

# HERRAMIENTAS PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE LA DISCIPLINA TECNOLÓGICA EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE QUESO.

Ing. Luisbel González Pérez de Medina<sup>1</sup>, MSc. Glennys M. Águila Hernández<sup>1</sup>  
Dr.C. Jesús Delfín Luis Orozco<sup>1</sup>, Dr.C. Yamilé Martínez Ochoa<sup>1</sup>, Dr.C Lourdes Y.  
González Sáez

*1. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”,  
Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba.  
[luisbel.gonzalez94@gmail.com](mailto:luisbel.gonzalez94@gmail.com)*

## RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo recopilar las herramientas que permiten evaluar el comportamiento de la disciplina tecnológica en el proceso de obtención de queso. Se presentan las causas que producen violación de la disciplina tecnológica y su influencia sobre la calidad, economía y medio ambiente; y las herramientas simples recogidas en la literatura como son: listas de chequeo, diagrama de Ishikawa, cartas de control, prueba de hipótesis, análisis de indicadores económicos de la producción e índice de calidad del agua que pueden ser utilizadas para evaluar el comportamiento de la disciplina tecnológica

*Palabras claves: disciplina tecnológica, evaluación de procesos, producción de queso.*

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Los productos lácteos son productos derivados exclusivamente de la leche, teniendo en cuenta que se pueden añadir sustancias necesarias para su elaboración, siempre y cuando estas sustancias no se utilicen para sustituir total o parcialmente, alguno de los componentes de la leche y los productos compuestos de leche, en los que la leche o un producto lácteo es la parte esencial, ya sea por su cantidad o por el efecto que caracteriza a dichos productos, en los que ningún elemento sustituye ni tiende a sustituir a ningún componente de la leche. (Veisseyre, 2017)

Las cualidades nutritivas y la imagen de salubridad han convertido a los productos lácteos en el segundo de los alimentos más adquiridos por los consumidores, por detrás de la carne. (Salazar, 2015)

En investigaciones recientes sobre este tipo de industria se han detectado serios problemas en cuanto a la violación de la disciplina tecnológica, algunos de estos son los siguientes: mal uso de los recursos naturales (en este caso el agua es el más afectado), consumiendo grandes volúmenes y arrojando sobre esta gran carga contaminante; además se ha detectado mal empleo de la tecnología que se posee; la capacitación del personal que labora en las plantas no es la más adecuada para el cumplimiento de las tareas asignadas, entre otros (Águila, 2007).

## 2. DESARROLLO

Para evaluar las principales causas que inciden en la disciplina tecnológica se emplean numerosas herramientas que permiten detectar la incidencia de estas sobre el proceso.

### 2.1 Factores que influyen en la disciplina tecnológica.

#### -Control del proceso.

El control a lo largo de muchos años ha sido empleado por ingenieros y directivos para mejorar y evaluar cada tarea propuesta, lo que contribuye a mejorarlas y a proporcionarles una idea de a dónde dirigir sus estrategias y decisiones con el objetivo de ser más eficaces y eficientes en lo que se pretenda lograr (Alonso, 2012).

#### Desarrollo e implementación de medidas de control.

En la mayoría de los alimentos procesados, la misma operación unitaria aplicada para el proceso sirve también como medida de control, especialmente contra bacterias patógenas, que son los peligros que con mayor frecuencia se encuentran causando brotes de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA). El conocimiento de los peligros asociados

a los productos lácteos, su ecología, y sus características de crecimiento y de resistencia permiten desarrollar medidas para su prevención aplicables en programas de prerequisite, y medidas de control que pueden ser usadas en el plan HACCP (Análisis de Peligros y Control de Puntos Críticos) para establecer puntos críticos de control (Castillo, 2004).

En cuanto a las variables del proceso existen retardos entre las de entrada y salida, situación que aparece en muchas plantas industriales, sistemas biológicos y también en sistemas económicos o sociales. En la mayoría de los casos estos retardos se deben al transporte de masa o energía dentro del proceso o al tiempo necesario para el procedimiento de informaciones; todo esto unido a la necesidad de mantener estándares de calidad, seguridad y cuidado del medio ambiente requiere de adecuados sistemas de control (Normey y Camacho, 2006).

El control de procesos trata de mantener las principales variables de un proceso en valores próximos a los deseados a pesar de las posibles perturbaciones (de Prada, 2014).

### **-Instrumentación.**

El objetivo central de los instrumentos, es la medición, el registro y el control de las variables de proceso, lo que permite la supervisión de los procesos de transformación de las materias primas y de manufactura, manteniéndolos dentro de los límites de seguridad y calidad adecuados. Los datos que aportan los instrumentos de campo industriales, son agrupados en las bases de datos de los registradores, los sistemas de adquisición de datos y los sistemas de control. Posteriormente, son compartidos y diseminados a través de los distintos niveles jerárquicos de las plantas y son la base de los sistemas de información gerencial. En base a esta información, los supervisores y los operadores manejan y corren los procesos (Vega, 2004).

### **-Mantenimiento.**

Según Brando (2016), el mantenimiento es el conjunto de medidas de carácter técnico organizativo mediante las cuales se lleva a cabo la reparación de los equipos y máquinas. Esta medida pueden o no ser elaboradas previamente según un plan que asegure el trabajo constante de los equipos, además permitirá establecer las necesidades de los recursos humanos, materiales, financieros y la estructura organizativa para lograr los objetivos trazados por el sistema implementado.

Según Rodríguez (2005), es muy importante que las modificaciones menores y cambios tecnológicos, estén asociadas al mantenimiento preventivo, de forma tal que se pueda lograr la reducción de fugas y emisiones, entendido esto como falta de control del proceso por no ser posible el control operacional y sus parámetros, saber que cuando se analiza cualquier proceso y se encuentran pérdidas de energía, de materia prima, de insumos, como agua, materias primas, diversos elementos que intervienen en el proceso, hay que realizar un

análisis de estos elementos que participan y obtener la explicación en el proceso y determinar lo que se puede resolver.

Boulart (2003) plantea que es relativamente fácil establecer un plan de mantenimiento determinando las tareas a realizar y su frecuencia, pero es difícil saber si verdaderamente ese plan es óptimo o rentable. Con un plan de mantenimiento de prevención lo que se quiere es evitar la consecuencia de los fallos, no en el fallo en sí, por eso muchas ocasiones la tarea de mantenimiento de prevención que se planifican son excesivas y encarecen el costo del actividad.

Rodríguez (2005) establece que la organización del sistema de mantenimiento depende una serie de factores que desempeña un papel decisivo dentro de la actividad fabril. El no tener en cuenta estos factores y querer copiar, en vez de favorecer la actividad puede entorpecerla y hacerla ineficiente. Los factores a tener en cuenta son volumen y valor de la producción, característica tecnológica de la producción, tamaño de la empresa, la distribución en plantas del equipamiento que recibirá la acción del mantenimiento y la fuerza capacitada y recursos materiales verdes dispone la entidad para acometer el trabajo.

Para que las industrias persistan con las puertas abiertas, hay que ser rápidos, eficientes y ejecutivos; prevenir, disminuir y minimizar la generación de contaminantes; prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales sobre la población, los ecosistemas, el paisaje, las cuencas y zonas costeras; adoptar tecnologías más limpias y prácticas de la mejora continua de la gestión; minimizar y aprovechar residuos; y minimizar el consumo de materia prima y de recursos naturales, la ecoeficiencia, es el camino para garantizar el desarrollo sostenible. (Águila, 2007).

### **-Mano de obra.**

La industria de los alimentos cambia sin cesar; aparecen nuevas tecnologías de elaboración, nuevos controles, nuevos equipos, nuevos ingredientes y nuevos métodos de prueba. Es necesario que el operario cuente con la capacitación adecuada y con el certificado correspondiente. (FAO, 2008)

### **Capacitación**

La capacitación de los trabajadores debe efectuarse tanto en la industria como en los locales a fin de asegurar que todos cuentan con los conocimientos necesarios para producir alimentos inocuos. Luego de la capacitación inicial es necesario continuar capacitando el personal de forma periódica a fin de mantener el nivel de profesionalismo. Es indispensable que el personal tome conciencia de la importancia de cumplir con el sistema de gestión de la calidad e inocuidad del establecimiento y de las posibles consecuencias en caso de incumplimiento para el bienestar de los consumidores y para la empresa. Asimismo, deben

estar dispuestos a respetar los hábitos de trabajo necesarios para asegurar la calidad e inocuidad de los alimentos. (FAO, 2008)

La capacitación debe incluir no sólo aspectos técnicos sino también todo lo que atañe a la higiene. El establecimiento debería contar con un sistema para medir la eficacia de la capacitación y para revisar y corregir, si fuera necesario, los métodos y materiales empleados durante la capacitación. (FAO, 2008)

### **Atención a la mano de obra.**

Cabrera (2016) plantea que la atención al hombre es primordial para lograr una eficiencia en la operatividad y en la disponibilidad. Se debe garantizar las condiciones de trabajo suficientes para lograr una operatividad correcta, como es la iluminación, ruido, carga física, confort, factores ambientales, ventilación, carencia de medios de protección e higiene, deficiente alimentación, entre otras; generan fatiga, estrés, bajo nivel de respuesta durante el proceso productivo y ante eventos que afecten la seguridad.

### **-Entorno socio-económico.**

Entre los aspectos que inciden en un buen cumplimiento de la disciplina tecnológica está un buen estudio del medio en que se desarrolla la industria o empresa. Un buen estudio de los elementos del mercado hace que esta decida qué tipo de producto se oferta. Entre los elementos fundamentales a estudiar están: consumo y frecuencia, preferencia, marcas más consumidas, presentación, precio, lugares de adquisición, marketing, posicionamiento del producto y competencia. Una de las formas de estudiar el mercado es usando fuentes primarias y secundarias, con la finalidad de obtener la información necesaria para asegurar que el proyecto sea verídico. Dentro de las fuentes primarias está la experimentación y la encuesta, y dentro de las secundarias una de las más empleadas es la recogida de datos de centros estadísticos (Salazar y Vargas, 2015).

La mano de obra, conocida como el esfuerzo físico y mental que se usa para la obtención de un bien; no escapa de ser uno de los factores relacionados al entorno que deben considerarse para una buena disciplina tecnológica. Cuando se quiere lograr una industria eficiente desde todo punto de vista, se debe seleccionar dentro de un mercado laboral a las personas más capaces y experimentadas, dígase especialistas en producción y control de procesos, medio ambiente, economistas, riesgo, recursos humanos, entre otros. La calidad del producto es de los elementos mayores afectados por la mano de obra. Contar con personas capaces para llevar análisis de laboratorio rigurosos, que se ajusten a las normas establecidas; crear planes de evacuación antes accidentes u otro riesgo al personal; saber procesar la información que brinda la instrumentación para controlar correctamente el proceso y tomar decisiones adecuadas a tiempo; usar la máxima capacidad posible de los equipos e instrumentos; controlar los residuos de las instalaciones; valorar e implementar las mejores alternativas en cuanto a materias primas y mercado; es tarea de personas

capaces, preparadas e instruidas. Un buen estudio del entorno donde se desarrolla la empresa permite seleccionar la mano de obra más adecuada para el cumplimiento del deber (Salazar y Vargas, 2015).

## **2.2 Aspectos sobre los que repercute la disciplina tecnológica.**

### **-Calidad.**

La calidad es definida por la Organización ISO como “la totalidad de atributos y características de un producto o servicio basada en su capacidad para satisfacer necesidades declaradas o implicadas.” Esta organización indica que la calidad no debe ser confundida con el grado de excelencia, la cual es un resultado de los esfuerzos para mejorar las características del producto o servicio (ISO, 1994).

Desde hace varias décadas, la industria lechera ha contado con la pasteurización como el método más eficaz para eliminar patógenos en la leche. Esto consecuentemente ha resultado en una baja frecuencia con la cual los productos lácteos participan como vehículos en brotes de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA). Además de la pasteurización, varios productos lácteos son fermentados, lo que agrega un factor más a la protección de este tipo de alimentos. Sin embargo, aún se encuentran registrados brotes de ETA asociados al consumo de productos lácteos. El consumo de productos elaborados a partir de leche no pasteurizada es uno de los factores más relevantes en la adquisición de enfermedad ligada al consumo de estos alimentos (Olsen et al., 2000).

El conocimiento de los peligros que pueden ser transmitidos por estos productos es importante para establecer y validar medidas de control y determinar el impacto del proceso en dicho control. El desarrollo de un programa de análisis microbiológicos es útil en el control de la calidad pero no impacta la inocuidad del producto, la cual es mantenida mediante el control de los procesos. Sin embargo los análisis microbiológicos pueden ser útiles para la inocuidad en la verificación de procedimientos de higienización, y de saneamiento de planta, así como en HACCP para validar intervenciones para reducir patógenos y verificar el control del proceso. (Castillo, 2004)

### **-Economía.**

En la actualidad todas las empresas se desarrollan en un mercado altamente competitivo lo cual las hace considerar la mejor estrategia para poder permanecer en el mercado y lograr un posicionamiento que le permita a sus productos ser los líderes. Entre las estrategias a considerar están: bajar el precio de sus productos o aumentar la calidad de los mismos (Alasino y Arana, 2014).

En cualquier planta el mal manejo de recursos, descontrol en los parámetros de operación, incumplimiento de las normas, y otras violaciones, que no son más que una incorrecta

disciplina tecnológica, traen consigo como consecuencia que aumenten los costos, disminuya la calidad del producto y las ventas por falta de aceptabilidad, entre otros. Los costos y gastos fundamentales de una planta de procesamiento de productos lácteos son los siguientes: materia prima, material de empaque, mano de obra directa e indirecta, gastos de transporte, agua, energía eléctrica, gastos de insumos indirectos, gastos de mantenimiento, gastos de depreciación, gastos de seguridad industrial, materiales y útiles de oficina (Núñez *et al*, 2009).

### **-Seguridad del proceso.**

Según Casal (2001) y Vílchez (2006) la evaluación de los diversos riesgos asociados a una determinada instalación industrial o, incluso, al transporte de mercancías peligrosas, se lleva a cabo mediante el análisis de riesgos, orientado a la determinación de los aspectos siguientes:

- Accidentes que pueden ocurrir.
- Frecuencia de estos accidentes.
- Magnitud de sus consecuencias.

Para la realización de un análisis de riesgos el primer paso a tener en cuenta es el estudio de los acontecimientos externos, lo cual no supone ningún procedimiento especial sino un análisis con buen criterio de los peligros posibles. (Casal, 2001)

Una vez identificados los peligros, deben cuantificarse todas sus consecuencias posteriores. Para calcular sus consecuencias se utilizan modelos matemáticos de los accidentes. Conocidos ya los valores aproximados de los efectos, debe establecerse cuáles serán las consecuencias cuando éstos incidan en personas, en bienes o en el entorno, lo cual se suele realizar mediante los denominados modelos de vulnerabilidad, que relacionan efectos y consecuencias. Para realizar un análisis de riesgo completo, deberá determinarse la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los riesgos analizados, a través de un estudio estadístico y de probabilidad. (Casal, 2001)

### **Técnicas de análisis más usadas en la industria.**

Existe un sinnúmero de metodologías encaminadas a identificar peligros y/o evaluar riesgos ya sea bajo una perspectiva cualitativa o bajo métodos cuantitativos. (Carol, 2001)

Casal, (2001) refleja los métodos más utilizados para el análisis de riesgos:

\*Métodos cualitativos: Auditoría de seguridad (*Safety review*) análisis histórico de accidentes, análisis preliminar de peligros (*Preliminar Hazard Analysis, PHA*), listados de control, análisis de peligro y operabilidad (*Hazard and Operability Analysis, HAZOP*) y análisis de modos de fallo y efectos (*Failure Mode and Effect Analysis, FMEA*).



\*Métodos semicuantitativos: Índice *DOW*, Índice Mond, Índice *SHI* y *MHI* (*Substance Hazard Index and Material Hazard Index*), Árboles de fallos (*Fault Tree, FT*) y Árboles de sucesos (*Event Tree, ET*).

Según Nolan (2011), en los estudios de análisis de riesgos pueden usarse indiferentemente las técnicas de evaluación cualitativa y cuantitativa para considerar el riesgo asociado con una industria. El nivel y magnitud de estas revisiones deben ser correspondientes con el nivel de riesgo que la industria representa.

### **-Medio ambiente.**

Según Barahona (2008), las fuentes de agua superficial son eje de desarrollo de los seres humanos que permiten el abastecimiento para las diferentes actividades socioeconómicas llevadas a cabo en los asentamientos poblacionales; no obstante, de forma paradójica muchas de estas actividades causan alteración y deterioro de las mismas. En general, las aguas superficiales están sometidas a contaminación natural (arrastre de material particulado y disuelto y presencia de materia orgánica natural) y de origen antrópico (descargas de aguas residuales domésticas, escorrentía agrícola, efluentes de procesos industriales, entre otros).

Si se excluyen los residuales domésticos, el principal contaminante en los residuales en la industria láctea es la leche, productos de ella y sus fracciones. Esto representa generalmente que el 90% de la carga orgánica (DBO) en los residuales de las lecherías provengan de esos materiales. Los estimados de la cantidad equivalente diaria promedio de la leche en los residuales de las plantas lecheras, excluyendo el suero, varía desde 0.5 hasta 6% de la leche recibida en la planta. De esta forma, un conocimiento de la composición de la leche, fluidos y productos de esta, son una vía útil en la composición típica de los residuales de la leche. (Kiermeier, 2000)

Los productos lácteos además de los componentes de la leche pueden contener azúcar, sal, colorantes, estabilizantes, etc., dependiendo de la naturaleza y tipo de producto y de la tecnología de producción empleada. Todos estos componentes aparecen en las aguas residuales en mayor o menor cantidad, bien por disolución o por arrastre de los mismos con las aguas de limpieza. (Omil, 1996)

La naturaleza, fuerza y volumen de los desperdicios depende del proceso, las materias primas que se manejen en cantidad, calidad y tipo, la conciencia del personal, la cantidad de agua usada en el enfriamiento y lavado lo que afecta la composición química de los residuales. (Omil, 1996)

Los residuales tienen bien definidas sus características según su fuente de origen, los identifica el pH, temperatura, la carga que posea, entre otros factores. Los de limpieza, de superficies, tuberías, equipos y otros generan residuales de pH extremos, con alto contenido



de sustancias químicas; si la limpieza es de tanques o equipos, del en proceso que contienen, lacto suero, salmuera, aceites, grasas, sólidos o fermentos, estos son de elevada carga orgánica, los de refrigeración y generación de vapor son condensados y poseen variaciones de temperatura, y conductividad, pero la leche es quien aporta la mayor carga contaminante a este efluente. En el proceso de elaboración de queso cabe destacar la generación de lactosuero. El volumen de lactosuero generado en la elaboración del queso es aproximadamente nueve veces la cantidad de leche tratada, con una carga orgánica muy elevada (DQO aproximadamente de 60.000 mg/l). Por ello, su vertido junto con las aguas residuales aumenta considerablemente la carga contaminante del vertido final. Estas características convierten al lactosuero en un efluente muy problemático si se vierte al medio ambiente. (Omil, 1996)

Los índices de calidad del agua (ICA) son una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetro que sirven como expresión de la calidad del agua, el índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o incluso un color. Este surge como una herramienta simple para la evaluación del recurso hídrico fundamental en procesos decisorios de políticas públicas y en el seguimiento de sus impactos. (Torres, 2009)

El ICA como herramienta permite evaluar la calidad del agua, tiene numerosas ventajas como es que posibilita determinar la variación espacial y temporal de la calidad del agua, ayuda a definir las prioridades con fines de gestión, mejora la comunicación con el público y aumentan su conciencia sobre las condiciones de calidad de dicho líquido. También permite a los usuarios una fácil interpretación de los datos y es válido para expresar la importancia de los datos generados regularmente en el laboratorio. (Torres, 2009)

Flores (2008), coincide con las ventajas planteadas por Torres, 2009; pero añade algunas limitaciones que no tiene en cuenta dicha autora; como son que no proporciona una explicación de los datos, sino un resumen de los mismos, no proporciona información completa sobre la calidad del agua, no permite evaluar los riesgos presentes y no se puede aplicar universalmente debido a las diferentes condiciones ambientales que presentan las cuencas de una región a otra.

## **2.3 Herramientas que existen para hacer estudio de la disciplina tecnológica.**

### **2.3.1 Análisis de riesgo**

#### **-Análisis histórico de accidentes.**

El análisis histórico de accidentes es una técnica identificativa orientada a la búsqueda de información de accidentes industriales ocurridos en el pasado. Esta técnica de análisis es esencialmente cualitativa pero también permite extraer resultados numéricos o

cuantitativos, si el número de accidentes es suficientemente significativo y permite un análisis estadístico.(Casal, 2001 y Carol, 2001)

Vílchez (2006) plantea que en el análisis histórico de accidentes se estudian los accidentes ocurridos en fábricas, procesos, instalaciones u operaciones similares a la que se está analizando. Este estudio facilita el establecimiento a priori de los puntos débiles del sistema.

Carol (2001) cita que el objetivo primordial del análisis histórico es detectar los peligros presentes en una instalación, por comparación con otras similares que hayan tenido accidentes registrados en el pasado. Analizando estos antecedentes es posible conocer las fuentes de peligro, estimar el alcance posible de los daños e incluso, si la información es suficiente, estimar la frecuencia de ocurrencia.

Según Casal (2001), la recogida de información de un accidente debe constituir una verdadera investigación. El estudio detallado del accidente puede enfocarse, a grandes líneas, de dos formas distintas:

- \*Evaluación de la magnitud de las consecuencias: daños a personas, bienes o medio ambiente.
- \*Establecimiento de la situación que existía con anterioridad al accidente y de la secuencia de sucesos que lo provocaron.

El conjunto de estas dos vías de investigación permite elaborar el historial del accidente. La información contenida en este historial resulta de gran utilidad para (Casal, 2001):

- \* Detectar medidas técnicas u organizativas para reducir la probabilidad de que se repitan los accidentes.
- \*Elaborar medidas de protección, internas y externas, que reduzcan las consecuencias probables del eventual accidente.
- \*Contrastar los modelos de evaluación de efectos y consecuencias.

El análisis histórico de accidentes, como todas las técnicas de análisis de riesgos posee sus limitaciones. Algunas de estas según Casal (2001) son:

- \*La instalación objeto de estudio no es exactamente igual a las que ya han sufrido accidentes.
- \*La información de los accidentes suele ser incompleta y en muchas ocasiones, inexacta o de uso restringido.
- \*No da información sobre todos los accidentes posibles sino únicamente sobre los que han sucedido y se han documentado hasta la fecha.
- \*El acceso a los bancos de datos implica un cierto costo.

Además Carol (2001) señala sobre las limitaciones de este método que la información recogida es limitada, ya que solo se registran incidentes que acaban en eventos de relativa importancia y se obvian incidentes potencialmente más peligrosos que los anteriores pero

que por circunstancias fortuitas favorables no desencadenan un gran accidente. Así mismo las informaciones recogidas no son completas y están afectadas de impresiones importantes, lagunas y datos confidenciales desconocidos.

#### - **Análisis de peligros y operabilidad (HAZOP).**

El análisis de peligros y operabilidad (*HAZrd and OPerability Analysis*, HAZOP), es un método que fue diseñado en Inglaterra en la década de los sesenta por *Imperial Chemical Industries (ICI)* para aplicarlo al diseño de plantas de fabricación de pesticidas. (Casal, 2001)

Nolan (2011) plantea que HAZOP es una técnica de revisión cualitativa de investigación sistemática. Se emprende para realizar un examen crítico sistemático del proceso que ya se encuentra en funcionamiento o que está en la fase de proyecto. Para evaluar el potencial de riesgo que se levanta en conjunto de la desviación en las especificaciones del plan y los efectos en la industria en general. Esta técnica normalmente se realiza por un equipo calificado que usa una técnica de incitar palabras guías para identificar las preocupaciones del plan intencional. De estas palabras guías, el equipo puede identificar escenarios que pueden resultar un riesgo o un problema operacional. Entonces se discuten las consecuencias del riesgo y medidas para reducir la frecuencia con que el riesgo ocurrirá. Esta técnica ha ganado la aceptación entre las industrias de procesos, como una herramienta eficaz para la seguridad de la planta y mejoras de operabilidad.

El método de análisis HAZOP presupone tres hipótesis que constituyen sus principales limitaciones. (Casal, 2001):

- La instalación está bien diseñada, en relación con la experiencia, el conocimiento de los procesos implicados y la aplicación de las normas y códigos pertinentes.
- Los materiales de construcción han sido los adecuados y la construcción y el ensamblaje se han hecho correctamente.
- Los análisis son una “fotografía instantánea” donde se mezclan sucesos de efecto inmediato con sucesos de elevada inercia temporal.

El resultado principal de los análisis HAZOP es un conjunto de situaciones peligrosas y problemas operativos y una serie de medidas orientadas a la reducción del riesgo existente o a la mitigación de las consecuencias de los problemas operativos. El análisis HAZOP es un instrumento de estudio muy indicado para procesos en fase de diseño y construcción, donde la documentación está totalmente actualizada y las recomendaciones del análisis no suponen modificaciones costosas ni paros en la planta. Por otro lado, a causa de la laboriosidad del método y del grado de detalle que el estudio proporciona, el análisis HAZOP solo es indicado para instalaciones específicas y no como método general de análisis. (Casal, 2001)

### - **Checklists o Lista de Comprobación.**

Las *checklists* o listas de comprobación son utilizadas usualmente para determinar la adecuación a un determinado procedimiento o reglamento (Aboud. 2008).

Según el Servicio de Protección Civil de Barcelona (2002), las *checklist* son listas escritas de detalles o pasos, que tiene como fin el verificar el estado de un sistema. Las *checklists* contienen posibles fallos y causas de sucesos peligrosos. Están basadas en la experiencia en la operación, y son muy empleadas en los análisis de riesgos. Tradicionalmente las *checklists* varían mucho en su nivel de detalle, y se usan frecuentemente para comprobar la adecuación a estándares y prácticas empleadas.

El propósito de una *checklist* es proporcionar un estímulo en la valoración crítica de todos los aspectos del sistema, más que determinar requerimientos concretos. En general, una *checklist* es enormemente útil para identificar peligros habituales y conocidos. (Servicio de Protección Civil, 2002)

Además es un método que permite comprobar con detalle la adecuación de las instalaciones. Constituye una buena base de partida para complementarlo con otros métodos de identificación que tienen un alcance superior al cubierto por los reglamentos e instrucciones técnicas. Sin embargo, es un método que examina la instalación solamente desde el punto de vista de cumplimiento de un reglamento o procedimiento determinado. (Servicio de Protección Civil, 2002)

### - **Análisis de modalidades de falla y sus efectos (por sus siglas en inglés FMEA).**

Según Muñoz (2009) FMEA es una técnica muy utilizada en los sistemas de calidad para identificar causas de fallos. Se inicia el estudio identificando todos los equipos de la planta y estableciendo sus condiciones normales de proceso. A continuación, para cada equipo, se detallan todos y cada uno de los fallos posibles y se analizan sus posibles consecuencias. Si se da la circunstancia de que una situación de fallo en un equipo produce una alteración en otro, debe trasladarse esta influencia al estudio del equipo afectado. Una vez conocidas las consecuencias, se deben proponer las acciones de mejora necesarias para eliminar o reducir el peligro. En general, para cada elemento se complementa una tabla con las siguientes columnas: elemento, descripción del equipo, modo de fallo, forma de detección del fallo, efectos del fallo y medidas correctoras.

Haciendo un análisis de los métodos expuestos anteriormente y la situación actual de la industria objeto de estudio se toma la decisión de utilizar para el análisis de riesgos el método FMEA o Análisis de Modalidades de Fallas y sus Efectos, siendo este escogido teniendo en cuenta que el mismo se encuentra en el rango de los métodos de análisis cualitativos pero que también cuantifica, además de su poca complejidad de aplicación,

aunque tiene como inconveniente la no contemplación de posibles fallos combinados o en secuencia.

### **2.3.2 Análisis estadístico.**

#### **-Prueba de hipótesis.**

Se emplean para comparar muestras con los valores que están normados y determinar si el producto cumple con las especificaciones de calidad. Para ello se selecciona un tamaño de muestra, se plantea una hipótesis nula, y una alternativa que es contraria a la nula, se calculan los grados de libertad, la media, desviación estándar, *t* de *student*, y se compara mediante ecuaciones matemáticas el cumplimiento o no de la hipótesis nula o la alternativa.

#### **-Análisis de varianza.**

Se utilizan para determinar el grado de influencia de una o varias variables independientes sobre una o más variables dependientes por sí solas y a su vez entre sí. Son importantes pues permiten determinar dentro de un grupo de variables donde están las que afectan el proceso o producto con mayor significación. En estas se plantea una hipótesis nula y una alternativa similar a las prueba de hipótesis y se compara el resultado del indicador *F* de Fisher calculado con uno tabulado y si el calculado es menor que el tabulado entonces se acepta la hipótesis nula.

#### **-Distribución *t-student*.**

Una de las distribuciones que tienen mayor uso en el análisis de datos provenientes de experimentos científicos es la llamada *t* de *Student*. La distribución de *t* tiene una apariencia similar a la de la normal estándar, y se aproxima más cuando se tiene más grados de libertad. En la práctica, esta prueba se aplica para probar la hipótesis nula de que no hay diferencia entre los promedios de dos juegos de muestras o tratamientos (Salazar y Vargas, 2015).

#### **-Cartas de control**

Es una herramienta muy usada en ingeniería pues permite conocer si hay desviaciones en una variable de un proceso y hasta predecir qué sucederá a largo y corto plazo de acuerdo al comportamiento que en esta se manifiesta.

Para su confección se requiere de recolección de datos reales del proceso en un tiempo determinado. Ambos parámetros se grafican, el tiempo en el eje “*X*” y la variables de interés en el “*Y*” y se observa el comportamiento de esta. Se establecen límites para la variable de acuerdo a su norma. Si alguno de los puntos de la carta (gráfico) está fuera de los límites, se observa inestabilidad (alejamiento entre un punto y el siguiente) o una

tendencia, ya sea descendente, ascendente o a seguir un comportamiento definido, se puede decir que está fuera de control esta variable del proceso y así tomar medidas; si no sucediera ninguno de los comportamientos antes mencionados entonces se está en presencia de una variable que durante el tiempo de estudio estaba en control (Woodall, 2006).

### 2.3.3 Balance de materiales.

El balance de materiales es un método matemático basado en la ley de conservación de la masa. Sirve para determinar flujos de entrada y salida de un proceso o equipo en particular, así como la composición de un componente o varios en una corriente de interés. Los balances de materiales pueden ser con o sin reacción química dependiendo del proceso en que se aplique, con la diferencia entre ellos de que en el balance con reacción química, en la ecuación que lo representa aparece un término de generación y otro de consumo por el mismo concepto y en el balance sin reacción química no sucede así, y que como consecuencia el cálculo depende de la estequiometría de la reacción (Chejne, 2007).

### 2.3.4 Balance de energía.

El balance de energía es un método matemático de estudiar el comportamiento de la energía en un sistema o proceso específico. En ingeniería química se usa el balance térmico para calcular calores involucrados, flujos, temperatura y otros. En un balance térmico el calor cedido por la fuente es igual al calor absorbido por la sustancia que lo absorbe más el calor que se pierde al medio (Falagán *et al*, 2000).

## 3. CONCLUSIONES

Los principales factores que influyen sobre la disciplina tecnológica son: control del proceso, instrumentación, entorno socioeconómico, normalización, mano de obra y mantenimiento. Los principales aspectos sobre los que repercute la disciplina tecnológica son: economía, calidad, seguridad y medio ambiente. No existe una herramienta que evalúe disciplina tecnológica en su totalidad, solo algunas aisladas como son: FMEA, HACCP, balance de materiales, carta de control, prueba de hipótesis, diagrama causa-efecto, listas de chequeo, índice de calidad del agua e indicadores económicos de la producción.

## 4. BIBLIOGRAFÍA

1. ABOUD ALMANSSOOR, A. (2008). *Planning of Petrochemical Industry under Environmental Risk and Safety Considerations*. Tesis en opción al grado académico de Máster en Ciencias Aplicadas a la Ingeniería Química. Universidad de Waterloo. Canadá.
2. ÁGUILA HERNÁNDEZ, G. M. (2007). *La influencia de la disciplina tecnológica en los problemas ambientales que provoca la Pasteurizadora “Germán Hernández*

- Salas” de Cárdenas. Matanzas. 90 h. Tesis en opción al grado académico de Máster en Contaminación Ambiental. Universidad de Matanzas.*
3. ALASINO, C. M. Y ARANA, H. M. (2014). *Políticas y Desempeño del Sector Lechero Argentino entre 2003 y 2011*. Revista Perspectivas de Políticas Públicas. Argentina, Año 3, No. 6, (Enero-Junio 2014), ISSN 1853-9254.
  4. ALONSO ELIZONDO, P. , SARMENTERO BON, I. Y NAVARRO PADRÓN, D. 2012. *El cambio hacia el éxito*. Matanzas. Universidad de Matanzas.
  5. BARAHONA ORTIZ, M. C. Y PEÑA GONZÁLEZ, M. A. (2008). *Manual de Seguridad Industrial e Higiene del Trabajo para la Empresa Productos Lácteos Cuenca PROLACEM – PARMALAT*. Tesis en opción al título de Ingeniero en Alimentos. Universidad del Azuy.
  6. BOULART RODRÍGUEZ, L. 2003. *Organización y planificación del mantenimiento*. Tesis en opción al título de Ingeniero Mecánico. ISPJAE. Cuba.
  7. BRANDO RODRÍGUEZ, R. (2016). *Mantenimiento en las empresas de petróleo y gas*. Editorial Universitaria. Universidad Alas Peruanas. Lima. Perú.
  8. CABRERA GUTIÉRREZ, L. (2016). *Evaluación del comportamiento de la disciplina tecnológica en el proceso de obtención de queso de la Pasteurizadora “Germán Hernández Salas” de Cárdenas*. Matanzas. 79 h. Tesis en opción al título de Ingeniero Químico. Universidad de Matanzas.
  9. CAROL, S. (2001). *Una nueva metodología para la predicción de la gravedad de los accidentes industriales*. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias. Departamento de Ingeniería Química, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. España.
  10. CASAL, ET AL. (2001). *Análisis del Riesgo en Instalaciones Industriales*, Alfa omega S.A., Bogotá (Colombia), ISBN: 958-682-287-7.
  11. CASTILLO, A. (2004). *Calidad e Inocuidad de Plantas Lecheras*. [fecha de consulta: 26 marzo 2016]. Disponible en Internet en <http://scholar.google.com>
  12. CHEJNE JANNA, F. (2007). *Uso eficiente de la energía: conceptos termodinámicos básicos*. [fecha de consulta: 18 febrero 2017]. Disponible en Internet en <http://www.metropol.gov.co>



13. CONESA FERNÁNDEZ-VÍTORA, V. ET AL. (2000). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa. 3.ª edición., reimpresión.
14. DE PRADA, C. (2014). *Instrumentación para Control de Procesos*. [fecha de consulta: 18 abril de 2016]. Disponible en Internet en <http://www.isa.cie.uva.es>
15. FALAGÁN ROJO, M. J. ET AL. (2000). *Manual básico de prevención de riesgos laborales*. Sociedad Asturiana de Medicina y Seguridad en el Trabajo y Fundación Médicos Asturias. España. Ediciones: Sociedad Asturiana de Medicina y Seguridad en el Trabajo y Fundación Médicos Asturias. Primera edición.
16. FAO, 2008. *Manual de inspección de los alimentos basada en el riesgo*. [fecha de consulta: 18 abril de 2016] Disponible en: [www.fao.org/ag/agn/agns/](http://www.fao.org/ag/agn/agns/)
17. FLORES ET AL., 2008, *Ecología y medio ambiente*, 2da edición, editorial Thomson Learning, México, México, pp. 72,73.
18. ISO (International Organization for Standardization). 1994. Quality management and quality assurance Standard ISO 8402:1994.
19. KIERMEIER, F., W. ILDBRETT G., (2000). *Principios básicos de la limpieza*. En *Limpieza y desinfección en la industria agroalimentaria*. Editorial Acribia. p 67-84.
20. MUÑOZ, B. (2009). *La Metodología de la Seguridad Industrial*, Ministerio de Ciencia y Tecnología.
21. NOLAN, DENNIS P. (2011). *Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles for Oil, Gas, Chemical and Related Facilities. Second edition*. Gulf Professional Publishing is an imprint of Elsevier. The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK
22. NORMEY-RICO, J. E. Y CAMACHO, E. F. (2006). *Predicción para control: una panorámica del control de procesos con retardo*. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial. España, Vol. IV, p.5-25.
23. NÚÑEZ CASTRO, M. A. ET AL. (2008). *Determinación de los costos de calidad en el proceso productivo de la leche*. Tesis en opción al título de Ingeniería Comercial especialización, comercio exterior y marketing. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

24. OLSEN, S. E., L. C. MACKINNON, J. S. GOULDING, N. H. BEAN AND L. SLUTSKER. 2000. *Surveillance for Foodborne-Disease Outbreaks*. Surveillance Summaries, March 17, 2000. MMWR 2000;49(No. SS-1)
25. OMIL, F. Y MORALES, F. J. (1996). *Alternativas de tratamiento y recuperación de compuestos proteicos de los efluentes líquidos del sector lácteo*. Alimentación, Equipos, Tecnologías. Editorial Científico Técnico. La Habana. Cuba.
26. RODRÍGUEZ QUERT, R. 2005. *El mantenimiento predictivo con enfoque de Producción más Limpia, en agregados del Generador de Vapor de Centrales Termoeléctricas*. Tesis de doctorado presentada por el Programa de Doctorado en Gestión Ambiental y Desarrollo sostenible. Universidad de Girona. España.
27. SALAZAR UNAPUNTA, D. X. Y VARGAS TÍPAN, D. J. (2015). *Diseño de una planta para elaboración de dos productos lácteos y la evaluación de la influencia de la leche producida mediante el método "Rotativo Racional" en el rendimiento, composición y calidad*. Tesis en opción al título de Ingeniero Agroindustrial y de Alimentos. Universidad de las Américas.
28. (SPC) SERVICIO DE PROTECCIÓN CIVIL, (2002) *Procedimiento de evaluación de riesgos tecnológicos en el entorno*. Barcelona-España
29. TORRES, P. ET AL. (2009). *Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica*. Revista Ingenierías Universidad de Medellín. Medellín, Colombia. Vol. VIII. No.15 especial.
30. VEGA GONZÁLEZ, L. R. (2004). *Factores que han impulsado la innovación en la instrumentación industrial, un estudio de caso*. Revista INGENIERÍA Investigación y Tecnología. México, UNAM, Vol. V, No. 4, p. 281-298.
31. VEISSEYRE, R. (2017). *Lactología técnica. Composición, recogida, tratamiento y transformación de leche*. Editorial Acribia, S.A. España.
32. VÍLCHEZ, J. E. A. (2006). *Lessons Learnt from emergencias alter accidentes in Portugal and Spain involving dangerous chemical substances*. Office for Official Publications of the European Community.
33. WOODALL, W. H. (2006). *The Use of Control Charts in Health-Care and Public-Health Surveillance*. [fecha de consulta: 15 abril 2016]. Disponible en Internet en <http://www.npaihb.org>