

## RESUMEN

En este trabajo se realizó un estudio sobre el efecto de la Metilcelulosa (MC) y Carboximetilcelulosa (CMC) como agentes plastificantes utilizados en el proceso de extrusión de monolitos de cordierita ( $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$ ). Los óxidos precursores de la cordierita utilizados fueron MgO,  $Al_2O_3$  y  $SiO_2$  comerciales con los cuales se prepararon ocho mezclas cuya composición varió desde 11 a 13 %p de MgO, 46 a 47 %p. de  $SiO_2$  y 34 a 36 % de  $Al_2O_3$ , donde el porcentaje de los agentes plastificantes fue del 1%p al 7%p, con el objetivo de obtener una pasta adecuada para ser extruida. La extrusión de las mezclas se llevó a cabo utilizando una extrusora de tipo pistón con un embolo de 50.8mm y un dado de 124 celdas por pulgada cuadrada (cps) y 101 orificios diseñado y construido por una impresora 3D en este trabajo y finalmente, se evaluó el efecto del plastificante en la obtención de monolitos por este método.

## INTRODUCCIÓN

La obtención de estas estructuras cerámicas está compuesta por una mezcla de óxidos heterogéneos los cuales requieren la adición e incorporación de agua para adquirir la forma deseada, la cual depende de diversos factores como lo son: el tamaño y forma del grano, influencia de la deformación plástica, proporción de sólidos y fase líquida y tasa de deformación y compactación.

## METODOLOGÍA

Se realizó la preparación y extrusión de distintas muestras a diferente concentración de Metilcelulosa (MC) y Carboximetilcelulosa (CMC) como agentes plastificantes las cuales se describen en la **Tabla 1**.

Se realizó la medición del tamaño de partícula de Oxido de Magnesio (MgO), Alúmina activa ( $Al_2O_3$ ) y Oxido de silicio ( $SiO_2$ ) como se muestra en la **Tabla 2**. Debido a que el tamaño y distribución de cada componente debe ser uniforme y estar alrededor de  $5\mu m$ .

Tabla 1. Composiciones realizadas en % peso (Wt.).

Prueba	MgO	$Al_2O_3$	$SiO_2$	CMC	MC
1	15	37	48	-	-
2	14.7	36.7	47.6	1	-
3	14.7	36.7	47.6	-	1
4	14.3	36.3	47.4	2	-
5	14.3	36.3	47.4	-	2
6	14	36	47	3	-
7	14	36	47	-	3
8	13	36	47	4	-
9	13	36	47	-	4
10	12.7	35.6	46.7	5	-
11	12.7	35.6	46.7	-	5
12	13	35	46	6	-
13	13	35	46	-	6
14	12.67	34.67	45.66	7	-
15	12.67	34.67	45.66	-	7

Tabla 2. Tamaño de partícula observado

Compuesto	Tamaño [μm]	Micrografía	Compuesto	Tamaño [μm]	Micrografía
$Al_2O_3$	1.65		$SiO_2$	2.75	
MgO	0.5		CMC	1.5	
$SiO_2$	2.75		MC	3.75	
CMC	1.5				

Simultáneamente se llevó a cabo el diseño de un dado de 124 CPSI y 101 orificios usando el software “Inventor” para ser utilizado como matriz de moldeo (**Figuras 1 y 2**). El dado se imprimió en una impresora 3D (Modelo ROBO R1+ PLUS) en Ácido Poliláctico (PLA).

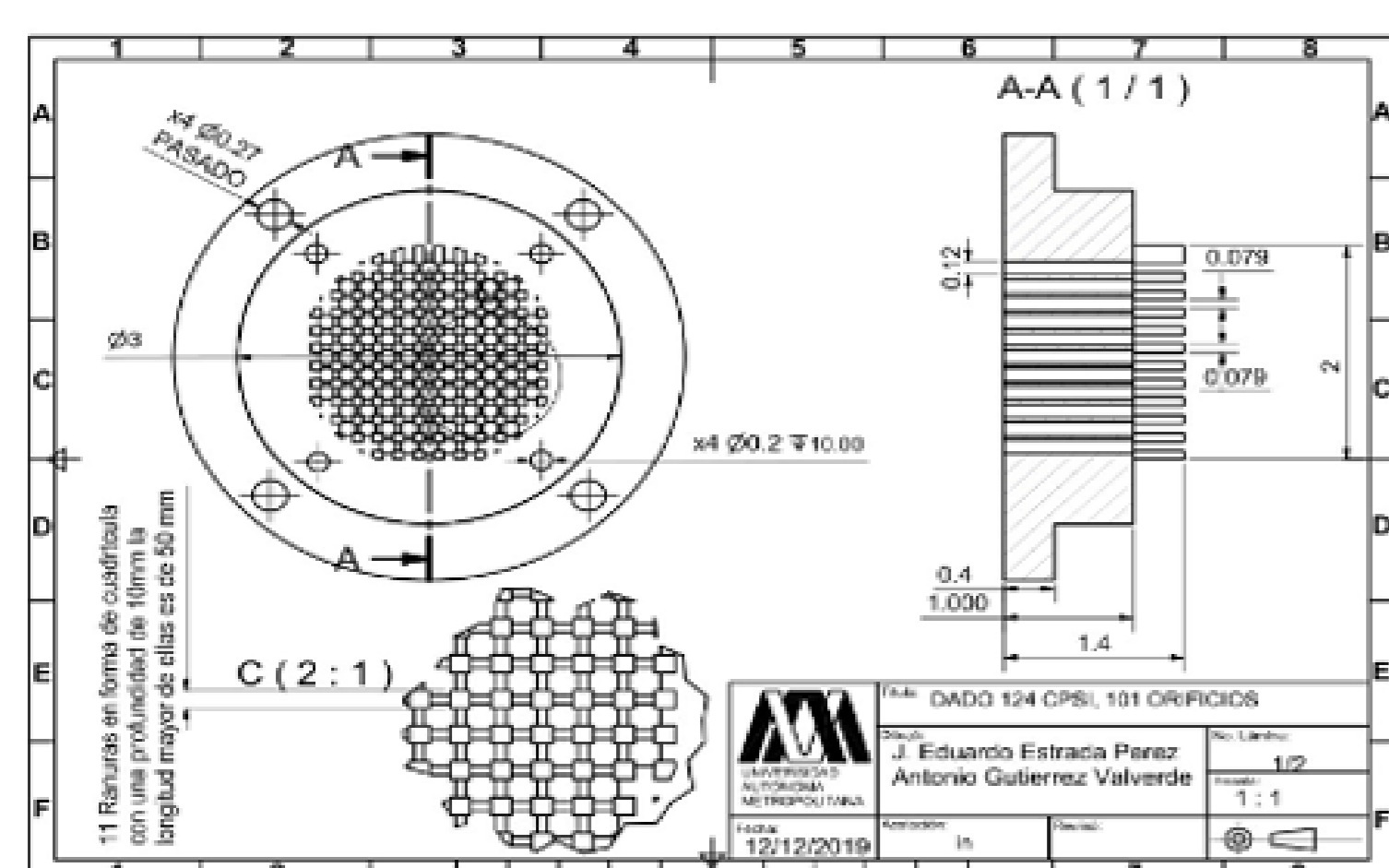


Figura 1. Diseño de matriz 124 cps.



Figura 2. Dado y anillo

Se realizó el diseño y la construcción de una extrusora piloto de tipo pistón (**Figuras 3 y 4**), la cual cuenta con una reducción interna a la salida del barril de 2 a 1 pulgada en la cual es acoplado el dado diseñado e impreso para las muestras realizadas.

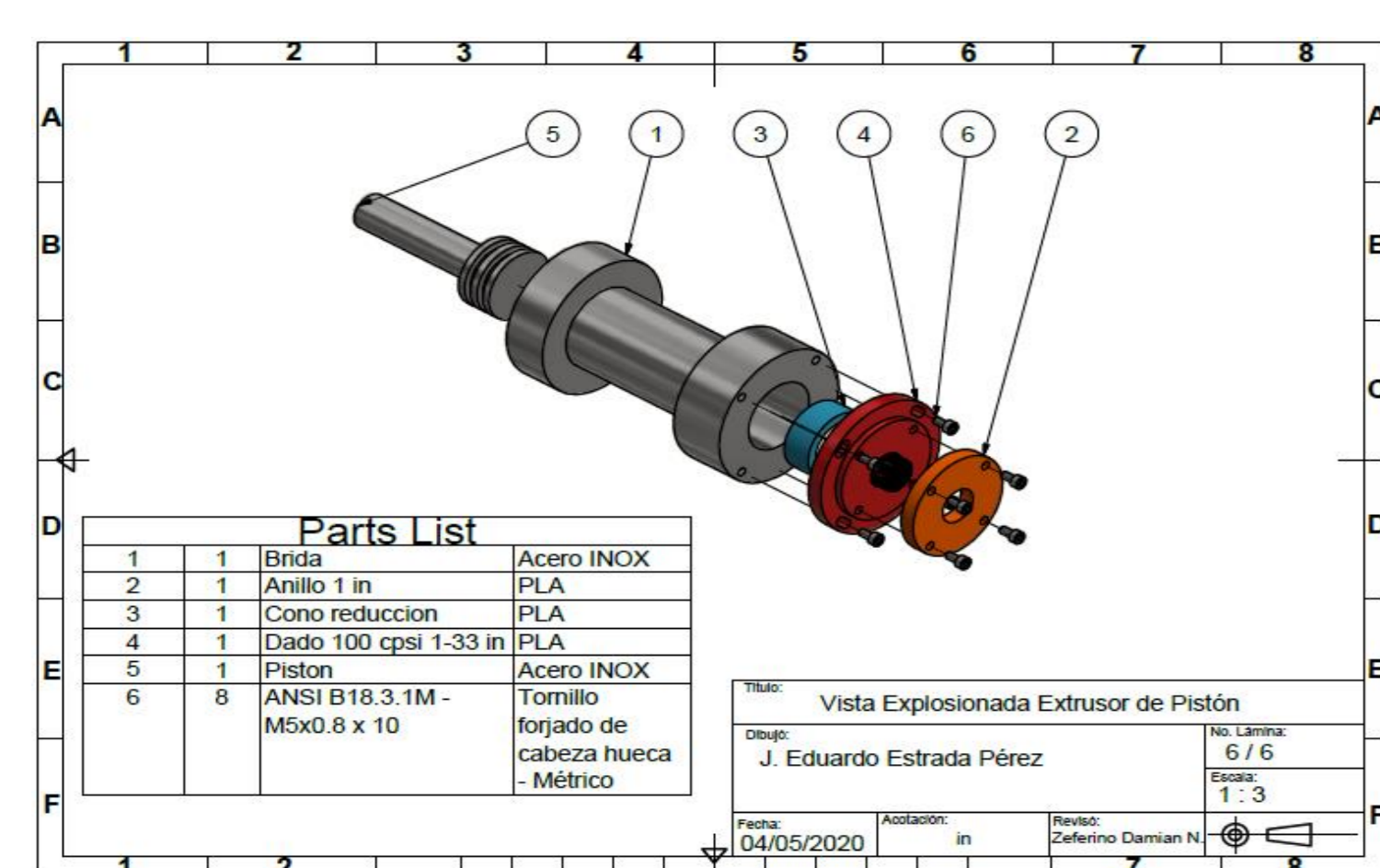


Figura 3. Ensamble extrusor de pistón.



Figura 4. Extrusora de pistón.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

los monolitos de las muestras 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 son las únicas que lograron ser extrudadas (**Tabla 3**).

En las **Figuras 5, 6 y 7** se observan los monolitos obtenidos con dados diseñados a diferentes cps.

Tabla 3. Resultados obtenidos en el proceso de extrusión de cada muestra.

Prueba	% wt.			Tamiz malla # 100	Retención de la geometría
	MC	CMC	Mezclado		
1	S/A	S/A	Si	Si	X
2	S/A	1	Si	Si	X
3	1	S/A	Si	Si	X
4	S/A	2	Si	Si	I
5	2	S/A	Si	Si	I
6	S/A	3	Si	Si	I
7	3	S/A	Si	Si	R
8	S/A	4	Si	Si	R
9	4	S/A	Si	Si	R
10	S/A	5	Si	Si	R
11	5	S/A	Si	Si	R
12	S/A	6	Si	Si	R
13	6	S/A	Si	Si	R
14	S/A	7	Si	Si	R
15	7	S/A	Si	Si	R

S/A (Sin agregar)  
I (Sin retención)  
R (Retención)  
X (No es posible la extrusión)



Figura 5. Monolito obtenido de 1 pulg.

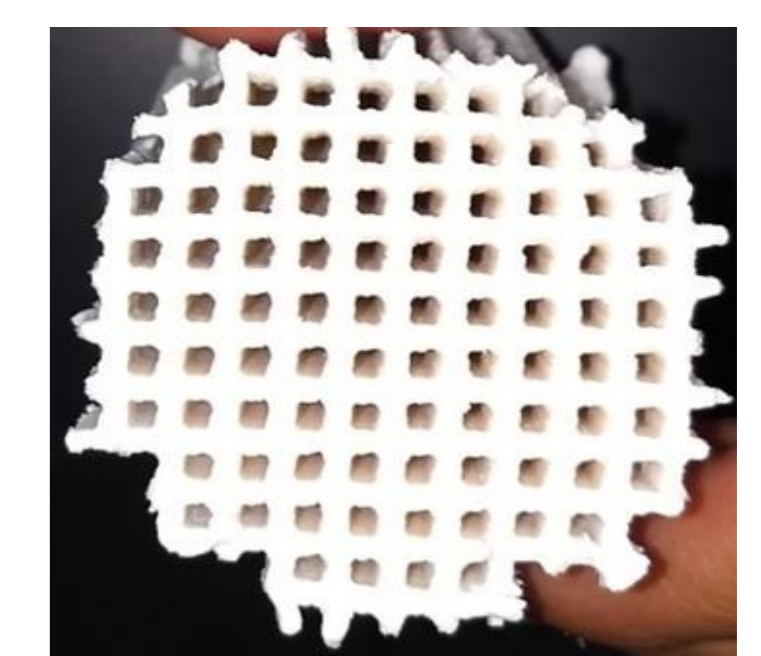


Figura 6. Monolito obtenido de 64 cps con 7% de CMC.

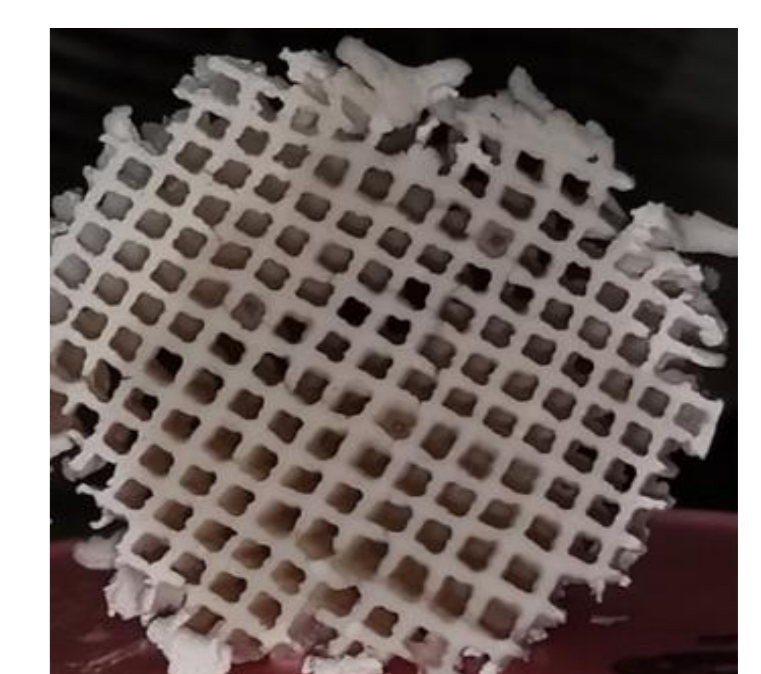


Figura 7. Monolito de 124 (cps).

Se observó que al variar el porcentaje de plastificante entre el 4 y 7 % wt (CM o CMC) y de agua (30-40%wt) se ve mayormente favorecida la plasticidad y fluidez.

## CONCLUSIONES

Se obtuvo un monolito de cordierita, mediante una extrusora tipo pistón modificando la plasticidad y la fluidez de la pasta de extrusión manteniendo el tamaño de partícula menor a  $5\mu m$  en todos los componentes.

Se redujo el costo y tiempos de fabricación, al imprimir los dados en una impresora 3D, lo cual fue más rentable a comparación de la fabricación en metal.

La geometría de la matriz utilizada estuvo restringida por la capacidad de la impresora 3D donde se puede obtener un mínimo en el espesor de pared de 1 mm para los orificios de alimentación, esto modifica directamente la cantidad de celdas en el propio dado.

Se observó que al aumentar la cantidad de plastificante (MC o CMC) la presión en la extrusión, disminuye y en el caso de ausencia de plastificante puede generar incrementos de presión y destruir el dado impreso.

## REFERENCIAS

- Händle, F. (2019). *The Art of Ceramic Extrusion*. Switzerland: Springer.
- Händle, F. (Septiembre 1965.). *Extrusion in ceramics*. Kisslingweg 10. 75417, Germany.: Springer Mühlacker.
- Recalde, M. O. (Mayo 2010.). *Diseño y construcción de una prensa para la fabricación de monolitos de hasta 50mm de alto*. Quito, Ecuador.