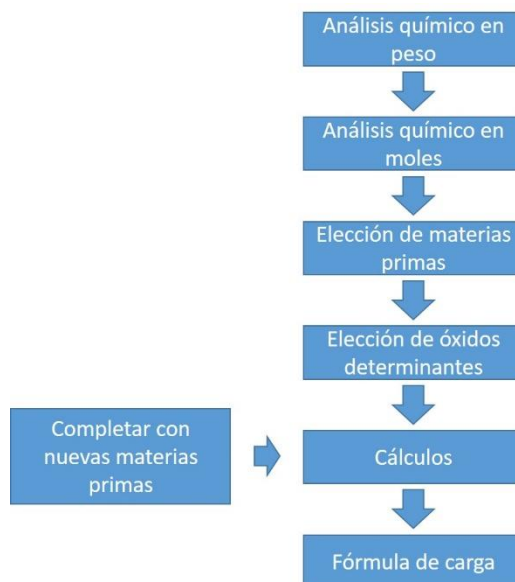


Pasar de análisis químico a fórmula de carga.

Cálculos

Hemos indicado que siempre es más fácil trabajar los cálculos inversos con moles, por lo que vamos a empezar con el análisis químico en moles. Si partes de un análisis químico en peso, pasa primero a moles.

El procedimiento operativo que vamos a seguir es el siguiente:



Queremos obtener una frita cuyo análisis químico en óxidos sea el siguiente:

Óxido	(%) en peso
SiO ₂	47,7
Al ₂ O ₃	5,31
ZrO ₂	6,13
PbO	24,55
CaO	14,85
K ₂ O	1,46

1. La elección de materias primas va a resultar mucho más fácil si se parte de una composición de óxidos expresada en moles, por lo que realizamos el cambio de acuerdo con el procedimiento que ya conoces y que se explicó en la ficha nº 4. Es suficiente quedarnos con el **número de moles de cada óxido** presentes en 100 g de composición.

Óxido	(%) en peso	PM (g/mol)	Nº moles
SiO ₂	47,7	60,08	0,794
Al ₂ O ₃	5,31	101,96	0,052
ZrO ₂	6,13	123,22	0,050
PbO	24,55	223,19	0,110
CaO	14,85	56,08	0,265
Na ₂ O	1,46	61,98	0,024

2. A partir del número de moles de cada óxido presentes en 100 g de composición, vamos a **seleccionar las materias primas**. Utilizaremos, en un principio, los siguientes **critérios**:

- Ya que se desea formular una frita, podemos emplear materias primas **insolubles o solubles** en agua.
- No deben elegirse materias primas que contengan algún óxido que no está presente en la composición.

Para ayudarte a seleccionar las materias primas, puedes construirte una tabla “materias primas – óxidos” como la siguiente. En ella marca los óxidos que aporta cada materia prima y pon el número de moles de cada óxido en la última fila.

Materia prima	SiO ₂	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	PbO	CaO	Na ₂ O
Caolín	x	x				
Silicato de circonio	x		x			
Minio				x		
Wollastonita	x				x	
Carbonato sódico						x
Número de moles total	0,794	0,052	0,050	0,110	0,265	0,024

3. Vamos ahora a **realizar los cálculos**. Fíjate que hay algunas materias primas, como el minio y el carbonato sódico, que solo aportan un óxido y además sabemos los moles de óxido que necesitamos, por tanto pon estas cantidades en las casillas correspondientes:

Materia prima	SiO ₂	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	PbO	CaO	Na ₂ O
Caolín	x	x				
Silicato de circonio	x		x			
Minio				0,110		
Wollastonita	x				x	
Carbonato sódico						0,024
Número de moles total	0,794	0,052	0,050	0,110	0,265	0,024

4. Quedan tres materias primas que aportan dos óxidos cada una. Tienes que **elegir su óxido determinante** para cada una de ellas y completar la tabla con los óxidos aportados por la materia prima elegida.

Un **óxido determinante** es aquel que **condiciona** (determina) la máxima cantidad de materia prima que se puede incluir en una composición.

Vamos a empezar con la **wollastonita** (SiO₂-CaO). Observa que según su fórmula molecular aporta la misma cantidad de moles de cada óxido. Así pues, dado que para aportar toda la cantidad de CaO de la composición solo tenemos la wollastonita, **el CaO será el óxido determinante**.

Así pues, completamos los moles aportados por la wollastonita:

Materia prima	SiO ₂	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	PbO	CaO	Na ₂ O
Caolín	x	x				
Silicato de circonio	x		x			
Minio				0,110		
Wollastonita	0,265				0,265	
Carbonato sódico						0,024
Número de moles total	0,794	0,052	0,050	0,110	0,265	0,024

Observa que hemos introducido 0,265 moles de SiO₂ pero necesitamos 0,794. Nos faltan aún 0,529 moles que serán aportados al menos por el caolín y el silicato de circonio

Continuamos con el **silicato de circonio** (SiO₂-ZrO₂). Es un caso similar a la wollastonita, ya que está “compuesto” por dos óxidos y ambos participan con la misma cantidad de moles. Obviamente, y por el mismo motivo, **el óxido determinante será el ZrO₂**.

Así pues, completamos los moles aportados por el silicato de circonio:

Materia prima	SiO ₂	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	PbO	CaO	Na ₂ O
Caolín	x	x				
Silicato de circonio	0,050		0,050			
Minio				0,110		
Wollastonita	0,265				0,265	
Carbonato sódico						0,024
Número de moles total	0,794	0,052	0,050	0,110	0,265	0,024

Observa que ya hemos introducido 0,315 moles de SiO₂ pero necesitamos 0,794. Nos faltan aún 0,479 moles de SiO₂ y 0,052 moles de Al₂O₃ que serán aportados al menos por el caolín.

Vamos a intentar completar la tabla con el **caolín** (Al₂O₃·2SiO₂·2H₂O). Fíjate que el caolín aporta 2 moles de SiO₂ por cada mol de Al₂O₃. No debes preocuparte por el H₂O puesto que corresponde con pérdidas en la cocción, y los cálculos los referimos a un esmalte cocido.

Necesitamos 0,052 moles de Al₂O₃ y solo tenemos caolín, por lo que será la Al₂O₃ el óxido determinante. Ello significa que introduciremos 2 x 0,052 = 0,104 moles de caolín. Completamos, por tanto la tabla:

Materia prima	SiO ₂	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	PbO	CaO	Na ₂ O
Caolín	0,104	0,052				
Silicato de circonio	0,050		0,050			
Minio				0,110		
Wollastonita	0,265				0,265	
Carbonato sódico						0,024
Número de moles total	0,794	0,052	0,050	0,110	0,265	0,024

Con las materias primas elegidas hemos podido completar la cantidad requerida de todos los óxidos excepto SiO₂, ya que de este tenemos 0,104+0,050+0,265 = 0,419 moles. Nos

faltan $0,794 - 0,419 = 0,375$ moles de SiO_2 por lo que abrimos una nueva fila en nuestra tabla y aportamos la cantidad de SiO_2 restante con cuarzo.

Materia prima	SiO_2	Al_2O_3	ZrO_2	PbO	CaO	Na_2O
Caolín	0,104	0,052				
Silicato de circonio	0,050		0,050			
Minio				0,110		
Wollastonita	0,265				0,265	
Carbonato sódico						0,024
Cuarzo	0,375					
Número de moles total	0,794	0,052	0,050	0,110	0,265	0,024

5. Para calcular la fórmula de carga, solo nos resta calcular cuántos gramos son los moles aportados por cada materia prima.

Para ello incluiremos tres nuevas columnas en nuestra tabla. La primera para el número de moles de la materia prima (**n**), la segunda para el peso molecular de la materia prima (**PM**) y la tercera para el peso de cada materia prima en la composición (**x**).

Materia prima	SiO_2	Al_2O_3	ZrO_2	PbO	CaO	Na_2O	n	PM	x (g)
Caolín	0,104	0,052							
Silicato de circonio	0,050		0,050						
Minio				0,110					
Wollastonita	0,265				0,265				
Carbonato sódico						0,024			
Cuarzo	0,375								
Número de moles total	0,794	0,052	0,050	0,110	0,265	0,024			

Vamos a completar, como ejemplo, las dos primeras filas, correspondientes al **caolín** y al **silicato de circonio**.

El **caolín** tiene la siguiente fórmula molecular: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Su peso molecular es, por tanto **258,12 g/mol**.

Un mol de caolín "aporta al análisis" del esmalte cocido 1 mol de Al_2O_3 y 2 de SiO_2 . Resulta obvio que el número de moles de caolín que tenemos en la composición es de **0,052** y, por tanto, el peso de caolín en la fórmula de carga es:

$$x = n \times PM = 0,052 \times 258,12 = 13,42 \text{ g}$$

El **silicato de circonio** tiene la siguiente fórmula molecular: $\text{SiO}_2 \cdot \text{ZrO}_2$. Su peso molecular es, por tanto **183,30 g/mol**.

Un mol de silicato de circonio "aporta al análisis" del esmalte cocido 1 mol de ZrO_2 y 1 de SiO_2 . También resulta obvio que el número de moles de silicato de circonio que tenemos en la composición es de **0,050** y, por tanto, el peso de silicato de circonio en la fórmula de carga es:

$$x = n \times PM = 0,050 \times 183,30 = 9,16 \text{ g}$$

De la misma manera podemos completar el resto de la tabla, excepto el minio, que requiere una pequeña explicación:

Materia prima	SiO ₂	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	PbO	CaO	Na ₂ O	n	PM	x (g)
Caolín	0,104	0,052					0,052	258,12	13,42
Silicato de circonio	0,050		0,050				0,050	183,30	9,16
Minio				0,110					
Wollastonita	0,265				0,265		0,265	116,16	30,78
Carbonato sódico						0,024	0,024	105,98	2,54
Cuarzo	0,375						0,375	60,08	22,53
Número de moles total	0,794	0,052	0,050	0,110	0,265	0,024			

El **minio** tiene la siguiente fórmula molecular: **Pb₃O₄**. Su peso molecular es **685,57 g/mol**.

De la misma manera que hemos procedido con el resto de materias primas, podemos reescribir esta fórmula usando óxidos. Queda entonces de la siguiente manera: **2PbO·PbO₂**

A efectos de cálculos estequiométricos es indistinto usar cualquiera de ambas fórmulas.

Podemos describir las transformaciones experimentadas por el minio en la cocción mediante la siguiente reacción:



Es decir, cada mol de la materia prima "minio", aporta a la composición del esmalte 3 moles de óxido de plomo (II). Por tanto, si deseamos 0,110 moles de PbO tendremos que aportar $0,110/3 = 0,037$ moles de minio.

Ya podemos, por tanto, completar la tabla:

Materia prima	SiO ₂	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	PbO	CaO	Na ₂ O	n	PM	x (g)
Caolín	0,104	0,052					0,052	258,12	13,42
Silicato de circonio	0,050		0,050				0,050	183,30	9,16
Minio				0,110			0,037	685,57	25,37
Wollastonita	0,265				0,265		0,265	116,16	30,78
Carbonato sódico						0,024	0,024	105,98	2,54
Cuarzo	0,375						0,375	60,08	22,53
Número de moles total	0,794	0,052	0,050	0,110	0,265	0,024			

De manera general, podemos expresar la fórmula de carga en % en peso, quedando:

Materia prima	x (g)	(%)
Caolín	13,42	12,93
Silicato de circonio	9,16	8,82
Minio	25,37	24,44
Wollastonita	30,78	29,65
Carbonato sódico	2,54	2,45
Cuarzo	22,53	21,71
Total	103,8	100



La fórmula de carga obtenida no es la única posible. Podemos hacer una selección diferente de materias primas (en este caso elegiremos unas materias primas más habituales en la fabricación de fritas) y obtendremos una frita de la misma composición pero diferente fórmula de carga. Seguiremos los mismos pasos y te animo a que hagas tú los cálculos correspondientes.

Materia prima	SiO ₂	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	PbO	CaO	Na ₂ O
Caolín	x	x				
Silicato de circonio	x		x			
Minio				x		
Carbonato cálcico					x	
Nitrato sódico						x
Número de moles total	0,794	0,052	0,050	0,110	0,265	0,024



Materia prima	SiO ₂	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	PbO	CaO	Na ₂ O
Caolín	0,104	0,052				
Silicato de circonio	0,050		0,050			
Minio				0,110		
Carbonato cálcico					0,265	
Nitrato sódico						0,024
Número de moles total	0,794	0,052	0,050	0,110	0,265	0,024



Materia prima	SiO ₂	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	PbO	CaO	Na ₂ O	n	PM	x (g)
Caolín	0,104	0,052					0,052	258,12	13,42
Silicato de circonio	0,050		0,050				0,050	183,30	9,16
Minio				0,110			0,037	685,57	25,37
Carbonato cálcico					0,265		0,265	100,08	26,52
Nitrato sódico						0,024	0,048	85,01	4,08
Cuarzo	0,640						0,640	60,08	38,45
Número de moles total	0,794	0,052	0,050	0,110	0,265	0,024			



Materia prima	x (g)	(%)
Caolín	13,42	11,47
Silicato de circonio	9,16	7,83
Minio	25,37	21,68
Carbonato cálcico	26,52	22,67
Nitrato sódico	4,08	3,49
Cuarzo	38,45	32,86
Total	103,8	100