

# **Título de la Tesis: “Estudio de la zona de alta presión de una planta industrial de urea”**

**Doctorado en Ingeniería Química**

**Autor: Cesari, Daniela Karina**

**Director: Dr. Daniel O. Borio**

## **Resumen**

En la presente Tesis se estudia el comportamiento en estado estacionario de los principales equipos que conforman el sector de alta presión de una planta industrial de producción de urea, el fertilizante nitrogenado de mayor uso en el mundo.

En el Capítulo 1 –introdutorio- se presenta la importancia de la urea como fuente fundamental para suplir las necesidades alimenticias a nivel mundial, a través de su uso como fertilizante nitrogenado. Se muestra la evolución y tendencias del consumo de urea en los distintos mercados. Asimismo, se describen sus ventajas frente a otros fertilizantes disponibles actualmente, como así también el impacto de su uso en la producción agrícola y los efectos desfavorables que sufre el medio ambiente cuando se utiliza en cantidades inapropiadas.

En el Capítulo 2 se introduce brevemente el proceso de obtención de amoníaco y dióxido de carbono vía la ruta de reformado de gas natural con vapor, los principales reactivos de la síntesis de urea. Luego, se describen las diferentes tecnologías en el proceso de obtención de la urea: de paso único, reciclo parcial y reciclo total de reactivos.

Finalmente, se describe el sector de alta presión de una planta industrial, detallando las condiciones operativas de las principales unidades y corrientes que lo conforman.

En el Capítulo 3 se desarrollan modelos matemáticos homogéneos y heterogéneos para el reactor de síntesis de urea. Se analizan la importancia de las resistencias al transporte de materia y se contabiliza el impacto de la reacción de formación de biuret, subproducto tóxico en la aplicación final. Para validar el modelo, los resultados se comparan con datos del reactor industrial para un conjunto de condiciones operativas. Se analizan los resultados para una condición operativa de diseño y, por último, se evalúan las tendencias de las predicciones del modelo ante cambios en las diferentes variables operativas.

En el Capítulo 4 se presenta un modelo matemático heterogéneo que representa la operación en estado estacionario del descomponedor de carbamato de amonio o stripper. Se hace uso de información industrial para estimar un valor de coeficiente global de transferencia de calor y para validar el modelo. Posteriormente, se presentan los perfiles de las principales variables operativas a lo largo del equipo y se analiza la importancia de los flujos molares difusivos y convectivos de las especies. Finalmente, se realiza un estudio de sensibilidad paramétrica manipulando las condiciones del vapor de servicio.

En el Capítulo 5 se analiza el comportamiento del sector de alta presión. Para ello, es necesario plantear los balances de masa y energía correspondientes a los equipos restantes que cierran el lazo de reciclo de reactivos (mezclador, condensador de carbamato, separador de condensados y eyector). Con el fin de estudiar la performance del sector, se analizan las tendencias de las principales variables a carga de planta constante y variable.

Se analiza además el comportamiento del reactor bajo diferentes situaciones de reciclo en la planta.

Por último, en el Capítulo 6, se presenta una síntesis de las conclusiones más importantes que pueden extraerse de los estudios realizados en esta Tesis.

# **Título de la Tesis: “Estudio de la zona de alta presión de una planta industrial de urea”**

**Doctorado en Ingeniería Química**

**Autor: Cesari, Daniela Karina**

**Director: Dr. Daniel O. Borio**

## **Abstract**

This Thesis is focused on the simulation of the high pressure section of a large scale industrial urea plant.

In Chapter 1 –introductory- the importance of the urea as the most popular solid nitrogen fertilizer of the world is presented and the urea market is analyzed. In addition, the advantages of its use compared with other current fertilizers as well as the impact on the agriculture production and the disadvantageous environmental effects when the urea is used in inappropriate amounts are described.

In Chapter 2, a short description is presented, concerning the production of carbon dioxide and ammonia (raw materials of the urea synthesis) by means of methane steam reforming processes. In addition, partial and total recycle processes for urea synthesis are compared. At the end, the equipments and typical operating conditions of the high pressure urea synthesis loop are described.

The urea synthesis reactor is analyzed in Chapter 3. Homogenous and heterogeneous mathematical models are developed and the influence of the mass transfer resistances is evaluated. The importance of the biuret formation is discussed. The model is validated against a set of industrial data. The evolution of the main reactor variables is studied for a reference case. Finally, a parametric study is carried out.

In Chapter 4, heterogeneous mathematical model of the stripper is presented. The model includes the mass transfer resistances concentrated in the gas phase film. Industrial data are employed to validate the model. The importance of the convective and diffusive fluxes in the interface is evaluated. By manipulating the main operating variables, a parametric study is performed.

In Chapter 5 a simulation study of the high pressure urea synthesis loop is presented.

The models for the other piece of equipment (mixer, carbamate condenser, separator and ejector) are also included. A sequential-modular approach is selected to solve the whole plant model. The performance of the plant is analyzed for different scenarios: constant plant load, constant ratio of ammonia to carbon dioxide at the reactor inlet, among others.

Finally, the urea reactor is studied when it is operating under total and partial recycle of reactants.

At last, in Chapter 6, the most important conclusions drawn from the studies concerning the present Thesis are summarized.