

Agradecimiento

A SENER-CONACYT:

Gracias infinitas por el apoyo otorgado para el desarrollo del proyecto. El cual no hubiese sido posible sin el financiamiento.

El presente proyecto de doctorado lleva a cabo la investigación de diseños mejorados de quemadores con bajas emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) para turbinas de gas y calentadores de proceso, mediante métodos computacionales y experimentación. Y las tecnologías estudiadas están enfocadas para su desarrollo considerando combustión de hidrógeno.

El foco de este proyecto fue el modelado computacional de estabilizadores de flama a bajas emisiones de NOx para quemadores de turbinas de gas, en el cual la combustión de propano e hidrógeno fue investigada. Sin embargo, a la par se trabajó en los proyectos de BEIS del Reino Unido Hy4Heat y Glass Futures y cuya investigación ha sido incluida en diferentes capítulos en la tesis. El primero llevó a cabo el desarrollo de tres modelos de calentadores domésticos para su operación con ambos gas natural e hidrógeno cuidando los niveles de NOx, en vista de la inquietud de en un futuro cambiar la red de gas natural por hidrógeno. El segundo proyecto estudió varios combustibles alternativos (hidrógeno, biodiesel, etanol y glicerol) para reemplazar el gas natural en hornos para producción de vidrio. Dicho estudio se llevó a cabo encontrando la composición de productos y temperaturas adiabáticas a condiciones iniciales variables de diversas mezclas de los combustibles utilizando software de equilibrio. El impacto del vapor de agua sobre la composición en dichos combustibles también fue investigado. Dicho software fue utilizado para confirmar los resultados obtenidos en el estudio computacional de los estabilizadores de flama para turbinas de gas, y para etapas preliminares de Hy4Heat.

Los quemadores de turbinas de gas, calentadores domésticos y hornos industriales comparten características, y los diferentes campos trabajan actualmente para una completa descarbonización para 2050.

ANSYS FLUENT fue utilizado para el estudio computacional, manejando modelado RANS. Un artículo fue publicado en ECCRIA 2018, otro en HEFAT 2019, y dos más fueron publicados en ASME Turbo Expo 2021 y 2022.

El proyecto Green Distilleries sucedió a Hy4Heat para la descarbonización del sector de producción de Whisky, el cual se encuentra en proceso y utiliza

algunos conceptos de los estabilizadores de flama estudiados en la tesis. Los quemadores desarrollados para dicho proyecto permitirán la combustión de hidrógeno, y los biocombustibles estudiados para Glass Futures.

//////////
//////

Acknowledgement

To SENER-CONACYT:

Many thanks for the support given for the development of the project, which would not have been possible without the funding.

This doctoral project carries out the research of improved burner designs for low nitrogen oxides emissions (NOx) for gas turbines and process heaters, using computational and experimental methods. The studied technologies are focused for their development considering hydrogen combustion.

The focus of this project was the computational modelling (CFD) of flame stabilizers for low NOx gas turbine burners, in which the combustion of propane and hydrogen was investigated. However, at the same time, two UK BEIS projects were developed: Hy4Heat and Glass Futures, and the research has been included in different chapters in the thesis. Hy4Heat carried out the development of three types of domestic heaters for their operation with both natural gas and hydrogen, considering their NOx levels. This, given the concern of fuel switching from natural gas to hydrogen. The second project studied various alternative fuels (hydrogen, biodiesel, ethanol and glycerol) to replace natural gas in glass melting furnaces. This study was undertaken by finding the products composition and adiabatic flame temperatures at variable initial conditions of various fuel mixtures using equilibrium software. The impact of water vapor over the glass composition for the various fuels was also investigated. The software was used to confirm the results obtained in the CFD study of flame stabilizers for gas turbines, and for preliminary stages of Hy4Heat.

Gas turbine burners, domestic heaters, and industrial furnaces share similar characteristics, and the different fields are currently working toward complete decarbonization by 2050.

ANSYS FLUENT was used for the computational study, handling RANS modelling. One article was published at ECCRIA 2018, another at HEFAT 2019, and two more were published at ASME Turbo Expo 2021 and 2022.

The Green Distilleries project followed Hy4Heat for the decarbonization of the Whiskey distillation sector, which is currently in progress and uses some concepts of the flame stabilizers studied in the thesis. The burners developed for this project will allow the combustion of hydrogen, and the biofuels studied for Glass Futures.