



Modelos de Inteligencia Artificial

PROYECTO


Optimización de la combustión de biomasa y subproductos afines en calderas industriales, mediante el reconocimiento de imagen e interpretación de la combustión con Inteligencia Artificial

Convocatoria de Ayudas 2021 destinadas a proyectos de investigación y desarrollo en inteligencia artificial y otras tecnologías digitales y su integración en las cadenas de valor C005/21-ED. Proyecto: 2021/C005/00148852 Termosun Energías SL "3BD-Biomass Boiler Big Data"

diciembre, 2023

Versión: 1.0



	Modelos de IA Termosun	Fecha: 7/12/2023
---	---------------------------	----------------------------

Abstract

Contexto: Tras un análisis detallado del funcionamiento de la caldera y la evaluación de datos recopilados por sensores durante varios meses, hemos descubierto que la clave para optimizar el rendimiento de la caldera reside en mantenerla en su régimen óptimo de funcionamiento el mayor tiempo posible. Aunque esta conclusión puede parecer simple a primera vista, representa un hallazgo significativo.

Objetivo: El objetivo de los modelos de Inteligencia Artificial en este proyecto es ser una herramienta clave para mantener la caldera en régimen óptimo el mayor tiempo posible.

Metodología: Planteamos 4 modelos, un modelo heurístico y tres modelos de inteligencia artificial:

1. Modelo Vigilante del Presente (Present Watcher), vigila la calidad de combustión en el presente; El modelo permite el control 24/7 de los parámetros de la caldera para la detección inmediata de pérdida en la calidad de combustión.
2. Modelo Vigilante del Futuro (Future Watcher), predice la calidad de combustión del futuro; El modelo permite anticiparse a un mal funcionamiento de la caldera, de forma que podemos aplicar correcciones con antelación y no llegar a salir del régimen óptimo de combustión.
3. Modelo Validador, valida un set de correcciones y da como resultado si con dichas correcciones la calidad de combustión mejorará o empeorará;
4. Modelo Recomendador (o Módulo de recomendación), usa como sub-modelo al modelo validador. Cuando la calidad de combustión empeora el modelo recomendador recomienda un set de correcciones que llevarán a la caldera a una mejora calidad de combustión.

Resultados: El Modelo Vigilante del Presente siempre proporciona valores precisos debido a su naturaleza en tiempo real. El Modelo Validador, siendo difícil de evaluar de forma aislada, se ha evaluado conjuntamente con el Modelo Recomendador, ya que forma parte integral de este último. Se ha determinado que en un 80% de las ocasiones, el Modelo Recomendador es igual o más eficaz que un humano realizando la misma tarea, mientras que en un 20% de los casos, su rendimiento es inferior. Por otro lado, el Modelo Vigilante del Futuro muestra un margen de error de 5 puntos porcentuales en la predicción de la calidad de la combustión.

Conclusiones: Los modelos de IA desarrollados han demostrado ser herramientas valiosas en la mejora y mantenimiento de la eficiencia operativa de la caldera. La capacidad de monitorear y responder en tiempo real (Modelo Vigilante del Presente) asegura una gestión continua y eficiente. La predicción de problemas futuros (Modelo Vigilante del Futuro) y la capacidad de validar y recomendar correcciones de forma autónoma (Modelos Validador y Recomendador) resaltan el potencial de la IA para optimizar los procesos industriales, especialmente en entornos complejos como el de la gestión de calderas.

Index

1	Introducción	4
2	Funcionamiento Global	6
3	Vigilante del presente (Present Watcher)	8
4	Vigilante del futuro (Future Watcher)	9
5	Modelo Validador	12
6	Módulo de recomendación	14
7	Conclusiones	16
8	Mejoras con modelo de llama	18


1 Introducción

El avance tecnológico en la gestión y optimización de sistemas industriales ha llevado a la incorporación de soluciones basadas en Inteligencia Artificial (IA), transformando significativamente el enfoque hacia la eficiencia y el rendimiento operativo. En este contexto, el proyecto de Termosun se erige como un ejemplo pionero en la utilización de IA para la optimización del funcionamiento de calderas. La presente documentación detalla un análisis exhaustivo y las innovadoras estrategias implementadas para mejorar la gestión de calderas, con un enfoque particular en la optimización sostenida y eficiente del rendimiento.

En el núcleo de este proyecto, se sitúa el desafío de mantener la caldera en su régimen óptimo de funcionamiento el mayor tiempo posible. Para abordar este reto, se han desarrollado y desplegado una serie de modelos de IA, cada uno diseñado para un propósito específico dentro del proceso global de gestión de la caldera. Estos modelos abarcan desde la vigilancia continua de los parámetros de funcionamiento hasta la predicción y corrección anticipada de posibles desviaciones, destacando la importancia de la inmediatez, el control constante y la capacidad de anticipación en el manejo eficiente de las calderas.

Este documento se estructura en varias secciones clave, cada una dedicada a un modelo de IA específico y su papel dentro de la estrategia general de optimización. Se explora el "Vigilante del Presente", centrado en la monitorización en tiempo real, y el "Vigilante del Futuro", que se enfoca en la predicción de la calidad de la combustión. También se examinan el "Modelo Validador", que evalúa conjuntos de correcciones, y el "Modelo Recomendador" (o Módulo de recomendación), que sugiere ajustes óptimos para mantener la calidad de la combustión. Cada modelo es analizado en detalle, ofreciendo una visión profunda de su funcionamiento, eficacia y el valor agregado al proceso de gestión de la caldera.


El objetivo final de este documento es proporcionar una comprensión clara de cómo la integración de la IA está revolucionando la gestión de calderas, resaltando tanto los avances logrados como las áreas de mejora y potencial futuro. Este enfoque holístico no solo subraya los logros técnicos del proyecto Termosun, sino que también establece un precedente para futuras investigaciones y aplicaciones de IA en la industria de la gestión de energía.

	Modelos de IA Termosun	Fecha: 7/12/2023
---	---------------------------	----------------------------

La estrategia de optimización se centra en mantener la caldera funcionando en su régimen óptimo el mayor tiempo posible. Para lograr este objetivo, se ha optado por integrar soluciones basadas en IA que ofrecen múltiples ventajas:

- **Inmediatez en la Vigilancia:** Implementando IA para la monitorización constante de los parámetros actuales de la caldera, se minimizan los retrasos en la respuesta, permitiendo una detección eficiente y temprana de cualquier desviación.
- **Control 24/7:** La vigilancia continua garantiza que la caldera opere siempre en condiciones óptimas, con sistemas de alerta inmediatos ante cualquier reducción en la calidad de la combustión.
- **Visión Mejorada de la Llama:** El uso de IA para el análisis ininterrumpido de la llama, tanto de forma remota como directa, facilita la detección y corrección rápidas de anomalías.
- **Anticipación:** La capacidad de la IA para predecir cambios en el régimen de funcionamiento y posibles fallos, posibilita intervenciones proactivas, asegurando la permanencia en el régimen óptimo.
- **Asesoramiento Automatizado:** La IA propone ajustes y correcciones necesarias, aligerando la carga de los operarios y mejorando la eficiencia general del proceso.

Con estos elementos, la introducción de la IA en la gestión de calderas de Termosun promete no solo mantener la eficiencia operativa, sino también marcar un hito en la gestión avanzada de sistemas complejos. Este enfoque integral hacia la optimización, que combina el control constante, la capacidad de anticipación y la asesoría automatizada, no solo mejora el rendimiento de la caldera a lo largo del tiempo, sino que también eleva el estándar de rendimiento en toda la industria.

	Modelos de IA Termosun	Fecha: 7/12/2023
---	---------------------------	---------------------

2 Funcionamiento Global

Integración y Sincronización de Modelos IA

La estrategia global de optimización de la caldera en Termosun se centra en la sinergia y la integración efectiva de diferentes modelos de Inteligencia Artificial (IA). Cada modelo cumple una función específica y se complementa con los demás para lograr un rendimiento óptimo. Esta integración garantiza un equilibrio entre la monitorización en tiempo real, la predicción a corto plazo, la validación de acciones correctivas y las recomendaciones para ajustes óptimos.

Flujo de Datos y Procesamiento

El flujo de datos comienza con el "Modelo Vigilante del Presente", que recoge y analiza datos en tiempo real, ofreciendo una visión inmediata de la calidad de la combustión. Estos datos son fundamentales para la operación de los otros modelos, ya que proporcionan la base para sus análisis y predicciones.

El "Modelo Vigilante del Futuro" utiliza los datos del presente para predecir cambios a corto plazo en la caldera. Este modelo se centra en predecir la calidad de la combustión en un horizonte de 7.5 minutos, permitiendo intervenciones rápidas y efectivas.


Por otro lado, el "Modelo Validador" trabaja en conjunto con el "Modelo Recomendador". Este último utiliza las predicciones y el análisis en tiempo real para sugerir ajustes. El Modelo Validador evalúa estos conjuntos de correcciones y determina su impacto potencial en la calidad de la combustión.

Gestión de Alertas y Acciones Correctivas

Una parte crucial del funcionamiento global es la gestión de alertas y la implementación de acciones correctivas. Los modelos I.A. están diseñados para identificar cualquier desviación de los parámetros óptimos y proponer correcciones. El sistema de alertas garantiza que los operadores sean notificados de inmediato ante cualquier cambio significativo en la calidad de la combustión, permitiendo una rápida intervención.

Análisis Predictivo y Proactivo

El análisis predictivo y proactivo es una piedra angular en la estrategia de optimización global. El "Modelo Vigilante del Futuro" juega un papel crucial en este aspecto, anticipando problemas y permitiendo acciones preventivas en lugar de reactivas. Esta capacidad predictiva es esencial para minimizar los tiempos de inactividad y mejorar la eficiencia general del sistema.

	Modelos de IA Termosun	Fecha: 7/12/2023
---	---------------------------	---------------------


Ajustes Dinámicos y Optimización Continua

Los modelos IA están diseñados para realizar ajustes dinámicos en respuesta a los datos en tiempo real y las predicciones a corto plazo. Esto significa que el sistema puede adaptarse continuamente a las condiciones cambiantes, manteniendo la caldera en su régimen óptimo de funcionamiento. El Modelo Recomendador, en particular, desempeña un papel fundamental al sugerir ajustes precisos y oportunos basados en el análisis integral de los datos disponibles.

Interfaz de Usuario y Supervisión Humana

A pesar del alto grado de automatización a que se puede llevar el sistema, debería existir una interfaz de usuario para la supervisión humana ya que la intervención humana es una parte crucial para el éxito de cualquier solución de Inteligencia Artificial. La interfaz debe proporcionar a los operadores una visión clara del rendimiento de la caldera y de las acciones recomendadas por los modelos IA. Esta interfaz debe facilitar la toma de decisiones informadas y permitiría a los operadores intervenir manualmente si fuera necesario.

El funcionamiento global del sistema de gestión de calderas de Termosun es un ejemplo de cómo la IA puede ser aplicada de manera efectiva para optimizar procesos industriales complejos. La combinación de monitorización en tiempo real, análisis predictivo, gestión proactiva de alertas y ajustes dinámicos, todo ello supervisado por operadores humanos, representa un enfoque holístico y altamente eficiente para la optimización de calderas. Este enfoque no solo mejora la eficiencia operativa sino que también establece un nuevo estándar en la gestión y automatización de sistemas industriales complejos.

	Modelos de IA Termosun	Fecha: 7/12/2023
---	---------------------------	---------------------

3 Vigilante del presente (Present Watcher)


El "Vigilante del Presente" desempeña un papel esencial en el sistema de optimización de la caldera al proporcionar una supervisión constante y en tiempo real de la calidad de la combustión. Su función principal es la vigilancia continua de los parámetros de funcionamiento actuales de la caldera, con un enfoque particular en el nivel de oxígeno y la temperatura en la zona 3 de la caldera.

Este modelo opera las 24 horas del día y los 7 días de la semana, lo que garantiza un monitoreo ininterrumpido de la caldera. Utiliza un modelo empírico basado en estudios previos de optimización y en un análisis exhaustivo de patrones de comportamiento de la caldera. En particular, se centra en la variación del nivel de oxígeno y la temperatura en la zona 3, dos factores críticos para determinar la calidad de la combustión.

La información recopilada por el "Vigilante del Presente" se actualiza constantemente y se utiliza para evaluar el estado actual de la caldera en tiempo real. Si se detecta una reducción en la calidad de la combustión, el modelo emite alertas instantáneas, lo que permite la aplicación inmediata de las correcciones necesarias para restaurar la eficiencia óptima de la caldera en el menor tiempo posible.

Una de las ventajas clave del "Vigilante del Presente" es su capacidad para proporcionar una visión en tiempo real de la calidad de la combustión, lo que permite a los operadores y al sistema de control tomar medidas correctivas de manera inmediata. Esto minimiza los tiempos de inactividad y garantiza que la caldera opere de manera eficiente y sostenible.

En resumen, el "Vigilante del Presente" es una pieza fundamental del sistema, brindando control en tiempo real y asegurando que la caldera opere continuamente en condiciones óptimas. Su capacidad de detectar y responder a las desviaciones en la calidad de la combustión garantiza un rendimiento eficiente y una gestión efectiva de la caldera, lo que contribuye significativamente a la optimización de la eficiencia operativa en el proceso industrial.

	Modelos de IA Termosun	Fecha: 7/12/2023
---	---------------------------	---------------------

4 Vigilante del futuro (Future Watcher)

El "Vigilante del Futuro" de la caldera ahora opera basándose en predicciones con un margen de 7.5 minutos. Este enfoque representa un cambio significativo en la estrategia de supervisión y control de la caldera, y ha surgido como resultado de una cuidadosa evaluación de los desafíos previos en la optimización del proceso de combustión.

Predicciones a Corto Plazo

Los intentos anteriores de crear un modelo predictivo que pronosticara con 30 minutos a 1 hora de anticipación no resultaron exitosos. Inicialmente, se había utilizado un promedio móvil de 2 horas para suavizar las variaciones, pero esto conducía a cambios insignificantes en el lapso de 1 hora. Uno de nuestros investigadores, observó que en la caldera se producían muchos eventos significativos en intervalos de tan solo 2 minutos. Esta observación llevó a una reconsideración de la estrategia y a un enfoque en intervalos de tiempo más cortos.


El cambio a un margen de 7.5 minutos permite una supervisión más efectiva, ya que proporciona un equilibrio entre la capacidad de intervención humana y la automatización del modelo Recomendador. Anteriormente, cuando el Vigilante del Futuro operaba en escalas de tiempo más largas, el Recomendador tenía que proponer ajustes de parámetros para periodos más extensos, lo que limitaba su eficacia. Ahora, con la posibilidad de trabajar en intervalos más cortos, el Recomendador puede realizar ajustes más precisos y reaccionar más rápidamente a las condiciones cambiantes de la caldera.

Enfoque en Dos Modelos

Después de discutir con los expertos de Termosun hemos llegado a la conclusión de que basar los análisis en una calidad de combustión predefinida era un riesgo ya que cambios en las condiciones de contorno, tales como la demanda de potencia, la capacidad calorífica del combustible o la humedad podrían restringir o desplazar el régimen óptimo. Para abordar este desafío, el "Vigilante del Futuro" ahora consiste en dos modelos separados: uno para la Temperatura y otro para el Oxígeno.

La evaluación de la calidad de combustión ya no se realiza de manera preestablecida, sino posteriormente. Esto significa que podemos actualizar la evaluación de calidad en cualquier momento sin necesidad de ajustar los modelos. Este enfoque adaptable garantiza una supervisión más precisa y personalizada de la combustión, teniendo en cuenta las variaciones específicas de la caldera en tiempo real.

Inputs del vigilante del futuro

	Modelos de IA Termosun	Fecha: 7/12/2023
---	---------------------------	----------------------------

En la figura 4.1. se muestra un esquema del Vigilante del Futuro. El vigilante del futuro usa como inputs 33 variables y su evolución durante las últimas 24 horas. Las variables principales usadas son las siguientes: ['CAUD2', 'T1', 'T2', 'T3', 'T10', 'T4', 'T06', 'T07', 'T08', 'M2', 'M19', 'M20', 'M21', 'M23', 'TA2', 'TE8', 'TE9', 'TE18', 'TE19', 'POT1', 'OX', 'P13', 'TE13', 'CAUD1', 'estado', 'P9', 'POT2', 'TA3', 'M22', 'PAR_1N', 'PAR_1P', 'PAR_2N', 'PAR_2P'].

Semáforo de siete Luces

Finalmente, el "Vigilante del Futuro" se presenta como un sistema de semáforo de siete luces, cada una representando diferentes niveles de variación en la caldera. Estos niveles incluyen:

- Baja mucho (-3): Indicando una disminución significativa en la temperatura, oxígeno o calidad de la combustión.
- Baja (-2):
- Baja poco (-1): Señalando una disminución leve en los parámetros monitorizados.
- Variación en torno a cero (0): Indicando estabilidad en los parámetros, sin cambios significativos.
- Sube poco (+1): Señalando un aumento leve en los parámetros monitorizados.
- Sube (+2):
- Sube Mucho (+3): Indicando un aumento significativo en la temperatura, oxígeno o calidad de la combustión.

Este sistema de semáforo proporciona una representación visual clara de las condiciones actuales de la caldera y permite a los operarios tomar decisiones informadas y rápidas para garantizar un funcionamiento óptimo. Para el caso de la temperatura los valores [-3,-2,-1,0,1,2,3] se pueden aproximar en variación en grados centígrados por [-30,-20,-8,0,8,20,30], para el caso del oxígeno se puede aproximar por [-1.5,-1,-0.5,0,0.5,1,1.5] puntos porcentuales. Finalmente para la calidad de combustión (que va de 0 a 1) tendríamos aproximadamente [-0.2,-0.1,-0.05,0,0.05,0.1,0.2] en puntos porcentuales. **Adicionalmente el vigilante del futuro nos da la tendencia de la calidad de combustión, dicha tendencia se basa en los valores de los últimos 22.5 minutos y un punto en el futuro a 7.5 minutos vista, es probablemente uno de los indicadores más fiables.** La tendencia de calidad se indica en 3 estados: “tendencia a la baja”; “tendencia a la alza”, “no hay tendencia definida”.

Modelo Vigilante del Futuro

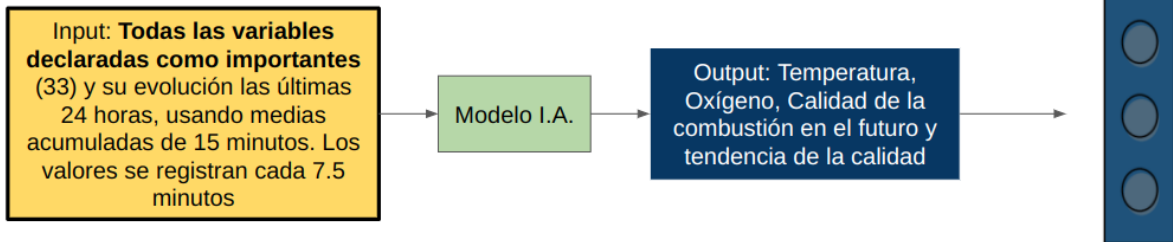



Figura 4.1: Esquema modelo vigilante del futuro

En resumen, el "Vigilante del Futuro" ha evolucionado hacia un sistema de predicción a corto plazo, con un enfoque en modelos separados y una representación visual intuitiva de las condiciones de la caldera. Este enfoque más dinámico y adaptable mejora la eficiencia y la capacidad de respuesta de nuestro sistema de generación de energía.

	Modelos de IA Termosun	Fecha: 7/12/2023
---	---------------------------	---------------------

5 Modelo Validador

El "Modelo Validador" desempeña un papel crucial en el proceso de supervisión y control de la caldera. Su función principal es evaluar la calidad de las predicciones generadas por el "Vigilante del Futuro" y garantizar que las decisiones tomadas en función de estas predicciones sean confiables y seguras.

Evaluación de correcciones

El "Modelo Validador" recibe las correcciones de las variables modificables. Estas correcciones vendrán dadas por el operario o por el modelo recomendador y son los valores de las variables modificables en intervalos de 50 segundos durante siete minutos y medio. Una vez que se reciben las correcciones, el "Modelo Validador" inicia su evaluación de tal manera que nos indica si las correcciones nos van a llevar a una mejor o peor combustión con una antelación de 7.5 minutos.

Input y outputs del modelo validador

Los inputs del modelo validador son los mismos que los del "Vigilante del futuro" per además entran las correcciones de las variables modificables para los proximos 7.5 minutos en intervalos de 50 segundos.

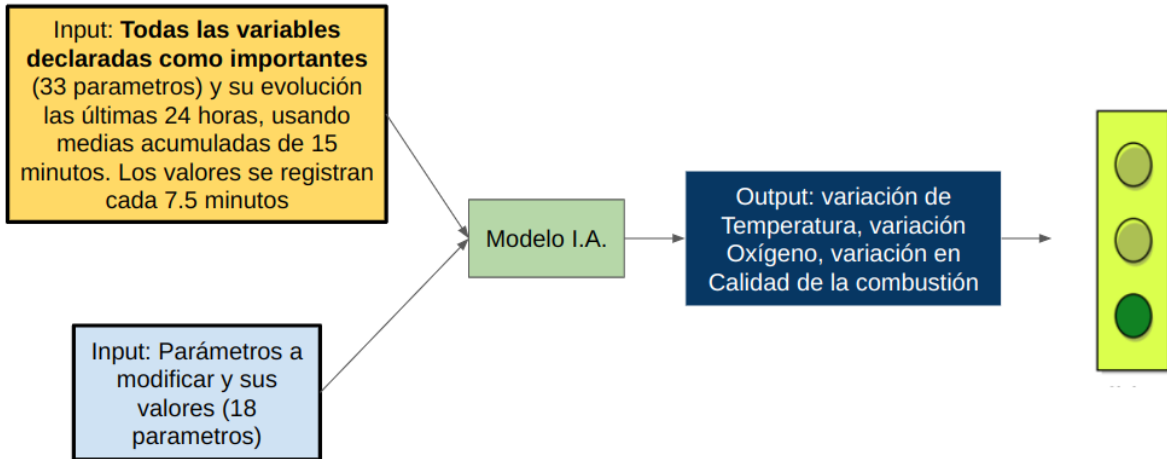
Las variables modificables son las siguientes: ['T1', 'T2', 'T3', 'T10', 'T4', 'T06', 'T07', 'T08', 'M2', 'M19', 'M20', 'M21', 'M23', 'M22', 'PAR_1N', 'PAR_1P', 'PAR_2N', 'PAR_2P']


Respaldo de Decisiones

En resumen, el "Modelo Validador" desempeña un papel de respaldo de decisiones del operario. El operario se puede apoyar en el modelo validador para saber si sus decisiones van a llevar la caldera a una mejor combustión o no.

[3,2,1,0,-1,-2,-3]

Modelo Validador



	Modelos de IA Termosun	Fecha: 7/12/2023
---	---------------------------	----------------------------


6 Módulo de recomendación

El "Módulo de recomendación" es una pieza clave en el sistema de optimización de la caldera de Termosun. **Entendemos como Módulo de recomendación toda la operativa necesaria para la utilización del "Modelo Recomendador", que es su pieza central.** La función principal del módulo es recomendar ajustes específicos para mantener o mejorar la calidad de la combustión en la caldera. Este módulo trabaja en conjunto con el "Modelo Validador" para asegurar que las correcciones sugeridas sean efectivas y beneficiosas.

Funcionamiento

El funcionamiento del "Módulo de recomendación" se basa en la combinación de datos en tiempo real y predicciones a corto plazo proporcionadas por otros modelos del sistema, como el "Vigilante del Presente" y el "Vigilante del Futuro". En la figura 6.1 se muestra un esquema de la parte central y aquí se amplía cómo opera el módulo entero:

- **Recolección de Datos:** El "Módulo de recomendación" recopila datos continuos sobre la calidad de la combustión, la temperatura y el oxígeno en la caldera, que son proporcionados por el "Vigilante del Presente" y el "Vigilante del Futuro".
- **Predicciones a Corto Plazo:** Utiliza las predicciones a corto plazo del "Vigilante del Futuro" para anticipar posibles cambios en la calidad de la combustión en los próximos 7.5 minutos.
- **Análisis Integral:** El modelo realiza un análisis integral de los datos disponibles, considerando las predicciones a corto plazo y el estado actual de la caldera para decidir cuando tiene que intervenir.
- **Sugerencias de Ajustes:** Con base en este análisis, el "Módulo de recomendación" sugiere un conjunto de ajustes específicos que se pueden realizar en la caldera para mantener o mejorar la calidad de la combustión.
- **Validación de Ajustes:** Estas sugerencias se envían al "Modelo Validador" para su evaluación. El "Modelo Validador" determina si los ajustes propuestos son adecuados y si realmente mejorarán la calidad de la combustión.
- **Implementación de Ajustes:** Una vez validados por el modelo, los ajustes sugeridos por el "Módulo Recomendador" pueden ser implementados en la caldera previa aprobación del operario de caldera.

	Modelos de IA Termosun	Fecha: 7/12/2023
---	---------------------------	----------------------------

Importancia en la Optimización

El "Módulo de recomendación" desempeña un papel crucial en la optimización de la caldera. Aquí se destacan algunas de sus contribuciones clave:

- **Automatización de Decisiones:** Puede permitir la automatización de decisiones sobre ajustes en la caldera en función de datos en tiempo real y predicciones a corto plazo. Esto reduce la carga de trabajo manual y acelera la respuesta a cambios en la calidad de la combustión.
- **Mantenimiento de la Calidad:** Ayuda a mantener la calidad de la combustión en niveles óptimos al recomendar ajustes preventivos.
- **Optimización Continua:** Facilita la optimización continua de la caldera al sugerir ajustes precisos y oportunos, lo que contribuye a maximizar la eficiencia operativa.

Interfaz de Usuario

Aunque el "Módulo de recomendación" puede operar principalmente de manera automatizada, se prevé una interfaz de usuario que permite a los operadores supervisar las recomendaciones y tomar decisiones informadas. Esta interfaz proporciona información detallada sobre las sugerencias de ajustes y la validación realizada por el "Modelo Validador", lo que permite a los operadores intervenir manualmente si es necesario.

Resultados

El rendimiento del "Módulo de recomendación" se ha evaluado en conjunto con el "Modelo Validador". En un 80% de las ocasiones, el "Modelo Recomendador" es igual o más eficaz que un humano realizando la misma tarea de recomendación de ajustes. Sin embargo, en un 20% de los casos, su rendimiento es inferior.

Estos resultados indican que el "Modelo Recomendador" es una herramienta valiosa en la optimización de la caldera, pero se reconoce la importancia de la supervisión humana.

Conclusiones

El "Módulo de recomendación" es esencial para mantener y mejorar la calidad de la combustión en la caldera de Termosun. Su capacidad para recomendar ajustes precisos y oportunos contribuye significativamente a la eficiencia operativa del proceso de combustión. Trabaja en estrecha colaboración con el "Modelo Validador" para garantizar que las correcciones propuestas sean efectivas y beneficiosas para la operación de la caldera. Juntos, estos modelos son fundamentales para el éxito del sistema de optimización de calderas de Termosun.

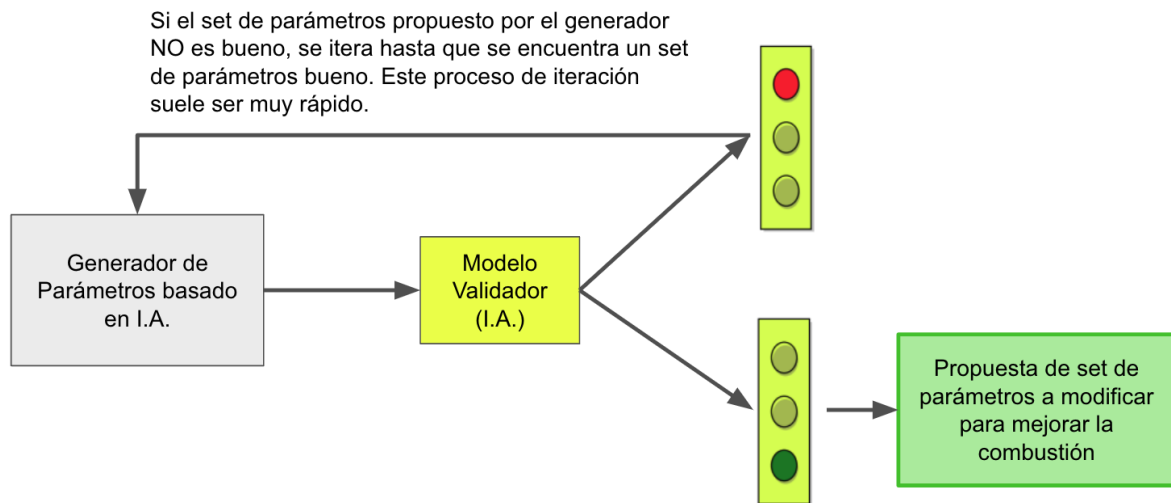


Figura 6.1: Esquema de la parte central del módulo de recomendación.


7 Conclusiones

Los modelos de IA desarrollados han demostrado ser herramientas valiosas en la mejora y mantenimiento de la eficiencia operativa de la caldera. La capacidad de monitorear y responder en tiempo real (Modelo Vigilante del Presente) asegura una gestión continua y eficiente. La predicción de problemas futuros (Modelo Vigilante del Futuro) y la capacidad de validar y recomendar correcciones de forma autónoma (Modelos Validador y Recomendador) resaltan el potencial de la IA para optimizar los procesos industriales, especialmente en entornos complejos como el de la gestión de calderas.

El hecho de que el Modelo Recomendador sea efectivo en un 80% de los casos, superando o igualando el desempeño humano, indica un gran avance en la automatización y precisión de la toma de decisiones en el manejo de calderas. Sin embargo, el 20% restante donde el modelo es menos eficaz que un humano sugiere la necesidad de una supervisión humana y de mejoras adicionales en los algoritmos de IA.

El Modelo Vigilante del Futuro ofrece una perspectiva valiosa sobre la evolución de los parámetros de la caldera, permitiendo intervenciones proactivas y reduciendo potencialmente los tiempos de inactividad y las ineficiencias.

En conclusión, la integración de la inteligencia artificial en la gestión de calderas no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también refuerza la capacidad de anticipación y respuesta rápida a los cambios en las condiciones de operación. Estos modelos de IA representan un paso importante hacia la automatización avanzada y la optimización en la industria de gestión de energía, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos en este campo.


	Modelos de IA Termosun	Fecha: 7/12/2023
---	---------------------------	----------------------------

En este documento, hemos explorado en profundidad el sistema de optimización de calderas de Termosun, destacando sus componentes clave y su funcionamiento. A continuación, resumimos las conclusiones más importantes:

- **Tecnología de vanguardia:** Hemos implementado tecnologías de vanguardia en un sistema de optimización de calderas, aprovechando la inteligencia artificial y el aprendizaje automático para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de los procesos de combustión.
- **Modelos Integrados:** El sistema se basa en una combinación de modelos, incluidos el "Vigilante del Presente", el "Vigilante del Futuro", el "Modelo Validador" y el "Modelo Recomendador". Estos modelos trabajan en conjunto para supervisar, predecir, validar y recomendar ajustes en tiempo real.
- **Optimización Continua:** La optimización de la caldera no es un evento único, sino un proceso continuo. Los modelos en el sistema de Termosun permiten una mejora constante de la calidad de la combustión.
- **Automatización Inteligente:** La automatización inteligente es clave para reducir la carga de trabajo manual y acelerar la toma de decisiones. Los modelos automatizados recomiendan ajustes precisos y oportunos.
- **Interfaz de Usuario Informada:** A pesar de la posible automatización, se prevé una interfaz de usuario que permite a los operadores supervisar y comprender las recomendaciones de los modelos. Esto garantiza una toma de decisiones informada y permite la intervención manual si es necesario.
- **Resultados Positivos:** Los resultados de las pruebas han demostrado que, en la mayoría de los casos, los modelos automatizados superan o igualan el rendimiento humano en la toma de decisiones sobre ajustes en la caldera. Sin embargo, se reconoce la importancia de la supervisión humana.
- **Eficiencia y Sostenibilidad:** El sistema de optimización de calderas de Termosun contribuye a mejorar la eficiencia operativa.

En resumen, el sistema de optimización de calderas de Termosun representa un avance significativo en la gestión de procesos de combustión. Su capacidad para combinar datos en tiempo real, predicciones a corto plazo y recomendaciones automatizadas lo convierte en una herramienta esencial para empresas que buscan mejorar la eficiencia y la sostenibilidad en sus operaciones de calefacción. Termosun se encuentra en la vanguardia de la industria al adoptar estas tecnologías y abordar los desafíos del presente y del futuro en la gestión de calderas.

8 Mejoras con modelo de llama

	Modelos de IA Termosun	Fecha: 7/12/2023
---	---------------------------	----------------------------

Existe una mejora potencial en cuanto a la incorporación de los modelos de llama. Tanto la cámara visual como la cámara térmica que monitorizan la llama aportan una información muy valiosa que en el presente se trata por separado. Las dificultades técnicas de interrupciones en las comunicaciones encontradas durante el proyecto han provocado que tengamos muy pocos datos de las cámaras en comparación con los datos de sensores de la caldera. Por este motivo hemos elegido tratar los modelos de sensores y los modelos de llama por separado. En un futuro la unión de dichos datos para crear modelos conjuntos de llama y sensores llevará la optimización de caldera mediante inteligencia artificial a un nivel superior.