

Preprint

**Pertenencia institucional****Resumen****Palabras clave:****Correspondencia****Abstract****ORCID****Key words:**

1. Introducción

La industria de reactores químicos y la producción de energía son sectores esenciales para el desarrollo económico y social, pero también conllevan a riesgos inherentes que pueden generar accidentes con graves consecuencias tanto para la salud humana, el medio ambiente y la economía (Sanchez, 2016), es aquí cuando herramientas como el método HAZOP se utiliza para identificar todas las causas o fuentes de riesgos o peligros latentes de una operación normal y segura que podría ser propias a cualquier riesgo de seguridad o problema de operabilidad. (Jesus G, Martinez Ponce de Leon, 2007)

En este contexto la gestión de riesgos en reactores químicos y de sistemas de producción de energía es esencial para evitar incendios, explosiones y demás accidentes, para abordar el análisis, la prevención y la mitigación de accidentes en las industrias que nos ocupan, es conveniente conocer las bases fisicoquímicas de los mismos y de su extinción. (José María Storch de Gracia, 2008)

2. Desarrollo

REACTORES QUÍMICOS

De acuerdo con (Bea Sánchez, 2016) Los reactores químicos son los equipos donde tienen lugar las reacciones químicas en los procesos de fabricación industrial. Dependiendo de la entrada y de las características específicas de la reacción que en ella se lleva a cabo, el reactor puede funcionar en modo continuo, discontinuo o semicontinuo. También tendrán características especiales y puntos de servicio que ayudarán a mejorar el rendimiento.

Los reactores químicos y la termodinámica están estrechamente interconectados. La termodinámica proporciona las bases teóricas necesarias para comprender y predecir el comportamiento de los sistemas químicos dentro de los reactores. Además, ayuda a controlar las reacciones químicas, asegurando su eficiencia y seguridad.

TIPOS DE REACTORES QUÍMICOS

Tal y como menciona (Gómez Olarte, 2015) Los dos tipos principales de reactor se denominan *por lotes* también conocidos como “batch” o “discontinuos” y continuos.

REACTORES BATCH O DISCONTINUOS

Los reactores discontinuos o de tipo batch se utilizan comúnmente cuando una empresa necesita producir una variedad de productos que requieren diferentes reactivos y condiciones de operación en el reactor. En estos casos, se emplea el mismo equipo para llevar a cabo distintas reacciones. Un ejemplo de proceso que utiliza reactores discontinuos es la fabricación de colorantes y margarina.

REACTORS CONTINUOS

El producto tiende a ser *de mayor calidad en un reactor continuo* debido a que los parámetros de reacción (es decir, el tiempo de residencia, temperatura y presión) están mucho mejor controlados que en los procesos *discontinuos* o tipo '*batch*'.

Tambien producen menos residuos y requieren un almacenamiento de materia primas y productos mucho menor resultando en una operación más eficiente. Los costos de capital por tonelada de producido en consecuencia son más bajos. El principal inconveniente es que se vuelve rígido una vez establecido el reactor, ya que sólo puede utilizarse para llevar a cabo una reacción química diferente en circunstancias excepcionales.

TERMODINAMICA

Como describe (Gómez García, 2012) La termodinámica es una de las herramientas más útiles en el análisis y diseño de procesos químicos. Dicha utilidad no solo puede ser entendida por la posibilidad efectiva que brinda en términos de los procesos ya existentes, su optimización y mejoramiento, pero también, usada correctamente, permite prescribir e incluso revelar una variedad de posibles cuestiones de operación relevantes con el siguiente diseño de los procesos reactivos.

La termodinámica no se limita a mejorar lo existente. Su verdadero poder reside en su capacidad para predecir las condiciones ideales de operación en nuevos procesos reactivos es como si nos permitiera visualizar el camino antes de recorrerlo, anticipando los desafíos y oportunidades que se presentarán.

PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA

Primer principio: una ley de conservación de la energía. Este principio se basa en la suposición de que, dado que la energía no se crea ni se destruye, la cantidad de energía transferida a un sistema en forma de calor y de trabajo debe ser igual al aumento de la energía interna del sistema. El calor y el trabajo

son mecanismos mediante los cuales los sistemas intercambian energía. (Hidalgo Estrella, 2019) La primera ley de la termodinámica dicta que la energía total en su sistema aislado se mantiene constante. En reactores químicos, esto se traduce en:

Balance de energía: Permite contabilizar la energía que entra y sale del reactor, además de la acumulada dentro. Es crucial para medir la eficiencia del proceso.

Cálculo del calor de reacción: Ayuda a predecir el comportamiento energético de la reacción, ya sea liberado o absorbiendo calor.

Diseño de reactores: Se utiliza para diseñar reactores eficientes y seguros, considerando la transferencia de calor y los límites de operación.

Control de procesos: El monitoreo de la temperatura y flujo de materiales permite un control preciso y seguro de la reacción.

Evaluación de riesgos: Se identifican los posibles riesgos asociados al calor generado o liberado, permitiendo tomar medidas de seguridad.

SEGUNDA LEY DE LA TERMODINAMICA

Según lo expresado por (Perez Garcia, 2020) La segunda ley de la termodinámica trata de la transferencia de energía entre un sistema y su entorno de tal forma que en un proceso típico se cede calor al sistema y este realiza un trabajo. Se puede decir que, en otras palabras, se realiza una conversión en el que la energía llega en forma de calor y sale en forma de trabajo. En esta ley surgen cálculos de sus micro estados de esta ley, mismos que son analizados previamente después de ser calculados y así determinar una conclusión.

Entonces habrá una generación de calor, ya que las reacciones químicas exotérmicas liberan energía en forma de calor. Según la segunda ley de la termodinámica, este calor se dispersará en el entorno. Por lo tanto, la gestión adecuada de este calor es crucial para evitar riesgos como el sobrecalentamiento, que podría llevar a explosiones o a la descomposición de reactivos peligrosos.

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

ENERGÍA NO RENOVABLE

Según lo expresado por, (DKV, 2023) las energías no renovables o energías convencionales son fuentes de energía presentes en la naturaleza en cantidad limitada. Es decir, son recursos finitos; una vez agotados, no pueden reemplazarse porque no existen métodos de extracción y producción que sean técnica o económicamente viables. Se dividen en dos categorías principales: los combustibles fósiles, que se originan de materia orgánica de hace millones de años acumulada en sedimentos y transformada en material energético bajo condiciones adecuadas de temperatura y presión, y los combustibles nucleares, que incluyen todos los elementos químicos usados en la alimentación y operación de reactores nucleares, donde la energía se genera a través de la fisión nuclear.

ENERGIA FÓSIL

Desde el comienzo de la humanidad, los humanos han utilizado combustibles para producir calor mediante la combustión de oxígeno. El carbón, el petróleo, las ramas, la madera, los excrementos, la yesca, las hojas secas, el carbón y sus derivados fueron los primeros combustibles. Es posible que estas fuentes sean renovables o no renovables. Las principales fuentes

de energía en la actualidad son las energías renovables y no renovables, así como los combustibles fósiles. Los combustibles fósiles son los restos orgánicos que se han acumulado en las capas profundas de la Tierra durante millones de años. Además, existen recursos como el agua y el aire que transportan y absorben los restos de estos combustibles fósiles. (Barriero, 2022)

ENERGÍA NUCLEAR

(CSN, 2015) Afirma que la energía nuclear es la energía contenida en el núcleo de un átomo. Los átomos son las partículas más pequeñas en las que se puede dividir un elemento químico manteniendo sus propiedades. En el núcleo de cada átomo, hay dos tipos de partículas (neutrones y protones) que están unidas entre sí. La energía nuclear es la fuerza que mantiene unidos a neutrones y protones. Esta energía puede ser utilizada para producir electricidad, pero primero debe ser liberada. Existen dos formas de obtener energía: fusión nuclear y fisión nuclear. En la fusión nuclear, La energía del sol se libera cuando los átomos se unen o fusionan para crear un núcleo más grande.

La fisión nuclear implica la división de núcleos, lo que da como resultado núcleos más pequeños que liberan energía. La fisión nuclear es la forma en que las centrales nucleares producen electricidad. Las reacciones nucleares que tienen lugar pueden resultar en fusión o fisión.los átomos

pierden una pequeña cantidad de masa, como lo demostró Albert Einstein como su famosa ecuación $E=mc^2$. La energía térmica producida se utiliza para generar vapor y producir electricidad. Aunque la generación de electricidad es el uso más común de la energía nuclear, también tiene aplicaciones en otros sectores, como en la medicina y el medio ambiente.

ENERGÍA RENOVABLE

Las energías renovables provienen de fuentes naturales que se reponen más rápidamente de lo que se consumen. Ejemplos de estas fuentes incluyen la luz solar y el viento, las cuales se renuevan constantemente. Estas fuentes de energía renovables son abundantes y se encuentran en diversos entornos. En contraste los combustibles fósiles, como el carbón, el petróleo y el gas, son fuentes de energía no renovables que tardan cientos de millones de años en formarse. La quema de combustibles fósiles produce energía, pero también emite gases de efecto invernadero dañinos, como el dióxido de carbono. La generación de energías renovables emite significativamente menos gases que los combustibles fósiles. La transición de estos combustibles, que actualmente son responsables de la mayoría de emisiones, a energías renovables es crucial para enfrentar la crisis del cambio climático. Además, hoy en día, las energías renovables son más económicas en la mayoría de los países y crean tres veces más empleos que los combustibles fósiles (Nations, 2024).

ANÁLISIS DE RIESGOS

ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD (HAZOP)

En palabras de (Lugo Méndez, Ruiz Ramirez, Hugo Leyte, & Torres, 2012) Un HAZOP (Hazard and Operability Study) permite identificar y evaluar riesgos en instalaciones de procesos, así como identificar problemas de operatividad, que, a pesar de no ser peligrosos, podrían comprometer la capacidad de producción de la planta (cantidad, calidad y tiempo). Se requiere un equipo multidisciplinario del centro para hacerlo. Las palabras guía son las mismas que las del diseño del nodo, éste identifica y evalúa posibles desviaciones en el funcionamiento de la planta. Si las causas y las consecuencias son significativas y las salvaguardas son inadecuadas o insuficientes, se deben presentar en una lista en forma de tabla que contenga los hallazgos del equipo, los cuales incluyen la identificación de los riesgos del proceso, los problemas operativos, las causas, las consecuencias, las salvaguardas y recomendaciones.

El HAZOP no solo buscar mitigar riesgos críticos, sino también mejorar la operación general de la planta al identificar y abordar problemas operativos potenciales que podrían afectar la producción y la calidad del producto final.

RIESGOS PARA LA SEGURIDAD DEL REACTOR QUÍMICO

De acuerdo con lo dicho por (Equipo de fluido Co., 2022) los riesgos de seguridad del reactor son los siguientes:

Errores en la alimentación: Si la velocidad de alimentación es demasiado alta, la relación de alimentación puede descontrolarse, lo que lleva a una secuencia de alimentación incorrecta y a una reacción exotérmica rápida. Si no se logra sincronizar el enfriamiento, se acumulará calor y el material puede descomponerse térmicamente, provocando una rápida reacción y la liberación de gases nocivos, lo que podría resultar en una explosión.

Fugas en las tuberías: Durante la alimentación, si la tubería de ventilación no está abierta y se usa una bomba para trasladar el material líquido a la caldera, puede generarse una presión positiva en la caldera. Esto puede provocar que las conexiones de las tuberías se agrieten, resultando en fugas que podrían causar lesiones por quemaduras.

Calentamiento excesivo: Un calentamiento demasiado rápido, combinado con una baja velocidad de enfriamiento y una mala condensación de los materiales en la caldera, puede hacer que los materiales hiervan, formando una mezcla de vapor y líquidos que genera presión. Si los sistemas

de alivio de presión no funcionan correctamente, esto puede provocar una explosión en la caldera.

Reparaciones en caliente: Durante la reacción de materiales en la caldera, si las operaciones de soldadura eléctrica o corte de gas no se realizan con las debidas precauciones, o si se generan chispas al apretar pernos u objetos de hierro, y hay una fuga de material inflamable o explosivo, podría ocurrir un incendio o una explosión.

CONTROL DE RIESGOS

PREVENCIÓN DE EXPLOSIONES

El riesgo de incendios y explosiones en el lugar de trabajo conlleva un significativo potencial de pérdidas humanas y económicas. Este riesgo tambien afecta a la población en general. Sin embargo, a menudo no se adoptan las medidas necesarias para prevenirlo o protegerse contra él.

Al hablar de las precauciones que deben tomarse durante la ejecución de cualquier proyecto de construcción e instalaciones en una empresa, estamos destacando la importancia de actuar de manera preventiva. Las medidas adecuadas para evitar el riesgo de incendios o explosiones pueden variar según las circunstancias, pero el incendio como fenómeno, su evolución y las medidas de seguridad admiten un tratamiento común (Istas.net, 2007).

EQUIPOS DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS

Detectores: La detección de incendios tiene como objetivo descubrir rápidamente un conato de incendio. Aunque el mejor detector de incendios es el ser humano, no siempre es posible contar con su presencia en todas las situaciones, por lo que se recurre a la detección automática. Según lo que se desea detectar, como subproductos de la combustión (monóxido o dióxido de carbono), humos o llamas, se utilizaran diferentes tipos de detectores. En industrias o lugares de trabajo con alto riesgo, la Delegación Provincial de trabajo puede imponer la obligación de instalar los detectores más adecuados (Méndez, 2019).

Extintores portátiles: Los aparatos, portátiles o sobre ruedas, contienen el agente extintor y tienen un peso y dimensiones adecuados para su uso y transporte. Un extintor portátil no debe exceder los 20 kg. La vida útil de un extintor no debe superar los 20 años desde la fecha de su primera prueba de presión. Estos extintores deben ser revisados cada tres meses, someterse a mantenimiento anual y ser retimbrados cada cinco años. Se colocarán cerca de los puestos de trabajo con mayores riesgos de incendios, en un lugares visibles y accesibles en las rutas de trabajo con mayores riesgos de incendio. En lugares visibles y accesibles en rutas de evacuación, preferiblemente con la parte superior a 1,70 metros del suelo. La distancia entre extintores, deben estar señalizados y etiquetados, indicando su ubicación y el tipo de incendio

que pueden extinguir. La composición del material combustible determina la clase de fuego, y la efectividad del agente extintor varía según la clase de incendio a extinguir (Méndez, 2019).

Salidas de emergencias: El número, tipo, ubicación y capacidad de las salidas en cada edificio debe ser apropiado considerando la ocupación, el número de personas expuestas, las opciones de protección contra incendios disponibles y la altura y tipo del edificio. Estructura para facilitar la evacuación de todos los residentes, con acceso de salida a un lugar seguro. (IESS, 2021).

3. Conclusiones

Los reactores químicos y los sistemas de producción de energía son riesgosos y deben gestionarse para garantizar la seguridad, el bienestar humano y la protección del medio ambiente Hazop es una herramienta que identifica problemas operativos que podrían afectar la producción y permite inspeccionar y calificar la producción en función de los riesgos.

Se han discutido las reacciones de los reactores y la gestión adecuada del calor producido para evitar el sobrecalentamiento, las explosiones y la liberación de sustancias peligrosa.

4. Referencias

Barriero, F. (2022). *ENERGÍA FÓSIL*. Obtenido de <https://www2.uned.es/master-medioambiente-energiasrenovables/65%20PAGS%20Modulo%203%20Energia%20fossil.pdf>

Bea Sánchez, J. (2016). *Reactores químicos*. Obtenido de https://www.google.com.ec/books/edition/Reactores_químicos/SwTQjwEACA AJ?hl=es-419&kptab=overview

CSN. (2015). *La energía nuclear*. Obtenido de <https://www.csn.es/documents/10182/927506/La+energía+nuclear+%28Monografía%29>

DKV. (2023). *Energías no renovables, ¿qué son? Características y tipos*. Obtenido de DKV Seguros: <https://dkv.es/corporativo/energias-no-renovables-que-son-caracteristicas-y-tipos>

Equipo de fluido Co., L. d. (2022). *Los riesgos de seguridad del reactor son los siguientes...* - Noticias - Wenzhou Kosun Fluid Equipment Co., Ltd. Obtenido de Kosunes.com: <https://www.kosunes.com/news/the-safety-hazards-of-the-reactor-are-as-follo-59756320.html>

Gómez García, M. A. (2012). *Elementos para el análisis y diseño de reactores químicos*. Obtenido de api.pageplace.de: https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9789587617900_A25317589/previe w-9789587617900_A25317589.pdf

Gómez Olarte, C. G. (2015). *Tipos de Reactores con sus características*. Obtenido de https://www.academia.edu/11977961/Tipos_de_Reactores_con_sus_caracter%C3%ADsticas

Hidalgo Estrella, J. C. (2019). *Termodinámica básica para ingenieros* . Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/uteq/127107?page=37>

IESS. (2021). *Reglamento de prevención de incendios* . Obtenido de Seguro General de Riesgos del trabajo: <https://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2021/03/01-08NOR1998-REGLAMENTO01.pdf>

Istas.net. (2007). Obtenido de INCENDIO EXPLOSION: https://istas.net/descargas/gverde/INCENDIO_EXPLOSION.pdf

Jesus G, Martinez Ponce de Leon. (2007). *INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE RIESGOS*. Publicaciones Limusa. Obtenido de

https://www.google.com.ec/books/edition/INTRODUCCI%C3%93N_AL_AN%C3%81LISIS_DE_RIESGOS/UZOzKXcpfJQC?hl=es&gbpv=1&dq=introducci%20n+al+an%C3%A1lisis+de+riesgos&printsec=frontcover

José María Storch de Gracia, T. G. (2008). *Seguridad industrial en plantas químicas y energéticas*. Ediciones Diaz de Santos S.A. Obtenido de https://www.google.com.ec/books/edition/Seguridad_industrial_en_plantas_q%C3%ADmica/nz-ICgAAQBAJ?hl=es&gbpv=0

Lugo Méndez, H., Ruiz Ramirez, O. A., Hugo Leyte, O., & Torres, A. (2012). *Riesgos y Problemas de Operación en una planta de producción de Biogás*. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/359693463_RIESGOS_Y_PROBLEMAS_DE_OPERACION_EN_UNA_PLANTA_DE_PRODUCCION_DE_BIOGAS

Méndez, P. V. (2019). *REGLAMENTO DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS*. Obtenido de <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2019-11/REGLAMENTO%20DE%20PREVENCI%C3%83N%20MITIGACI%C3%83N%20Y%20PROTECCI%C3%83N%20CONTRA%20INCENDIOS.pdf>

Nations, U. (2024). *¿Qué son las energías renovables? | Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-renewable-energy>

Perez Garcia, G. A. (2020). *Segunda ley de la termodinámica y entropía*. Obtenido de <https://doi.org/10.29057/estr.v7i14.5599>

Rolle, K. C. (2006). *Termodinámica*. Publicaciones Pearson Educación. Obtenido de <https://www.google.com.ec/books/edition/Termodinamica/1rlBBXQhmCwC?hl=es&gbpv=0>

Sanchez, J. L. (2016). *Reactores químicos*. Publicaciones Síntesis. Obtenido de https://www.google.com.ec/books/edition/Reactores_qu%C3%ADmicos/SwTQjwEACAAJ?hl=es

Velázquez, J. A. (2000). *La evaluación de riesgos como componente básico del sistema de control interno*. Publicaciones B - EUMED. Obtenido de https://www.google.com.ec/books/edition/La_evaluaci%C3%B3n_de_riesgos_como_component/PzDUGz8z71MC?hl=es&gbpv=0