo de energía es el riesgo más alto. A continuación, se muestra la ubicación de cada riesgo en una matriz gráfica, tal como se muestra en la Tabla 19.

**Tabla 19**

*Matriz de riesgo*

		IMPACTO				
		Despreciable 1	Marginal 2	Moderado 3	Crítico 4	Catastrófico 5
PROBABILIDAD	Muy Alta 5					
	Alta 4					
	Media 3					
	Baja 2		2		1	
	Muy Baja 1		4	3		

Una vez identificados los riesgos de la implementación de una solución de IoT y su impacto, se elabora un plan de mitigación para cada uno de ellos, tal como se muestra en la Tabla 20.

**Tabla 20**

*Plan de mitigación de riesgo*

<b>Riesgo</b>	<b>Plan de Mitigación</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Fallos de energía que dejen fuera de operación los elementos activos de la solución (controlador, sensor, compuerta automática).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Instalar una unidad de respaldo de energía (<i>Uninterruptable Power Supply</i>, [UPS]). El UPS, que en español significa Fuente de Energía Ininterrumpida, deberá ser de 1 kwh y proporcionar al menos 4 horas de autonomía.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Fallos del enlace de internet (aplica solo para las alertas y notificaciones).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Contratar servicio de internet con al menos dos proveedores diferentes.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Vulnerabilidad (hacking) de los dispositivos (violación de la privacidad de los datos).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Colocar los dispositivos de IoT que forman parte de la solución detrás de un cortafuegos.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Rechazo a la solución propuesta por parte del personal operativo.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar una o varias sesiones de socialización de la solución que explique las ventajas de su implementación.</li></ul>

Una vez establecidos y evaluados los riesgos, el plan de mitigación propuesto permite tener una estrategia para evitar o responder a posibles amenazas potenciales como consecuencia de la implementación de la solución de IoT.

## **5. Plan de Implementación**

En esta sección se define el plan de implementación de la alternativa seleccionada para este caso de negocio. El plan se lo ha dividido en 5 fases y en cada una de ellas se detallan las actividades a realizar, el plazo de ejecución y los recursos necesarios para ejecutarlas. Las fases establecidas son:

- Fase 1: Contratación de empresa proveedora de sistema.
- Fase 2: Reunión preliminar e Inspección Física.
- Fase 3: Implementación.
- Fase 4: Capacitación y Socialización.
- Fase 5: Acompañamiento y Soporte.

**Fase 1: Contratación de empresa proveedora de sistema.** En esta fase se elaboran los términos de referencia para la implementación de la solución de IoT detallando las características técnicas de los equipos requeridos, la experiencia solicitada, las

motivaciones, los plazos de ejecución, las condiciones comerciales y legales de contratación, etc.

Esta fase no requiere provisionamiento de recursos económicos y tiene una duración de 13 días, tal como se muestra en la Tabla 21.

**Tabla 21**

*Detalle de Actividades de la Fase 1: Contratación de empresa proveedora del sistema*

Actividades	Plazo (días)	Responsable
Elaboración de los Términos de Referencia para la implementación de una solución de IoT, que contemple aspectos técnicos requeridos, aspectos legales y experiencia demostrada por los oferentes.	3	Gerente, jefe de compras y jefe de operaciones
Publicar la convocatoria a licitación a proveedores nacionales e internaciones.	1	Proveedor y jefe de operaciones
Período de Recepción de Ofertas.	7	Jefe de operaciones
Apertura de Ofertas y Adjudicación.	2	Gerente y jefe de operaciones
<b>TOTAL:</b>	<b>13</b>	

**Fase 2: Reunión preliminar e Inspección Física.** Una vez adjudicada la implementación de la solución de IoT al oferente ganador, se inicia la fase 2 que consiste en una reunión preliminar de todas las partes involucradas. Adicionalmente, se realiza una inspección física de los hornos y de la zona de trabajo.

Esta fase requiere provisionar el 60% de la inversión inicial y tiene una duración de 4 días, tal como se muestra en la Tabla 22.

**Tabla 22**

*Detalle de Actividades de la Fase 2: Reunión preliminar e inspección física*

Actividades	Plazo (días)	Responsable
Reunión preliminar con Gerente, jefe de operaciones para explicar la solución de implementación de IoT y entender sus pros y contras.	1	Proveedor, gerente y jefe de operaciones
Inspección física de los hornos actuales (medición de dimensiones, lugar de trabajo, etc.)	1	Proveedor y jefe de operaciones
Informe de Alcance y cronograma de puesta en marcha.	2	Proveedor
<b>TOTAL:</b>	<b>4</b>	

**Fase 3: Implementación.** En esta fase se detallan las actividades, plazos y responsables para implementar la solución de IoT. Esta fase no requiere el provisionamiento de recursos económicos y tiene una duración de 40 días, tal como se detalla en la Tabla 23.

**Tabla 23**

*Detalle de Actividades de la Fase 3: Implementación*

<b>Actividades</b>	<b>Plazo (días)</b>	<b>Responsable</b>
Instalación de <i>gateway</i> LoRaWAN en oficina central	2	Proveedor
Conectividad y configuración de <i>gateway</i> LoRaWAN en oficina central	1	Proveedor
Pruebas de conectividad y transmisión	1	Proveedor
<b>Horno 1</b>		
Instalación, conexión y configuración de la puerta automática, el sensor de temperatura y el concentrador en el horno 1	5	Proveedor
Conectividad con <i>gateway</i> LoRaWAN	1	Proveedor
Pruebas de conectividad y funcionamiento internos (medición de temperatura y apertura de puerta) y Pruebas de transmisión al <i>gateway</i> LoRaWAN	2	Proveedor y jefe de operaciones
<b>Horno 2</b>		
Instalación, conexión y configuración de la puerta automática, el sensor de temperatura y el concentrador en el horno 2	5	Proveedor
Conectividad con <i>gateway</i> LoRaWAN	1	Proveedor
Pruebas de conectividad y funcionamiento internos (medición de temperatura y apertura de puerta) y Pruebas de transmisión al <i>gateway</i> LoRaWAN	2	Proveedor y jefe de operaciones
<b>Horno 3</b>		
Instalación, conexión y configuración de la puerta automática, el sensor de temperatura y el concentrador en el horno 3	5	Proveedor
Conectividad con <i>gateway</i> LoRaWAN	1	Proveedor
Pruebas de conectividad y funcionamiento internos (medición de temperatura y apertura de puerta) y Pruebas de transmisión al <i>gateway</i> LoRaWAN	2	Proveedor y jefe de operaciones
<b>Horno 4</b>		
Instalación, conexión y configuración de la puerta automática, el sensor de temperatura y el concentrador en el horno 4	5	Proveedor
Conectividad con <i>gateway</i> LoRaWAN	1	Proveedor
Pruebas de conectividad y funcionamiento internos (medición de temperatura y apertura de puerta) y Pruebas de transmisión al <i>gateway</i> LoRaWAN	2	Proveedor y jefe de operaciones
<b>App</b>		
Pruebas de Transmisión de datos a la Nube (servidor en la nube vía internet)	1	Proveedor y jefe de operaciones
Instalación de App en celulares de gerente y jefe de operaciones	1	Proveedor y jefe de Operaciones
Pruebas de Visualización de Datos	1	Proveedor, gerente y jefe de operaciones
Puesta en Producción de todos los hornos	1	Proveedor, gerente y jefe de operaciones
<b>TOTAL:</b>	<b>40</b>	

**Fase 4: Capacitación y Socialización.** Esta fase consiste en la socialización y capacitación de la solución implementada. Esta fase no requiere el provisionamiento de recursos económicos y tiene una duración de 2 días, tal como se muestra en la Tabla 24.

**Tabla 24**

*Detalle de Actividades de la Fase 4: Capacitación y Socialización*

Actividades	Plazo (días)	Responsable
Capacitación del funcionamiento de la solución de IoT al supervisor y a los operadores	1	Proveedor y jefe de operaciones
Capacitación del funcionamiento de la App al gerente y al jefe de operaciones	1	Proveedor, gerente y jefe de operaciones
<b>TOTAL:</b>	<b>2</b>	

**Fase 5: Acompañamiento y Soporte.** Esta fase garantiza el buen funcionamiento de toda la solución implementada e inicia una vez concluida la fase 4. Esta fase requiere provisionar el 40% de la inversión inicial y tiene una duración de 2 días, tal como se muestra en la Tabla 25.

**Tabla 25**

*Detalle de Actividades de la Fase 5: Acompañamiento y Soporte*

Actividades	Plazo (días)	Responsable
Acompañamiento del proveedor al personal operativo para monitorear el buen funcionamiento de la solución de IoT implementada.	1	Proveedor y jefe de operaciones
Inicio del período de garantía, soporte y mantenimiento	1	Proveedor y jefe de operaciones
<b>TOTAL:</b>	<b>2</b>	

### Detalle de cronograma por fases

En la Tabla 26 se detalla el cronograma de actividades por fase y se propone una fecha de inicio tentativa.

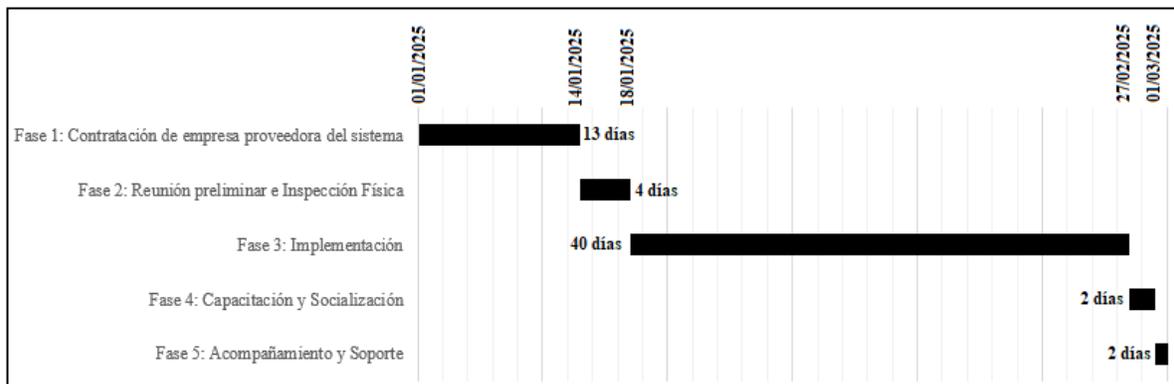
**Tabla 26**

*Cronograma de implementación por fases*

Fase	Actividad	Duración (días)	Fecha de inicio	Fecha de fin
1	Contratación de empresa proveedora del sistema	13	01/01/2025	13/01/2025
2	Reunión preliminar e Inspección Física	4	14/01/2025	17/01/2025
3	Implementación	40	18/01/2025	26/02/2025
4	Capacitación y Socialización	2	27/02/2025	28/02/2025
5	Acompañamiento y Soporte	2	01/03/2025	02/03/2025
<b>TOTAL:</b>		<b>61</b>		

## Diagrama de Gantt por fases

El diagrama de Gantt (Rebière, 2018) de la implementación de la solución de IoT nos permite apreciar de manera gráfica las fechas de inicio y fin e identificar las actividades que toman más tiempo, tal como se muestra en la Figura 18.



**Figura 18.** Diagrama de Gantt de la implementación de la solución de IoT

El plan de implementación de la solución de IoT tiene una duración de 61 días y los recursos necesarios por parte de AGROSYLMA S.A. para todas las fases son:

- Gerente cuya función será controlar todo el plan de implementación desde una posición ejecutiva.
- Jefe de operaciones cuya función será supervisar, auditar y facilitar las actividades del proveedor adjudicado.
- Jefe de compras cuya labora es ejecutar la fase 1 del plan de implementación.
- La inversión inicial de \$12.140,22.

## 6. Conclusiones y Recomendaciones

En este caso de negocio se definió la oportunidad de optimizar y automatizar el proceso de envejecimiento del arroz para la empresa AGROSYLMA S.A., proceso que actualmente se realiza de forma manual.

En una reunión con el gerente y el jefe de operaciones se definieron cuatro alternativas de solución, las cuales fueron evaluadas usando una matriz de impacto quedando como resultado las tres alternativas con mayor calificación. Las alternativas resultantes a su vez fueron evaluadas desde una perspectiva financiera, estratégica y operativa.

La alternativa seleccionada fue la implementación de una solución de IoT usando como conectividad una red LoRaWAN, la cual puede ser ejecutada con una inversión inicial de \$12.140,22, teniendo una TIR de 156,36% y un VAN de \$33.350,50, siendo esta la de menor inversión inicial, mayor tasa interna de retorno y mayor valor actual neto.

Esta alternativa se alinea con los planes estratégicos de AGROSYLMA S.A. al contribuir a su proceso de transformación digital, su imagen corporativa de modernización para la exportación de sus productos, la reutilización de la infraestructura existente y la reducción de la emisión de 23.028,60 Kg de CO<sub>2</sub> anualmente para obtener una certificación punto verde.

La alternativa escogida cuenta con un sólido plan de mitigación de riesgo el cual garantiza una respuesta oportuna a eventualidades y su plan de implementación, que tiene una duración de 61 días, está acorde con la urgencia que tiene AGROSYLMA S.A. para alcanzar sus objetivos propuestos como son: la disminución de los costos de mano de obra y la reducción del consumo GLP.

Se recomienda cumplir con los planes de mantenimiento que sugiere el proveedor adjudicado, así como también hacer uso de los datos generados de la automatización de los hornos actuales y tomar decisiones acertadas acerca del proceso de envejecimiento. Un siguiente paso sería incluir algún algoritmo de inteligencia artificial que pueda predecir comportamientos anómalos de los hornos y así prevenir futuros daños.

El análisis de este caso sirve como modelo y oportunidad de mejora para que otras empresas relacionadas con la industrialización del arroz implementen la alternativa seleccionada y así contribuyan con el sector agrícola del Ecuador, con el medio ambiente y como consecuencia con la economía y el bienestar de los ecuatorianos.

Por último, la metodología “caso de negocio de Harvard” ha permitido, de manera ágil y fundamentada, encontrar la mejor alternativa de solución para la situación que presentan los hornos actuales de la empresa AGROSYLMA S.A.

## Referencias

- AGROSYLMA S.A. (2023). *Logo de empresa AGROSYLMA S.A. [Logo]*. Obtenido de AGROSYLMA S.A.: <https://www.agrosylma.com/>
- AGROSYLMA S.A. (2024). *Bolsa de Valores de Guayaquil*. Obtenido de Emisores de Prospectos de Renta Variable: <https://www.bolsadevaloresguayaquil.com/sigcv/Opciones%20de%20Inversion/Renta%20Fija/Prospectos/PRODUCTOS%20DEL%20AGRO%20SYLVIA%20MARI A%20S.A.%20AGROSYLMA/Obligaciones/Prospecto%20V.pdf>
- AGROSYLMA S.A. (2024). *INFORME DE CONSUMO SEMESTRAL [Gráfica]*. Guayaquil: Departamento de Operaciones.
- ASSOCIATION, A. (2020). *JEL Classification Code Guides*. Obtenido de EconLit Subject Descriptors: <https://www.aeaweb.org/jel/guide/jel.php>
- CFN, C. F. (2023). Obtenido de Biblioteca: <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2023/fichas-sectoriales-1-trimestre/Ficha-Sectorial-Arroz.pdf>
- CFN, C. F. (2023). *Proceso de Producción del Arroz [Gráfico]*. Quito.
- EPA, A. d. (Marzo de 2024). *Calculadora de equivalencias de gases de efecto invernadero*. Obtenido de EPA: <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/calculadora-de-equivalencias-de-gases-de-efecto-invernadero-calculos>
- FC CONSTRUCCIONES S.A. (2023). *PROYECTO ENVEJECEDORES AGROSYLMA S.A. (PLANO VISTA FRONTAL) [Diagrama]*. Guayaquil.
- FC CONSTRUCCIONES S.A. (2023). *PROYECTO ENVEJECEDORES AGROSYLMA S.A. (PLANO VISTA SUPERIOR) [Diagrama]*. Guayaquil.
- INEC. (2022). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC)*. Obtenido de Boletín Técnico: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- ISO, O. I. (2018). *ISO 31000:2018(es) Gestión del riesgo — Directrices*. Obtenido de Online Browsing Platform (OBP): <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:es>
- Landivar, E. (2024). *LoRaWAN para todos: Redes IoT de larga distancia y bajo consumo (Spanish Edition)*. En E. Landivar, *LoRaWAN para todos: Redes IoT de larga distancia y bajo consumo* (págs. 15-42). Guayaquil: Independiente.
- MAAE. (2024). *Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*. Obtenido de Emisión de certificación Ecuatoriana Ambiental Punto Verde CEA al sector de

servicios: <https://www.gob.ec/maae/tramites/emision-certificacion-ecuatoriana-ambiental-punto-verde-cea-al-sector-servicios>

MAGAP. (2022). *BOLETÍN SITUACIONAL CULTIVO DE ARROZ*. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec>

Osborn, A. (1953). *Applied Imagination: Principles and Procedures of Creative Problem Solving*. New York: Charles Scribner's Sons.

Palma Rodríguez, C. (2011). ¿CÓMO CONSTRUIR UNA MATRIZ DE RIESGO OPERATIVO? *Ciencias Económicas* 29-No. 1: 2011, 629-635.

Peláez, J. P. (2020). *Internet de las Cosas (IoT) con ESP. Manual Práctico*. Valladolid: Ediciones Paraninfo.

Pérez, A. (24 de Abril de 2021). *VAN y TIR: fórmulas para mejorar la rentabilidad de la inversión*. Obtenido de OBS Business School: <https://www.obsbusiness.school/blog/van-y-tir-formulas-para-mejorar-la-rentabilidad-de-la-inversion>

Rebière, O. R. (2018). *¿Qué es un diagrama de Gantt?: Comprender y utilizar con eficacia el software libre Gantt Project para la gestión de proyectos*. Independiente.

SRI. (2021). *Normas Tributarias*. Obtenido de Servicios de Rentas Internas: <https://www.sri.gob.ec/DocumentosAlfrescoPortlet/descargar/b1055d62-8021-4a3c-9679-58f9c8cd38f7/Art.+10+Deducciones.pdf>

URBINA, B. (2010). *FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA ECONÓMICA*. MCGRAW-HILL.

**Apéndice A. Características técnicas de componentes de solución de IoT.**

Imágen	Características Técnicas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SoC de 32 bits a 240 MHz.</li> <li>• 520 KiB de SRAM para código.</li> <li>• Slot para microSD adicional hasta 512GB.</li> <li>• Wi-Fi (802.11 b/g/n) modo dual.</li> <li>• Modo cliente y modo AP en simultáneo.</li> <li>• Módulo LoRaWan con conector I-PEX.</li> <li>• Puerto RS485 (onboard, listo para usar).</li> <li>• Puerto RS422 (onboard, listo para usar).</li> <li>• Comunicaciones UART, SPI, I2C, I2S.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rango de medición: de -40°C a 120°C</li> <li>• Tiempo de respuesta: 75 ms.</li> <li>• Tensión de servicio: 12 – 30 VCC.</li> <li>• Tipo de protección: IP67.</li> <li>• Salida 1: Salida análoga.</li> <li>• Salida 2: Salida de conmutación.</li> <li>• Salida de corriente: 4...20 mA.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensiones: 244mm * 328mm * 50mm</li> <li>• Tamaño de máxima apertura: 245mm * 210mm</li> <li>• Resistencia al calor hasta 200°C.</li> <li>• Tiempo de apertura: 3 s.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carcaza grado industrial IP65 de aluminio fundido y maquinado.</li> <li>• POE</li> <li>• Concentrador LoRaWAN de 8 canales.</li> <li>• Frecuencia central de 915Mhz. Soporte esquema AU915.</li> <li>• Backhaul: Wi-Fi, LTE y Ethernet.</li> <li>• GPS para sincronización de tiempo.</li> <li>• SD card slot.</li> <li>• Puerto USB</li> <li>• Interface gráfica de configuración.</li> <li>• Sensibilidad de hasta -140dBm.</li> <li>• Potencia de transmisión LoRaWAN de 27dB.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visible vía web y en dispositivos móvil con sistema operativo Android y IOS.</li> <li>• Reportes diarios, mensuales y anuales</li> <li>• Filtro por fecha, horno, compuerta.</li> <li>• Notificaciones vía email.</li> <li>• Alarma visual y auditiva.</li> <li>• Reportes descargables en formato .xls, .csv y pdf.</li> <li>• Definición de perfiles de usuarios con permisos específicos.</li> </ul>

**Apéndice B.** Características técnicas de hornos de la empresa CARHUATECH.



Ingeniería latinoamericana  
 tecnología mundial

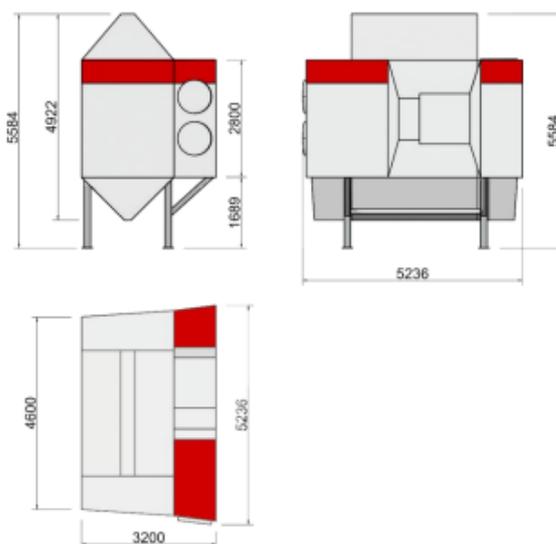
**FICHA TÉCNICA - MÁQUINA DE ENVEJECIMIENTO ARTIFICIAL DE ARROZ**



MODELO 16Tn		
Características Técnicas	Versión a Gas	Versión eléctrica
Potencia Eléctrica Instalada (kW)	5.9	65.7
Motor de ventilador (kW)	5.5	5.5
Motor vibrador de descarga (kW)	0.2	0.2
Motor de quemador (kW)	0.2	-
Resistencia Eléctrica (kW)	-	60
Consumo de combustible (kg de GLP/proceso)	65	-
Consumo de energía eléctrica (kW/proceso)	224	2800
Mecanismo de control	Software	Software
Sensores de Temperatura (und)	7	7
Peso Bruto (Tn)	7.2	7.2
Capacidad de Producción pro proceso	BATCH de 320 sacos (50kg)	BATCH de 320 sacos (50kg)

**ACCESORIOS**

- Chimenea de salida de gases
- Sumidero para condensado de combustión
- Escalera para inspección con guarda cuerpo
- Pasarela para inspección de quemador de gas



**Apéndice C.** Características técnicas de hornos de la empresa INDURHOST.




Datos Técnicos	
Longitud	4040 mm
Ancho	2240 mm
Altura (sin accesorios)	3950 mm
Peso (total)	7060 kg.
Capacidad de carga 154qq	6970 kg.
Motor central	7.5 kW (10 HP)
Motorreductor	0.55 kW (0.75HP)
Ventilador de circulación	0.55 kW (0.75 HP)
Motor vibrador	1.5 kW (2 HP)
Resistencias caloríficas	54 kW (73 HP)
Consumo por carga (según el manejo que se le dé)	360...440 kWh
Consumo eléctrico por qq	2.3...2.6 kWh
Consumo máximo	150 A/220V; 86A/380V, 75 A/440V
Costo electricidad por qq	\$ 0.42 USD
Caja de control y manejo	SIEMENS





**Apéndice F.** Detalle de costos de mano de obra de arroz envejecido.

<b>SUELDO ARROZ ENVEJECIDO</b>	
Sueldo Personal Arroz Envejecido	\$51.549,26
<b>Total de Sueldo Arroz Envejecido:</b>	<b>\$51.549,26</b>
<b>HORAS EXTRAS ARROZ ENVEJECIDO</b>	
Horas Extras Personal Arroz Envejecido	\$4.620,90
<b>Total de Horas Extras Arroz Envejecido:</b>	<b>\$4.620,90</b>
<b>APORTE AL IESS DPTO. ARROZ ENVEJECIDO</b>	
Aporta Patronal IESS Dpto. Arroz Envejecido	\$6.825,13
Fondo de Reserva IESS Dpto. Arroz Envejecido	\$4.419,48
<b>Total de Aporte al IESS Dpto. Arroz Envejecido:</b>	<b>\$11.244,61</b>
<b>BENEFICIOS PERSONAL ENVEJECIDO</b>	
Décimo Tercero Dpto. Arroz Envejecido	\$4.720,36
Décimo Cuarto Dpto. Arroz Envejecido	\$4.040,47
Vacaciones Dpto. Arroz Envejecido	\$2.359,91
Jubilación Dpto. Arroz Envejecido	\$2.685,93
<b>Total de Beneficios Personal Envejecido</b>	<b>\$13.806,67</b>
<b>INDEMNIZACIONES DPTO. ARROZ ENVEJECIDO</b>	
Bonificación por Desahucio Dpto. Arroz Envejecido	\$396,33
<b>Total de Indemnizaciones Dpto. Arroz Envejecido</b>	<b>\$396,33</b>
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA ARROZ ENVEJECIDO</b>	<b>\$81.617,77</b>

**Apéndice G.** Detalle de gastos indirectos del área de arroz envejecido.

<b>GASTOS INDIRECTOS DPTO ENVEJECIDO</b>	
Gas Maquinaria Envejecido	\$44.395,69
Energía Eléctrica Maquinaria Envejecido	\$33.957,61
Mantenimiento Maquinaria Envejecido	\$9.745,58
Reparación Maquinaria Envejecido	\$2.031,62
Mantenimiento y Reparación Edificio Dpto. Envejecido	\$443,99
Movilización Dpto. Arroz Envejecido	\$4.742,77
<b>Total Gastos Indirectos Dpto. Envejecido:</b>	<b>\$95.317,26</b>
<b>DEPRECIACIÓN DPTO. ARROZ ENVEJECIDO</b>	
Depreciación Maquinaria Envejecido	\$11.233,02
Depreciación Equipos de Cómputo Envejecido	\$493,98
<b>Total de Depreciación Dpto. Arroz Envejecido:</b>	<b>\$11.727,00</b>
<b>TOTAL DE GASTOS INDIRECTOS DPTO. ENVEJECIDO:</b>	<b>\$107.044,26</b>