



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar  
DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

## Title: Optimización del proceso industrial del poliuretano a través del diseño estadístico de Taguchi

**Authors:** LAGUNAS-BERNABÉ, Ignacio, HUITRÓN-CID, María De Lourdes, ALVARADO-ORTIZ Jesús y PÉREZ-MIRELES, Emilio

Editorial label ECORFAN: 607-8695

BCIERMMI Control Number: 2019-041

BCIERMMI Classification (2019): 241019-041

Pages: 12

RNA: 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**

143 – 50 Itzopan Street

La Florida, Ecatepec Municipality

Mexico State, 55120 Zipcode

Phone: +52 1 55 6159 2296

Skype: ecorfan-mexico.s.c.

E-mail: contacto@ecorfan.org

Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

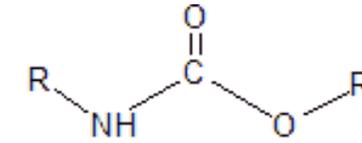
[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

**Holdings**

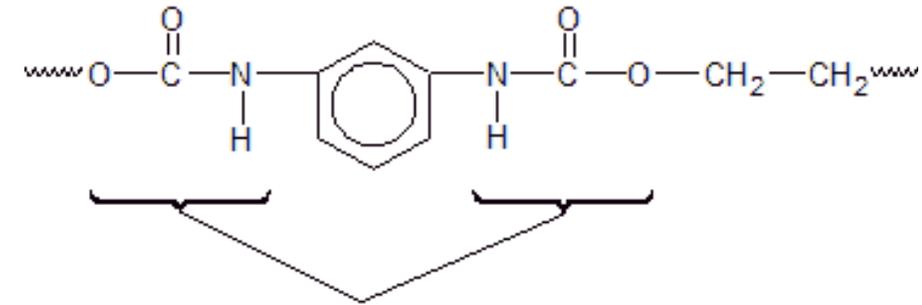
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

# Introducción

- El poliuretano es un material sólido que puede ser poroso dependiendo de la densidad del mismo, éstos se obtienen mediante una reacción exotérmica que ocurre entre un poliol y un isocianato principalmente.
- Presentes en diversos sectores industriales, desde los colchones y sillas inyectadas, fabricadas en espuma flexible, hasta la espuma rígida utilizada como aislantes térmicos (baja conductividad) y se utilizan principalmente en partes de vehículos como los volantes o para la fabricación de suelas de zapatos.



Uretano



Los uretanos se enlazan dando poliuretano



# Introducción

Grupo Uretanos S.A de C.V. presenta la necesidad de una mejora continua en sus productos en cuanto a calidad se refiere, ya que generalmente surgen problemas en la elaboración de algunos códigos de espuma de poliuretano como son el caso de la espuma 24 RFN y 24 FV, las cuales deben cumplir con densidad y compresión específicas.



# Introducción

## Diseño Estadístico de Taguchi

- Taguchi establece que la calidad de un producto debe ser medida en términos de abatir al mínimo las pérdidas que ese producto le trae a la sociedad, desde que inicia su fabricación hasta que concluye su ciclo de vida; estas pérdidas sociales se traducen en pérdidas de la empresa en el mediano y largo plazos.
- El objetivo de este diseño robusto de parámetros es lograr productos y procesos eficientes frente a las causas de la variabilidad (ruidos), que hacen que las características funcionales de los productos se desvíen de sus valores óptimos provocando costos de calidad.

## **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar experimentos para la mejora de la espuma de poliuretano utilizando el método Taguchi, para identificar las variables que afectan la formulación de los códigos de espuma 25 STD BCQ y 64 FB que son elaborados en Grupo Uretanos S.A. de C.V

## **HIPÓTESIS**

Mediante la aplicación de la metodología de Taguchi se pretende realizar mejoras en la formulación del código 25 STD BCQ y 64 FB de la espuma de poliuretano para poder alcanzar valores de densidad igual a  $24 \text{ kg/m}^3$  y compresión entre 57-63 lbf y 27-33 lbf, respectivamente; con lo cual se puede ofrecer una optimización en la calidad de las espumas.

# Metodología

## Procedimiento general para elaboración de espuma poliuretano

- Las mezclas se realizaron en **recipientes de plástico de 5 L**,
- Se vertieron (en gramos): **agua, silicón, amina y color** según lo indicado,
- Posteriormente se **mezclaron** durante **90 segundos** (se empleo un taladro Bosh con velocidad de 3000 rpm), y se agregó el **catalizador** y se volvió a mezclar,
- Por último, se pesó y agrego a la mezcla el **TDI** según la formulación y se mezcló durante 6 segundos, (*se comenzó a tomar el tiempo a partir de este momento como inicio de la reacción*); para finalmente **ser vaciado** en un **cajón de madera** forrado con plástico (molde final en forma de prisma rectangular).

## Procedimiento general para elaboración de espuma poliuretano

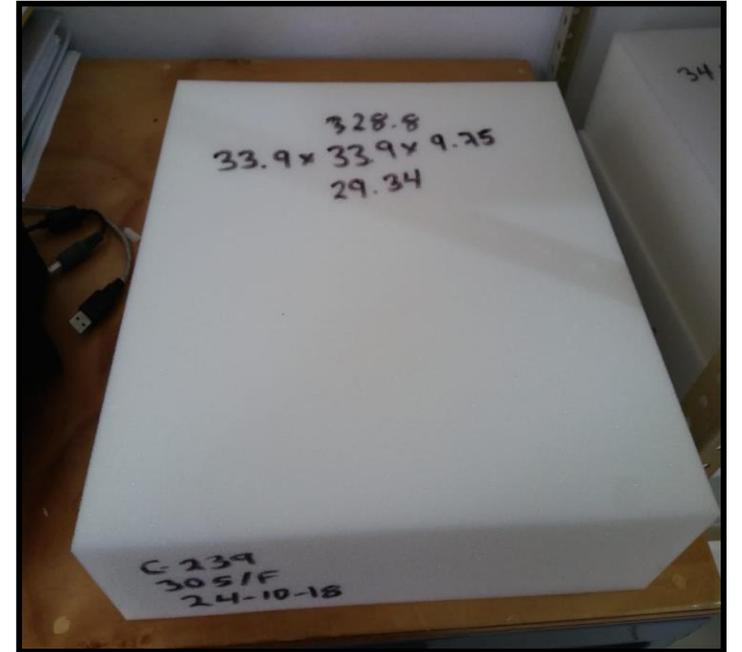
Para el cálculo de la **densidad**, se pesaron cada una de las muestras obtenidas en una báscula analítica y se obtuvo el volumen de cada una de ellas. Se halló la densidad con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Peso.Espuma.(g)}}{L \times A \times E.(cm^3)} \times \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} \times \frac{1,000,000 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = \text{Densidad} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Ec.1}$$

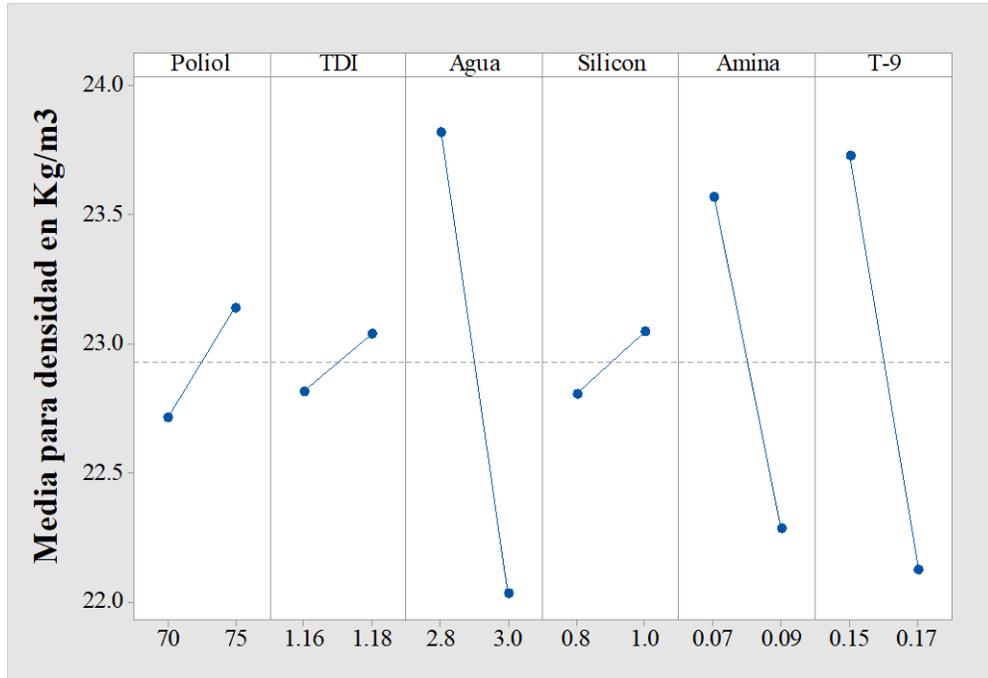
Finalmente, se evaluó la indentación de las muestras utilizando una Máquina Universal marca Instron®. La **indentación** se define como la **fuerza necesaria para comprimir un área determinada de espuma de poliuretano**. Específicamente los valores más utilizados son **25 % ID**, el cual es la fuerza necesaria para **comprimir la espuma al 25%** de su espesor o altura original.

# Resultados

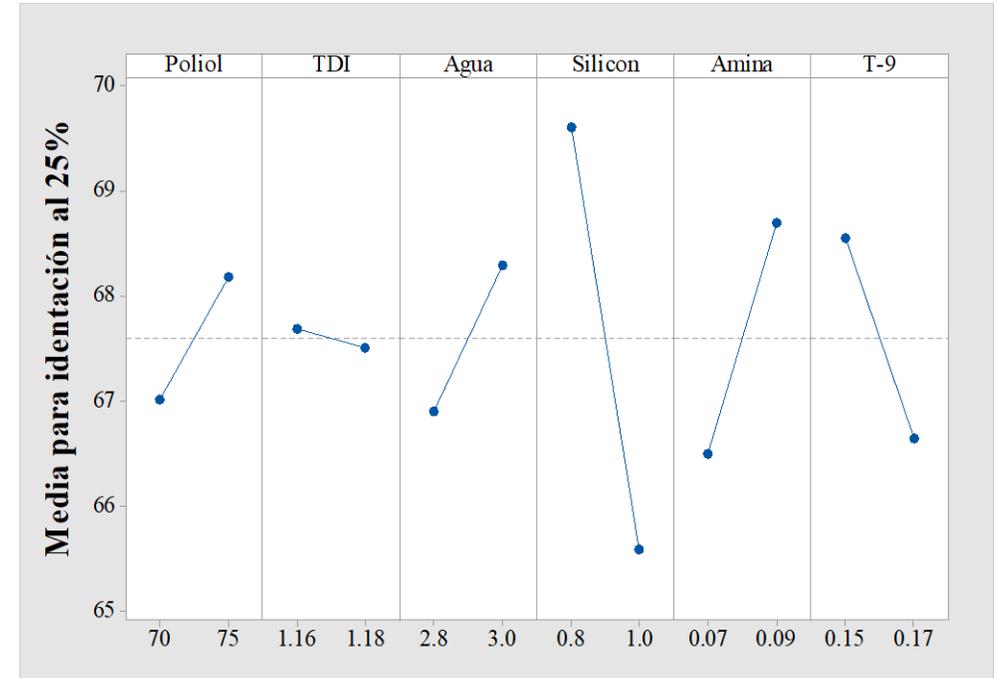
Producción de muestras de poliuretano.



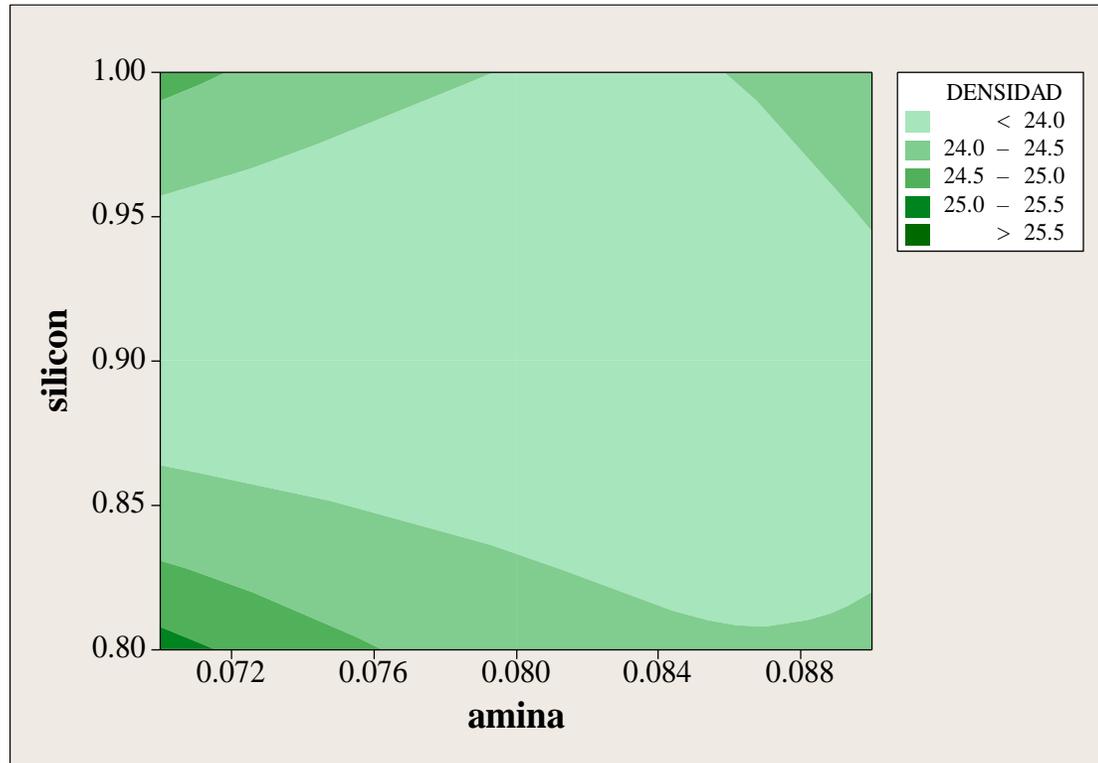
# Resultados



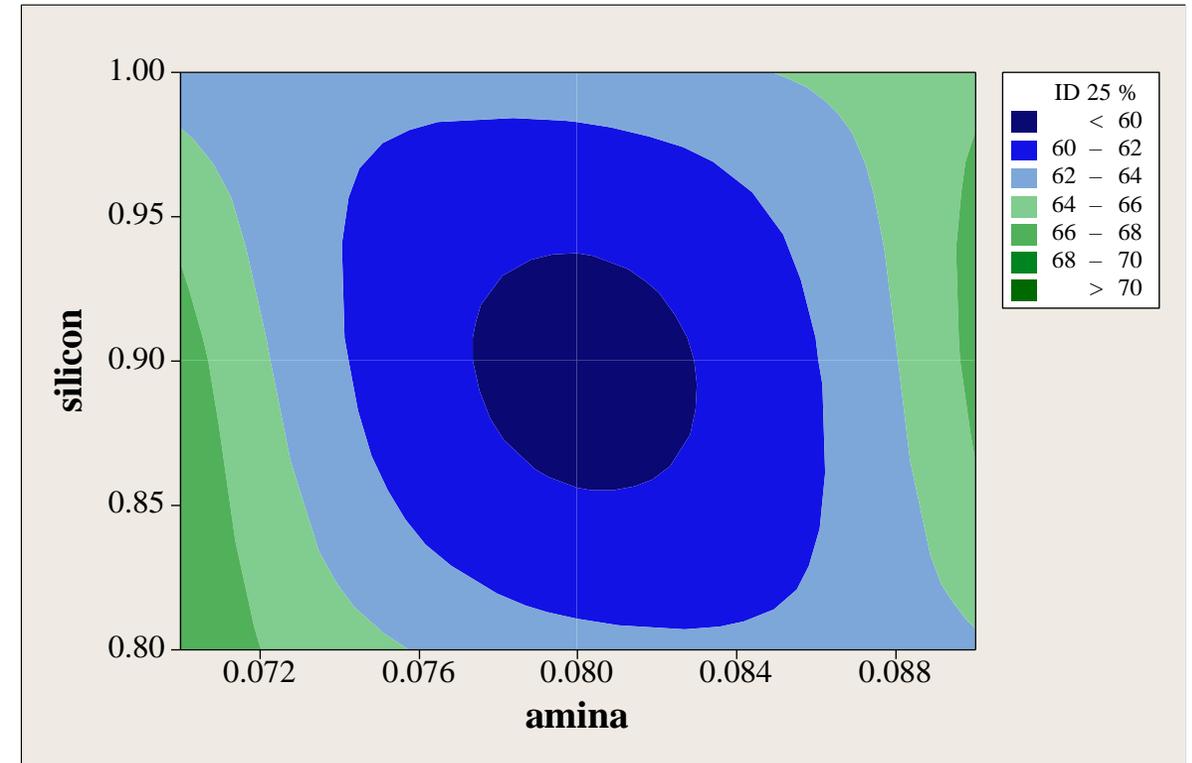
**Gráfica 1.** Gráfica de efectos principales para medias en la densidad en la espuma 25 STD BCQ.



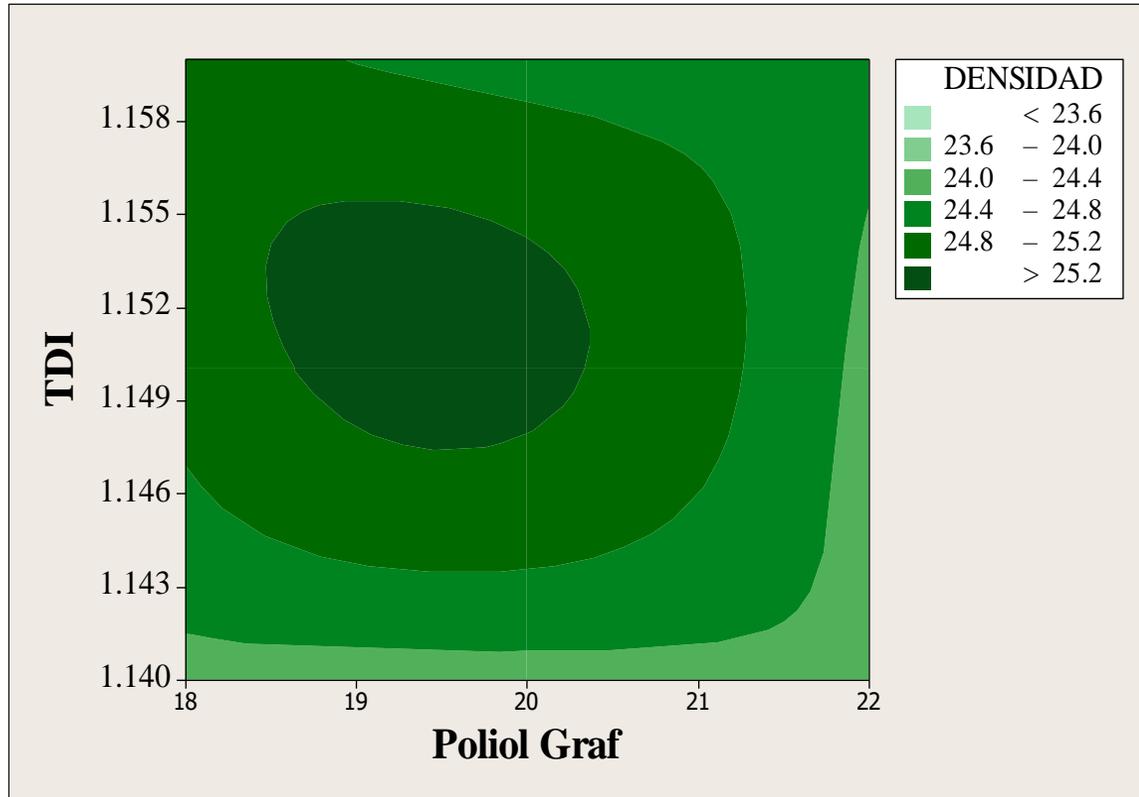
**Gráfica 2.** Gráfica de efectos principales para medias en indentación en la espuma 25 STD BCQ.



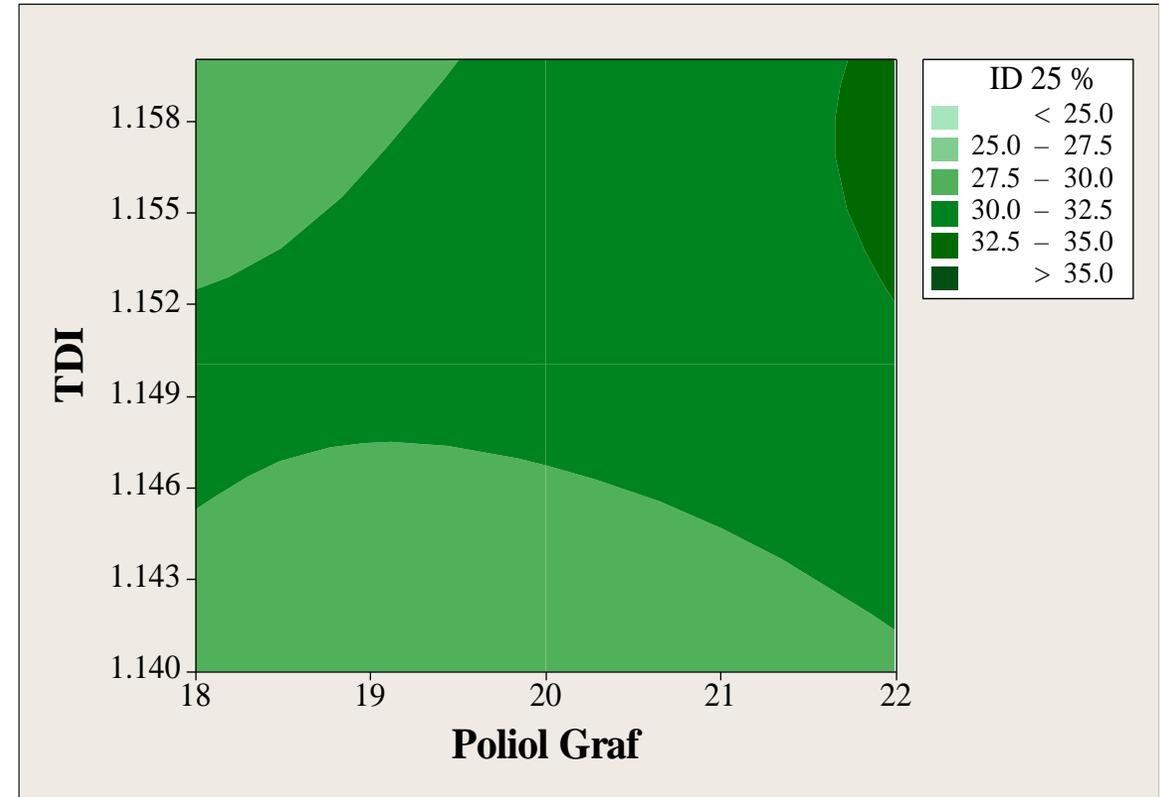
**Gráfica 3.** Gráfica de contornos para la densidad en la espuma 25 STD BCQ.



**Gráfica 4.** Gráfica de contornos para identificación en la espuma 25 STD BCQ.



**Gráfica 7.** Gráfica de contornos para densidad en la espuma 64 FB.



**Gráfica 8.** Gráfica de contornos para identificación en la espuma 64 FB.

# Conclusiones

- ✓ Se observó que la **densidad en ambos códigos** de espuma es **afectada** por la cantidad de **agua** que contiene cada formulación. El agua juega un papel fundamental al ser un **agente “soplante”**, éste **reacciona con el isocianato para producir CO<sub>2</sub>** que apertura las celdas de la espuma permitiendo un mayor tamaño, por lo tanto, es posible decir **que a mayor cantidad de agua menor densidad y viceversa** (Shuaib y cols., 2011).
- ✓ En cuanto al factor principal que interviene en la **identación de la espuma 25 STD BCQ es el silicón**, cuya **función es ofrecer una menor tensión superficial** y por lo tanto ayudan a **aumentar el número de burbujas de aire** introducidas durante la mezcla.
- ✓ A diferencia de esta espuma, el **código 64 FB se vio afectada por el catalizador**, ya que afecta en la apertura de las celdas de la espuma haciéndolas más duras y agrietadas en ocasiones (Gurjeet y cols., 2015).
- ✓ Para ambos códigos fue necesario realizar un segundo arreglo ortogonal para poder fijar los niveles óptimos para las formulaciones finales, logrando llegar a una formulación, que aseguraría una **densidad de 23.96 Kg/m<sup>3</sup> y una identación al 25% de 63.14 lbf**, los cuales son parámetros dentro de la normatividad de esta espuma.

# Referencias

- Ahmad, N.; Kamal, S.; Raza, Z.A.; Hussain, T.; Anwar, F. (2016). Multi-response optimization in the development of oleo-hydrophobic cotton fabric using Taguchi based grey relational analysis. *Applied Surface Science*. 367:370–381.
- Al., L. J. (2005). Thermal Stability and Fire Properties of Conventional Flexible Polyurethane Foam Formulations. *Polymer Degradation and Stability*, 88: 256-261.
- Altan M. (2010). Reducing shrinkage in injection moldings via Taguchi, Anova and neural network methods., *Materials and design*;31;599-604
- Gurjeet Singh, M. K. Pradhan, Ajay Verma. (2015). Effect of Injection Moulding Process Parameter on Tensile Strength Using Taguchi Method. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering* Vol:9, No:10.
- Kamaruddin S., Zahid A., Foong S.H. (2010). Application of Taguchi Method in the optimization of injection moulding parameters for manufacturing products from plastic blend. *IACSIT*, 2(6): 574-580
- Nasir S.M., Ismail K.A., Shayfull Z. Derus M.A. (2013). Warpage improvement of thick component using Taguchi optimization method for single and double gates in injection molding process. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7(5): 205-212.
- Pervez M.N., Shafiq F., Sarwar Z., Jilani M.M., Cai Y. (2018). Multi-response optimization of resin finishing by using a Taguchi-based grey relational analysis. *Materials*. 11(426):1-19
- Rahul D. y Pretesh J. (2018). Application of Taguchi-based design of experiments for industrial chemical process. En *Statistical Approaches with emphasis on design of experiments applied to chemical processes*. INTECH, pp 1-21.
- Shuaib, N. A., M. F. Ghazali, Z. Shayfull, M.Z. M. Zain, and S. M. Nasir. (2011). Warpage Factors Effectiveness of a Thin Shallow Injection-Molded Part Using Taguchi Method. *International Journal of Engineering and Technology* 11(1) : 182-87.
- Vinitkumar K.M. (2017). Analysis of use of Taguchi method with design of experiment (DOE) and analysis of variance (ANOVA) in plastic injection molding for quality improvement by optimization. *IJRASET* 5(7):136-144



**ECORFAN®**

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)