

Palabras clave: Bioingeniería, Filtración, flujo cruzado, sacarosa, ósmosis inversa

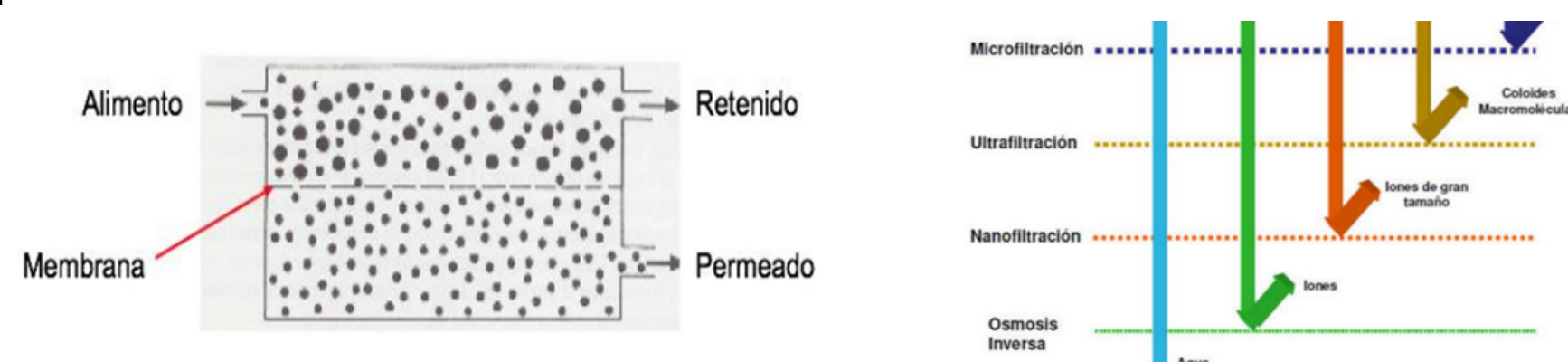
1. Abstract

Se elaboró un modelo matemático, parametrizó y realizó un simulador del comportamiento de la filtración de flujo cruzado de la sacarosa en el sistema fabricado de ósmosis inversa a escala laboratorio con una membrana comercial BW30 de DuPont para presiones de 1 a 4 bar. Se encontró que la resistencia del filtro es directamente proporcional a la presión y que la resistencia del "cake" es inversamente proporcional a esta y se elaboró un modelo para predecir los parámetros en el rango de 1-4 bar. Finalmente, con el simulador se encontró que el parámetro R_m tiene un mayor impacto en el comportamiento del sistema, lo que afecta el tiempo de filtración. Por lo que, se estableció que el rango de presión de operación del sistema debe ser entre 2 y 3 bar para evitar taponamiento y fuga de sales, con tiempos de filtración de 3.56 y 5.82 minutos, así como áreas de membrana de 1.02m² y 2.88m² respectivamente.

2. Introducción

Las tecnologías de membrana son operaciones que permiten realizar separaciones de uno o más componentes de una fase líquida de manera selectiva a través de sus poros.

Por sus características, también tienen la posibilidad de separar soluciones de agua con azúcar.



La agroindustria del azúcar es un motor económico para Guatemala y por ende contribuye al desarrollo del país.

3 País exportador de azúcar en Latinoamérica **60%** Exporta **40%** Consumo local

6 País exportador de azúcar en el mundo

Ingresos de Q9.205 millones cada año.

54,000 empleos directos y 280,000 empleos indirectos

Problema Evaporación es una de las etapas que más consumo energía representa para un ingenio. Si 20 evaporadores, 1200kWh

Biomasa es contaminante y genera producción de ceniza

Solución 2 partes

Estudiar la filtración de flujo cruzado en un sistema de ósmosis inversa

Evaluar técnicamente el proceso para la concentración de azúcar a nivel laboratorio

2. Objetivos

General

Realizar un estudio de la filtración de flujo cruzado para purificar sacarosa en un sistema de ósmosis inversa a distintas presiones

Específicos

1. Realizar una filtración de flujo cruzado de sacarosa en un sistema de ósmosis inversa con una membrana comercial.
2. Elaborar un modelo matemático por medio de la tendencia de flux de permeado de solución de sacarosa respecto al tiempo a distintas presiones en un sistema de flujo cruzado
3. Desarrollar un simulador funcional que prediga el comportamiento de la filtración de flujo cruzado a diversas condiciones de presión por medio de la parametrización del modelo.
4. Dimensionar el sistema de flujo cruzado para una escala de 1000L/h y definir sus equipos auxiliares.

3. Metodología

1 Construcción del sistema de ósmosis inversa

- 2** Preparación solución de sacarosa al 15% m/v
- 3** Puesta en funcionamiento del equipo
- 4** Establecer presión de operación del sistema de ósmosis inversa
- 5** Medir el caudal del permeado y concentrado en un medidor de 350mL con un cronómetro

4. Resultados y Hallazgos

MODELOS MATEMÁTICOS

Gráfico 1. Comportamiento del permeado a 1 bar con la ecuación modificada de Darcy

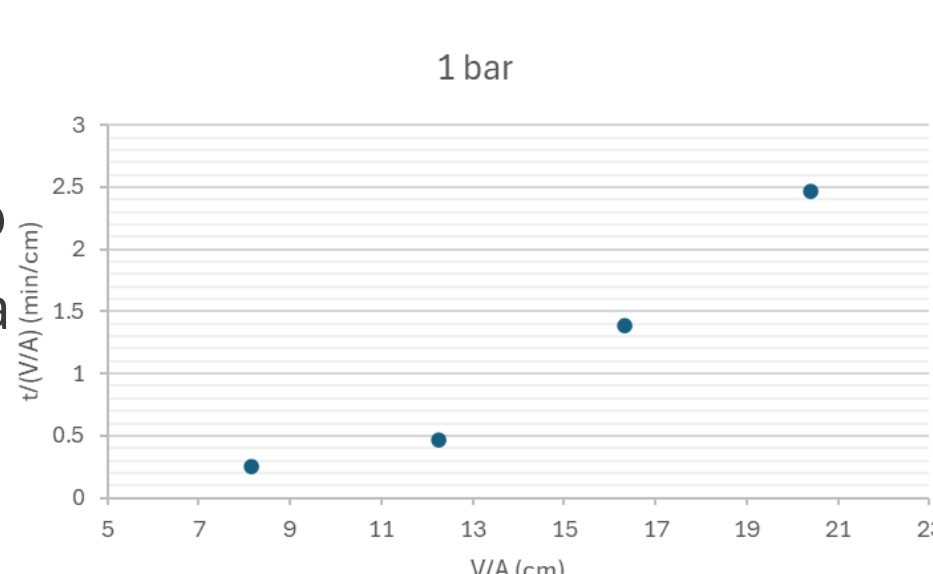
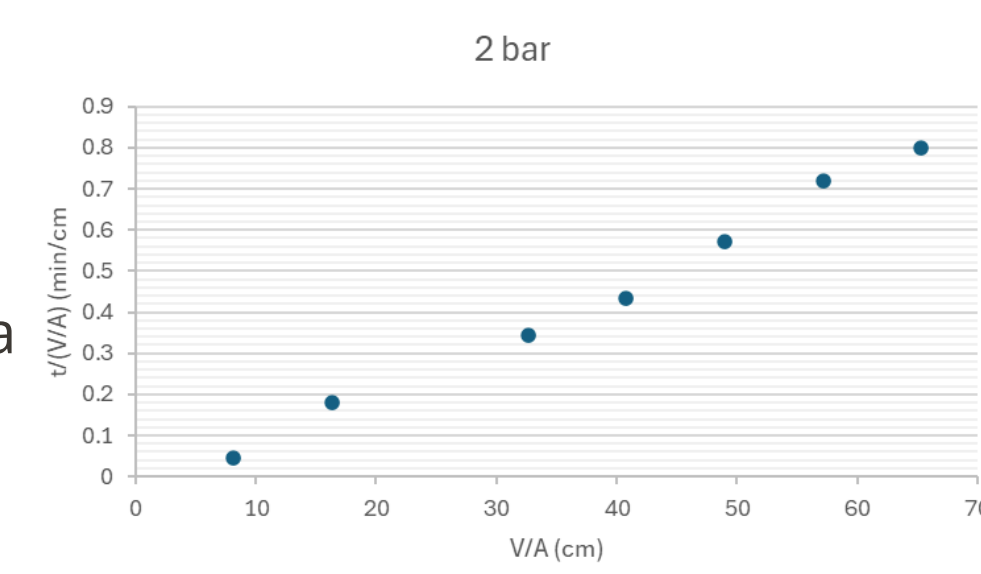


Gráfico 2.

Comportamiento del permeado a 2 bar con la ecuación modificada de Darcy



Ecuación 1. Ecuación modificada de Darcy

$$\frac{t}{V/A} = \frac{\mu_0 \alpha \rho_c}{2 \Delta p} \left(\frac{V}{A} \right) + \frac{\mu_0 R_m}{\Delta p}$$

4. Resultados y Hallazgos

Gráfico 3. Comportamiento del permeado a 3 bar con la ecuación modificada de Darcy

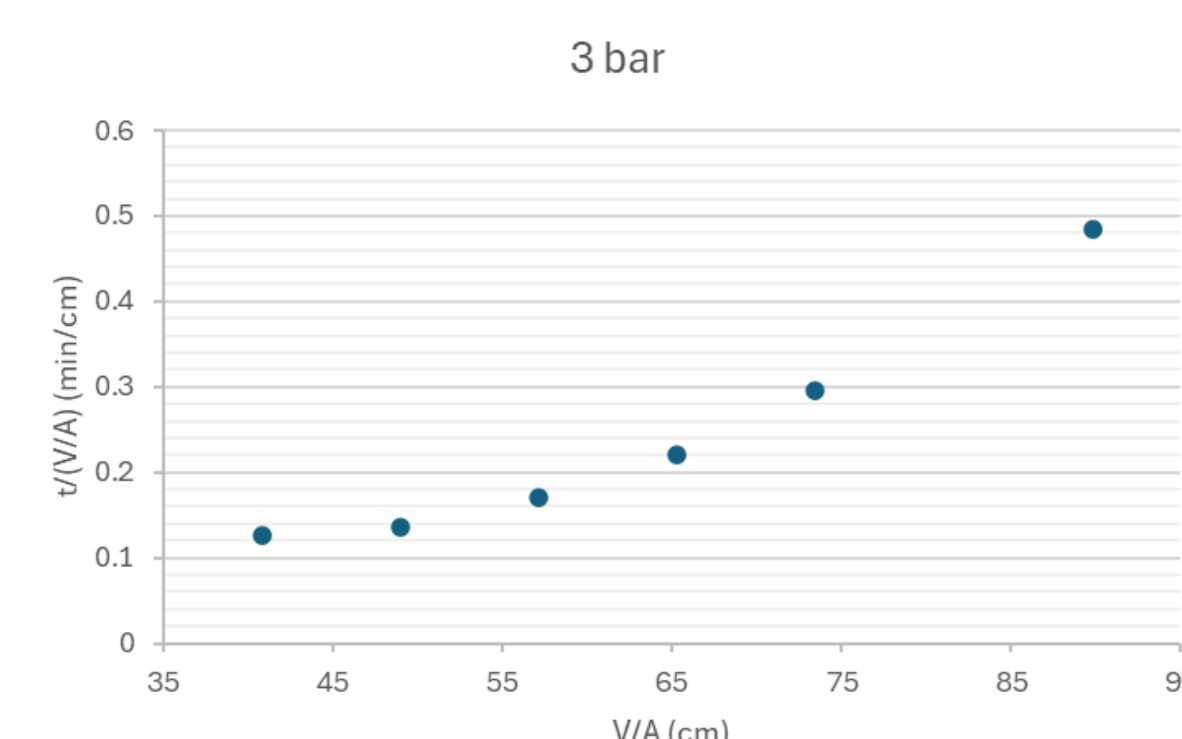
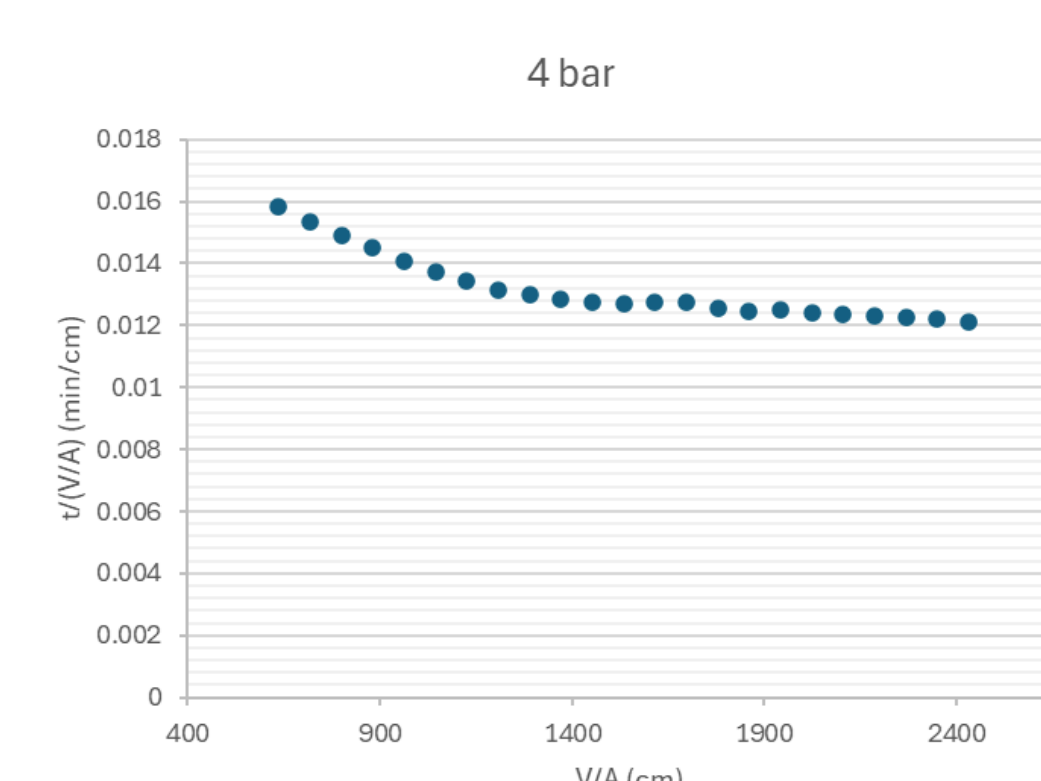


Gráfico 4. Comportamiento del permeado a 4 bar con la ecuación modificada de Darcy



Cuadro 1. Modelos matemáticos del sistema de filtración de flujo cruzado a diversas presiones

Presión (bar)	Pendiente (s/cm ²)	Intercepto (s/cm)	Coefficiente de correlación
1	0.1849+0.03532	-1.4993+0.5296	0.9320
2	0.0131+0.00056	-0.0633+0.0240	0.9911
3	0.0074+0.00074	-0.224+0.05235	0.9212
4	-2 * 10 ⁻⁶ +1.86 * 10 ⁻⁶	0.0158+0.00030	0.8024

PARAMETRIZACIÓN DEL MODELO

Gráfico 5. Resistencia del medio con el que se filtra a distintas presiones

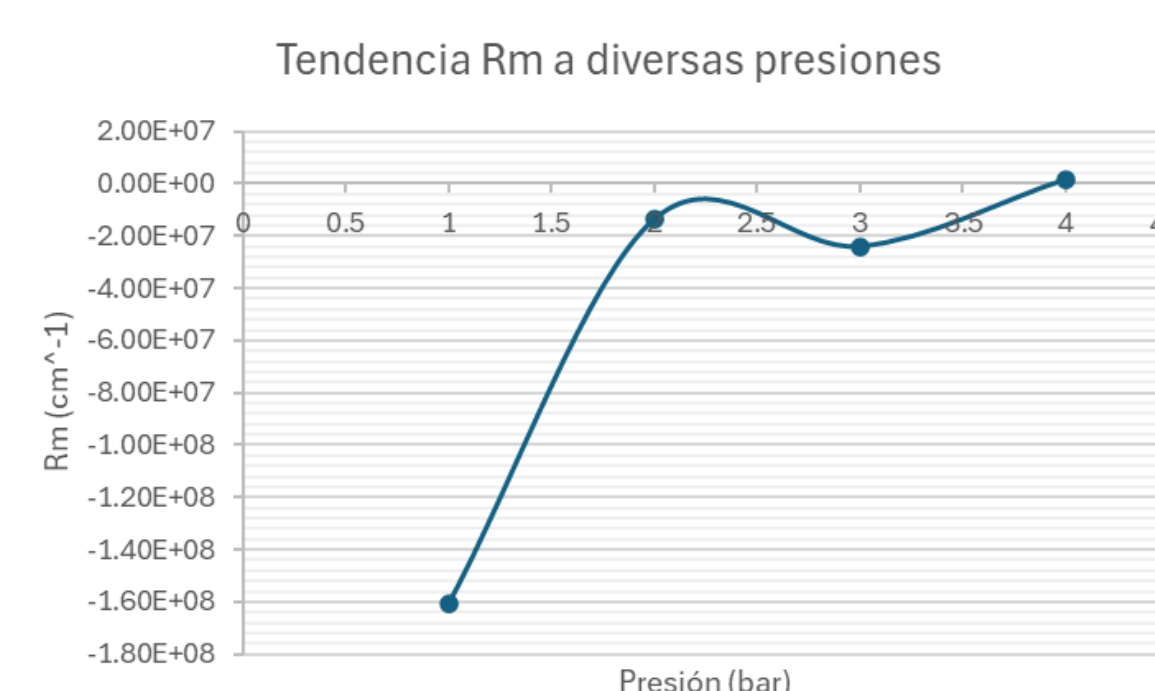
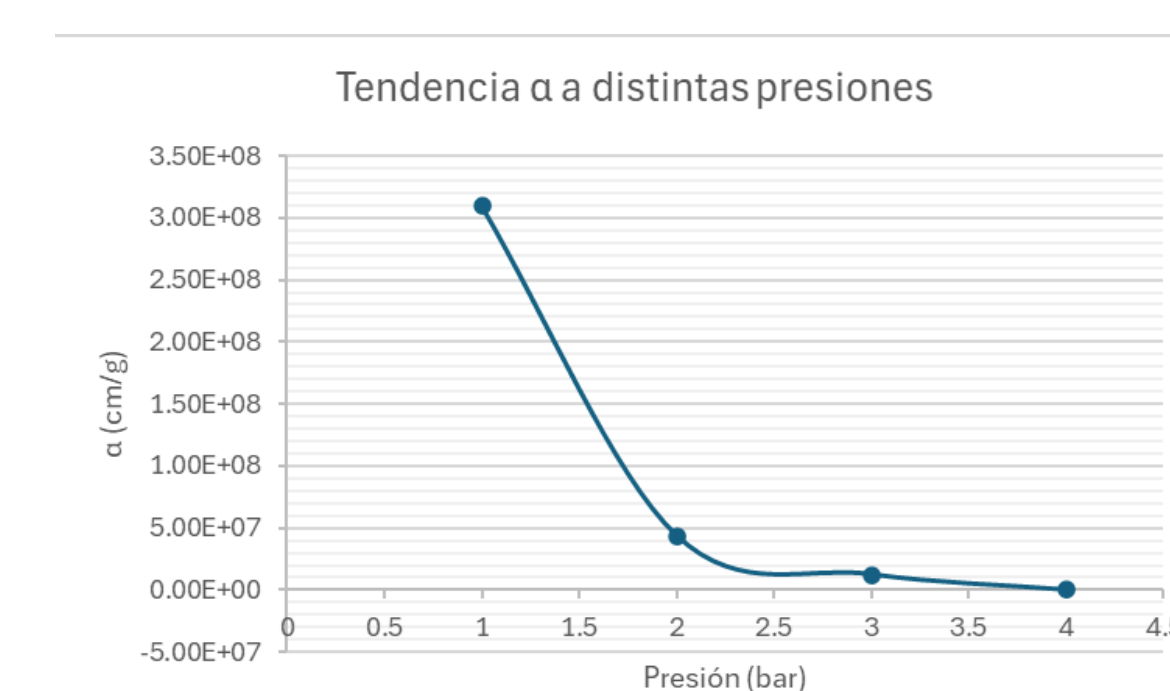


Gráfico 6. Resistencia específica del cake a distintas presiones



Cuadro 2. Tendencia de los parámetros del modelo a distintas presiones

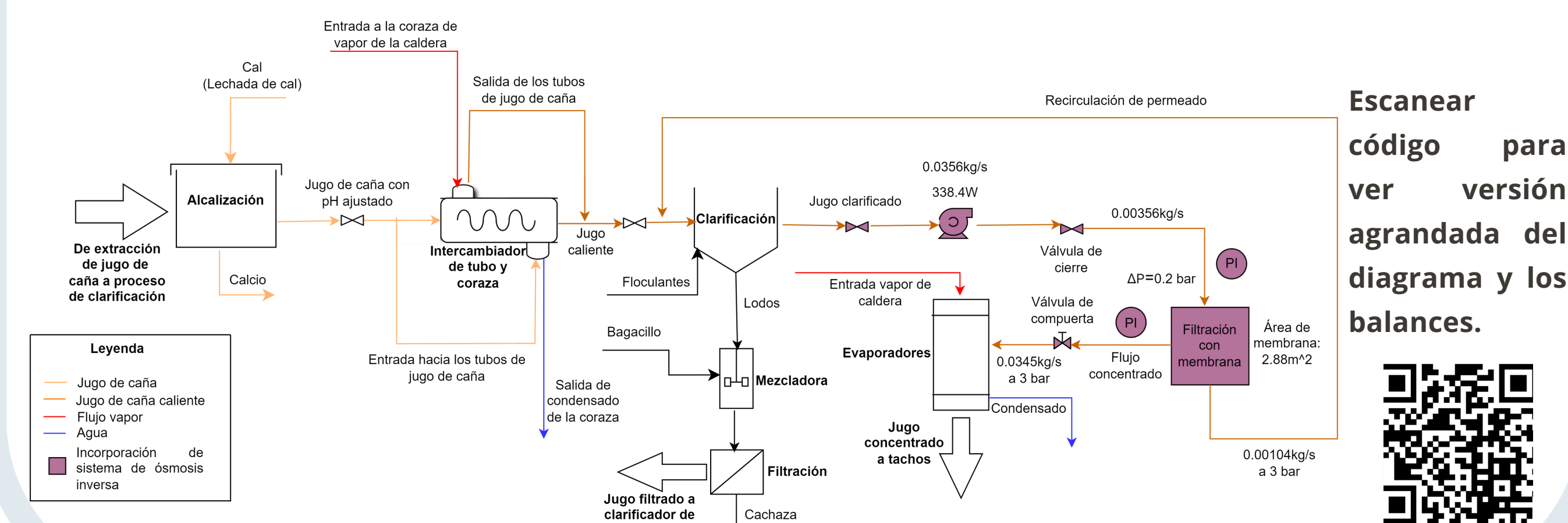
Rango presión (bar)	Parámetro	Ecuación	Coefficiente de correlación
1 a 2	Rm (cm ⁻¹)	y = 1 * 10 ⁸ x - 3 * 10 ⁸	1
	alpha (cm/g)	y = -3 * 10 ⁸ x + 6 * 10 ⁸	1
2 a 4	Rm (cm ⁻¹)	y = 2 * 10 ⁷ * x ² - 1 * 10 ⁸ x + 1 * 10 ⁸	1
	alpha (cm/g)	y = 1 * 10 ⁷ * x ² - 8 * 10 ⁷ x + 2 * 10 ⁸	1

DIMENSIONAMIENTO

Cuadro 3. Resultados de tiempo, caudal y área requerida del simulador para 1000L/h

Presión	Concentrado (L/h)	Permeado (L/h)	Tiempo (min)	Área (m ²)
1	990.90	9.28	2.70	0.06
2	985.90	26.85	3.56	1.02
3	970.32	29.33	5.82	2.88
4	940.55	59.75	8.69	4.35

Figura 1. Esquemización del proceso de filtración de flujo cruzado en un ingenio azucarero



5. Conclusiones

- Se observó un comportamiento directamente proporcional en la resistencia del filtro y uno inversamente proporcional en la resistencia del "cake" con la presión.
- A presiones bajas hay un mayor taponamiento de membrana, lo que incrementa la resistencia a la separación y reduce la productividad; a presiones altas puede haber fuga de sales a través de la membrana y el tiempo de filtrado es menor.
- Se encontró que el efecto de oposición de la membrana, si hay cambios de presión, tiene un mayor impacto en el comportamiento del sistema que la resistencia que genera el cake.
- Con el sistema diseñado se recomienda realizar corridas a presiones entre 2 y 3 bar para evitar taponamiento y fuga de sales.