Licenciatura: Ingeniería mecánica.

Nombre del Proyecto de Integración: Diseño mecánico de un reactor sometido a condiciones de operación de 8 MPa y 450 ºC implementando unidades de control y monitoreo electrónico.

Modalidad: Proyecto de Investigación.

Versión: Primera.

Trimestre Lectivo: 21I.

Datos de los alumnos:

Nombre: Martínez Trani Zurisadai.
Matrícula: 2162004820
Correo electrónico: al2162004820@azc.uam.mx

_____
Firma.

Nombre: Nuñez Rojas Cristian Alejandro.
Matrícula: 2162001927
Correo electrónico: al2162001927@azc.uam.mx

_____
Firma.

Asesor:

Dr. José Antonio Colín Luna.
Categoría: Titular C.
Departamento de adscripción: Energía.
Teléfono: (55)5318-9044
Correo electrónico: jacl@azc.uam.mx

_____
Firma.

Ciudad de México a 17 de mayo de 2021.

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

Martínez Trani Zurisadai.

Nuñez Rojas Cristian Alejandro.

Dr. José Antonio Colín Luna.

1. Introducción.

Los reactores se emplean para el estudio de reacciones químicas sometidas a presión tales como: hidrogenaciones, desarrollo de polímeros y ensayo de catalizadores en laboratorios de investigación y desarrollo (I+D). Pueden emplearse vasijas intercambiables de vidrio o aleaciones metálicas, de distintas capacidades y por lo general, con agitación. Esta última configuración es la más solicitada puesto que la cantidad de movimiento originada mantiene una composición uniforme de la mezcla, en particular los sistemas de agitación con acoplamiento magnético aseguran una mezcla homogénea y mayor hermeticidad [1].

Sin embargo, cierto tipo de reacciones requieren drásticas condiciones de operación: temperaturas mayores a 300 ºC, presiones mayores a 3 MPa y manejo de sustancias altamente corrosivas. Por lo tanto, es necesario que la vasija utilizada en las reacciones pueda soportar las esfuerzos internos y sea de un material especial inerte a las mezclas almacenadas.

Actualmente en México, no se cuenta con un fabricante de reactores que permita la adquisición económica de estos equipos, en la mayoría de los casos son equipos importados con precios elevados (>$\$10^6$ pesos dependiendo de la configuración).

Por ello, el presente proyecto se enfocará al diseño de una vasija metálica que pueda emplearse como un reactor químico a condiciones máximas de operación de 450 ºC y 8 MPa. Para lograr este propósito, se aplicarán criterios de diseño con base en los cálculos correspondientes empleados en ingeniería mecánica y se realizará un análisis técnico-económico para varias configuraciones de material de construcción recomendable. De estos resultados se elegirá el de menor costo y se emitirán recomendaciones con base al diseño propuesto.

Además de aplicar criterios de diseño de recipientes sometidos a presión de acuerdo a las normas nacionales e internacionales, se empleará software especializado para bosquejar la configuración del reactor en 2D y 3D.

2. Antecedentes.

En la literatura, se han reportado diversos diseños de vasijas sometidas a presión. Catalá [2] de la Universidad Politécnica de Valencia, desarrolló el diseño de un reactor para realizar una reacción de hidroformilación. Las condiciones de operación son de alta presión de 1.0 a 3.5 MPa y temperaturas de 100 a 150 ºC.

El estudio se abordó bajo la simulación del reactor con ayuda de MATLAB y PROMAX, y se extendió a la selección de materiales y al sistema de control de seguridad del proceso. El reactor fue de tipo continuo de tanque agitado (CSTR, del acrónimo en inglés) y para el diseño se recurrió al estándar ASME (American Society of Mechanical Engineers), el cual considera carcasas normalizadas de medidas estándar de cilindros de acero empleados en la construcción de tanques, reactores, etc.

Por otro lado, se encontró que los diámetros que podían utilizar eran de 1.84 y 2.14 m, para la carcasa interior (volumen de reacción) y para la carcasa exterior (camisa), respectivamente, con un

grosor de pared de 0.032 m. Catalá [2] eligió estas dimensiones para evitar tener un reactor de más de 7 m^3 y uso como material de construcción del dispositivo un acero al 0.5 % de carbono.

El espesor de pared de 0.032 m se eligió con el fin de tener una superficie de transferencia de calor óptima para aprovechar el calor emitido por la reacción en el reactor para usar el encamisado como un intercambiador de calor que calienta agua de 20 ºC a 90ºC para usarla en un fase de destilación posterior del proceso de hidroformilación.

Para el cabezal, Catalá [2] eligió el tipo Korbbogen o toriesférico, mostrado en la Figura 1, que según el manual de la ASME es el más adecuado para tanques a presiones altas ya que permite que la distribución de esfuerzos sea más uniforme evitando la fátiga del material. De acuerdo con las directrices del propio manual, la autora calculó las medidas del cabezal, con el fin de tener un diseño completo del reactor.

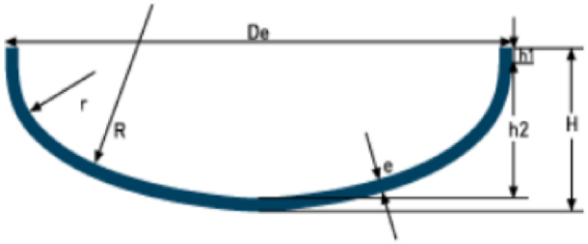

Figura 1.- Cabeza Korbbogen para tanques a presión.

Por lo tanto, este trabajo será de utilidad en el proyecto porque marca pautas importantes a considerar del manual de la ASME para el diseño de recipientes a presión, y con ello, asegurar que el diseño propuesto de nuestro recipiente sea capaz de soportar las condiciones de operación a las que será sometido.

Covaleda et al. [3] de la Universidad de Córdoba, diseñaron y construyeron un prototipo de reactor por cargas o batch a escala laboratorio para la producción de biodiesel a partir de aceites vegetales. En la Figura 2, se muestra la imagen del reactor propuesto.

En el trabajo de Covaleda et al. se utilizaron normas de la ASME de 1998, las cuales proporcionaron las pautas para elegir la geometría más adecuada para un recipiente donde las tapas estan sometidas a un esfuerzo longitudinal y a calcular las dimensiones de este. Otra norma empleada fue la ASME UG25 la cual marca criterios en cuanto al tipo de material con el cual se maquinará el recipiente considerando los efectos corrosivos en el material. De igual manera Covaleda et al. determinan la potencia del motor para alcanzar condiciones de mezclado homogéneo en la agitación considerando la propiedades viscosas de la solución.

En este trabajo se muestra la importancia de considerar las dimensiones del recipiente, condiciones de operación y la velocidad de agitación para el diseño integral del reactor..

Figura 2.- Diseño físico del cuerpo cilíndrico.

Finalmente, Mejía et al. [4] consideran que es importante, en todo diseño de contenedores sometidos a presión, el análisis de esfuerzos como una guía para el diseño del recipiente. Así mismo, para recipientes a soldadura, presentan una pauta para considerar la eficiencia de la soldadura en la manufactura del recipiente. Por otro lado, dichos autores presentan la relación de la presión de operación y máxima con las dimensiones idóneas del recipiente, así como la importancia de los esfuerzos longitudinales por flexion y tangenciales cuando se conectan coples y boquillas al recipiente.

3. Justificación.

Una de las problemáticas en los laboratorios experimentales es el costo excesivo de reactantes y de equipo mecánico empleado en sus pruebas. En particular, en recipientes sometidos a presión no se cuenta con un mercado nacional que provea de recipientes metálicos, muchas veces usados como reactores, a un costo accesible. Es por ello que en el presente se va a proponer un diseño de un reactor sometido a condiciones máximas de operación de 450 ºC y 8 MPa con un volumen máximo de 300 cm^3. Adicionalmente, se realizará un análisis técnico-económico y bajo este análisis se recomendará el material adecuado que permita que el dispositivo sea manejable y de bajo costo.

4. Objetivos.

Objetivo general.

Diseñar con base a criterios de diseño mecánico, un reactor sometido a condiciones máximas de operación de 8 MPa y 450 ºC, implementando además, sistemas de control electrónico para la presión, temperatura y velocidad de agitación.

Objetivos particulares.

Determinar el efecto de los esfuerzos internos en el dimensionamiento de un recipiente metálico con un volumen máximo de 300 cm^3.

Estimar la potencia mecánica para la agitación de una mezcla viscosa y la potencia energética para alcanzar la temperatura de operación.

Seleccionar e integrar unidades de control electrónico de temperatura y de velocidad de agitación.

Seleccionar e integrar un detector electrónico de presión al reactor.

Relizar un análisis técnico-económico de diversas configuraciones propuestas del recipiente.

5. Metodología.

Se realizarán los cálculos del recipiente para determinar sus dimensiones generales y las de los componentes mecánicos necesarios como ejes, tren de engranes, tuberías, etcétera, así como seleccionar el material más adecuado.

Posteriormente, se seleccionarán los elementos comerciales como: tubos, uniones, válvulas, etcétera, que puedan funcionar óptimamente para el monitoreo o control del dispositivo en operación.

Con base a los cálculos hechos y a los criterios de operación del recipiente, se seleccionarán e implementarán unidades electrónicas para el control de temperatura y de agitación y un dispositivo electrónico para el monitoreo de la presión interna.

Se elaborará el modelo 3D y los planos correspondientes del recipiente, empleando software especializado de dibujo mecánico.

Finalmente, se realizará un análisis del costo de fabricación del recipiente.

6. Normatividad.

Norma Oficial Mexicana NOM-020-STPS-2011. Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad.

Esta Norma proporciona los requisitos de seguridad para el funcionamiento de los recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas en los centros de trabajo, a fin de prevenir riesgos a los trabajadores y daños en las instalaciones [5]. La presente será de utilidad para tomar en cuenta ciertos factores de seguridad en los cálculos, con el fin de poder cumplir con los lineamientos establecidos en la Norma.

Norma Oficial Mexicana NOM-093-SCFI-1994. Válvulas de relevo de presión (Seguridad, seguridad-Alivio y alivio) operadas por resorte y piloto; fabricadas de acero y bronce.

La Norma establece establece las especificaciones de seguridad y criterios básicos de fabricación, selección, pruebas de funcionamiento, instalación, uso y mantenimiento de válvulas de relevo de presión, con el propósito de unificar el criterio de fabricantes, usuarios, autoridades, dependencias e instituciones relacionadas con el producto [6]. Esta norma será de utilidad para seleccionar de manera eficiente las válvulas a utilizar en el recipiente y evitar con ello algún incidente.

Norma ASME para recipientes de presión (ASME VIII – Div. 1).

Es utilizada mundialmente para el cálculo y el análisis de equipos sometidos a presión. Al utilizar este código para desarrollar proyectos de equipos de recipientes de presión, las empresas garantizan confiabilidad, y dan garantía de la calidad y seguridad de los equipos [7].

7. Cronograma de actividades.

UEA para la que se solicita autorización:

Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I.	x
Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica II.	
Introducción al trabajo de Investigación en Ingeniería Mecánica.	

No.	Actividades del trimestre 21-P	Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Calcular los esfuerzos internos del recipiente con base a las condiciones máximas de operación.												
2	Dimensionar el recipiente considerando criterios de diseño y selección de materiales.												
3	Bosquejar mediante software especializado un modelo 2D y 3D del recipiente.												
4	Seleccionar en base a cálculos, la potencia del motor de agitación para la mezcla de reacción, y la potencia energética para alcanzar la temperatura de operación.												
5	Seleccionar e integrar un dispositivo electrónico para el monitoreo de la presión interna.												
6	Seleccionar elementos comerciales como tubos, uniones, válvulas, etcétera, que requieran implementarse al diseño.												
7	Trazar los planos del modelo recomendado en un software especializado.												
8	Realizar un análisis técnico-económico del reactor.												
9	Redactar y entregar el reporte final del Proyecto de Integración.												

8. Entregables.

1. Memoria de cálculo.
2. Modelo del recipiente en 2D y 3D.
3. Planos de diseño.
4. Análisis técnico-económico.
5. Reporte final.

9. Referencias bibliográficas.

[1] Coll, X., 2019, "¿Qué sabe de los reactores químicos de laboratorio?". De: https://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/231986-Que-sabe-de-los-reactores-quimicos-de-laboratorio.html

[2] Catalá Masanet, C., 2019, "Diseño de un reactor de hidroformilación con recuperación del catalizador para la producción de 2-etilhexanol", Tesis, Universitat Politècnica de València.

[3] Covaleda Olave, M. C., y Hoyos Álvarez, C. A., 2014, "Diseño y construcción de un prototipo de reactor tipo Batch a escala de laboratorio para la producción de biodiesel a partir de aceites vegetales", Tesis, Universidad de Córdoba.

[4] Mejía Rodríguez A. G., y Reyes Madrigal C. A., 2008, "Memoria de cálculo, selección y análisis numérico de un recipiente a presión de 600 ft^3 de capacidad", Tesis, Instituto Politécnico Nacional.

[5] SEGOB, 2011, "Norma Oficial Mexicana NOM-020-STPS-2011. Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad", 020.

[6] SEGOB, 1997, "Norma Oficial Mexicana NOM-093-SCFI-1994. Válvulas de relevo de presión (Seguridad, seguridad-Alivio y alivio) operadas por resorte y piloto; fabricadas de acero y bronce", 093.

[7] ASME, 2004, "Norma ASME para recipientes de presión (ASME VIII – Div. 1)", VIII.

10. Terminología.

No es necesaria.

11. Infraestructura.

No es necesaria.

12. Asesoría complementaria.

No es necesaria.

13. Publicación o difusión de los resultados.

En caso de resultados relevantes y originales se difundirán en congresos o seminarios.