



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



*PROYECTO INDUSTRIAL INGENIERÍA QUÍMICA*

# *PRODUCCIÓN DE CARBURO DE SILICIO A PARTIR DE CÁSCARA DE ARROZ*

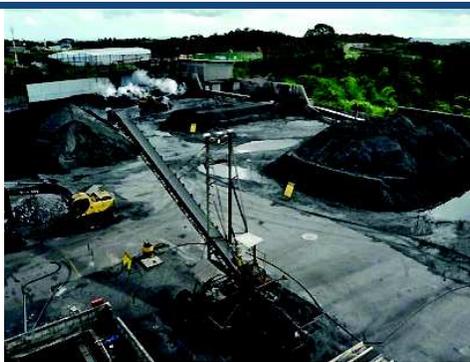
Facundo Alonzo Villalba - Lucía Espinosa  
Etchebarne - Ana Paula Leal Macedo -  
Camila Machado Fernández - Mathías  
Merglen Duhart - Alejandra Silvera Elosegui

Tutores

Ing. Alim. Darío Rodríguez

Ing. Quím. Roberto Kreimerman

MAYO/2019



## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo se desarrolla a nivel de anteproyecto, realizando un estudio tanto de viabilidad técnica como económica-financiera de la producción de carburo de silicio a partir de cáscara de arroz en Uruguay.

Este proyecto surge como idea innovadora para valorizar la cáscara de arroz, la cual supone un problema hoy en día para el sector arrocerero, por ser un residuo generado en grandes volúmenes que requiere de una disposición final adecuada.

Debido al alto contenido de Sílice en la CA, su alta disponibilidad y la resolución de una problemática ambiental es que se pretende utilizar este residuo como insumo para la obtención de carburo de silicio (SiC).

El SiC es un mineral artificial cristalino, utilizado tradicionalmente en el mercado abrasivo, siderúrgico y refractario, y más recientemente en el mercado electrónico. Este proyecto pretende apuntar tanto al mercado abrasivo ( $\alpha$ -SiC), a un precio **2.000 USD/ton**, como al mercado siderúrgico ( $\beta$ -SiC) a un precio de **1.000 USD/ton**. Debido a la baja demanda nacional ambos productos serán insertados en el mercado regional (Argentina y Brasil).

La planta tendrá una capacidad de producción de **48.800** toneladas anuales de CA obteniendo **7.042** toneladas de SiC, representando dicho consumo el **20%** de la generación de CA en el país. Para alcanzar esta producción se operará en régimen continuo (24hs) durante **330** días al año, empleando de forma directa **36** trabajadores en el municipio de Tomás Gomensoro, departamento de Artigas.

No se ha verificado hasta el momento la existencia de antecedentes de producción de SiC a partir de CA a escala industrial. Por lo tanto, en este proyecto uno de los mayores retos consiste en el diseño de equipos con las características adecuadas, para poder procesar la gran carga de CA.

Se analizan dos modalidades de producción, el proceso Acheson y la pirólisis en dos etapas. Por la dificultad de encontrar tecnología de la escala adecuada para la segunda alternativa es que se opta por el proceso Acheson. Si bien este proceso es el por el cual se obtiene convencionalmente el SiC, este proyecto supone la ventaja de eliminar la utilización de cóque de petróleo y por lo tanto disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.

Previo al proceso Acheson, se requiere una pirólisis de CA para disminuir el contenido de materia orgánica, la misma debe realizarse en atmósfera inerte con el fin de mantener la cantidad de carbono necesaria en la materia prima. El equipo seleccionado para este fin es un horno rotatorio que opera en forma continua a **550 °C**, manteniendo su eficiencia energética con la quema de los gases que surgen de dicha reacción.

En contraposición a este equipo energéticamente autosustentable, los hornos Acheson requieren una potencia muy elevada de **12 MW**, y en conjunto con los altos costos de la energía eléctrica en Uruguay es que se decide estudiar la opción de implementar un parque eólico para el abastecimiento de los mismos.

La inversión requerida para el emprendimiento es de **USD 50.157.874**, de este monto, **USD 11.907.874** están asociados a la planta de SiC propiamente, mientras que los **USD 38.250.000** restantes corresponden a la instalación del parque eólico y subestaciones vinculadas al mismo.

Cuando se analiza la viabilidad financiera con capitales propios a una tasa de descuento del **12%**, se obtiene un valor actual neto de **USD -13.822.095** y una tasa interna de retorno del **6,3%**, lo que indica que el proyecto tal y como se planteó con los supuestos realizados, no es rentable en nuestro país. Es decir, el empresario debería realizar una gran inversión para obtener menores ganancias que otras inversiones de plaza en un período de 10 años.

Aun considerando la posibilidad de utilizar capitales mixtos, con una financiación externa del **70%** de las inversiones tangibles, y una tasa de interés del **7,1%**, el VAN no pasa a ser positivo y la TIR de **6,1%**, sigue encontrándose por debajo de la tasa de descuento seleccionada para esta alternativa (**8,6%**).

Finalmente evaluando todos los parámetros antes mencionados, se entiende que este proyecto puede resultar factible en caso de que se reglamente la disposición de CA, imponiendo al sector arrocero cerrar su ciclo de generación. También puede ser de interés para todas aquellas industrias que fabrican SiC actualmente de forma convencional, donde la materia prima utilizada no solo tiene un costo bastante mayor a la CA sino que genera grandes problemas de contaminación.

Si bien los valores obtenidos en el análisis económico no son afortunados, aparentando un proyecto no rentable, se puede afirmar que con precios de energía eléctrica bastante más bajos si podría serlo (**24 USD/MWh**). Por lo tanto la producción de SiC a partir de CA podría ser rentable y de gran interés en países donde los costos no son tan elevados como en Uruguay.