

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

ESTUDIO DE FIABILIDAD DE LA CADENA DE FRÍO EN LA MAQUILA DEL
CAMARÓN. EMPRESA PESQUERA INDUSTRIAL SANCTI SPÍRITUS

RELIABILITY STUDY OF THE COLD CHAIN IN THE SHRIMP MAQUILA. INDUSTRIAL
FISHING COMPANY SANCTI SPIRITUS.

Autor: Dainier Rives Catalá

Tutores:

Profesora titular, Ing. Bismayda Gómez Avilés, Dra. C.

Ing. Yoislán Rodríguez Urquiza

Copyright©UNISS

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, y se encuentra depositado en los fondos del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación “Raúl Ferrer Pérez”, subordinado a la Dirección General de Desarrollo 3 de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual

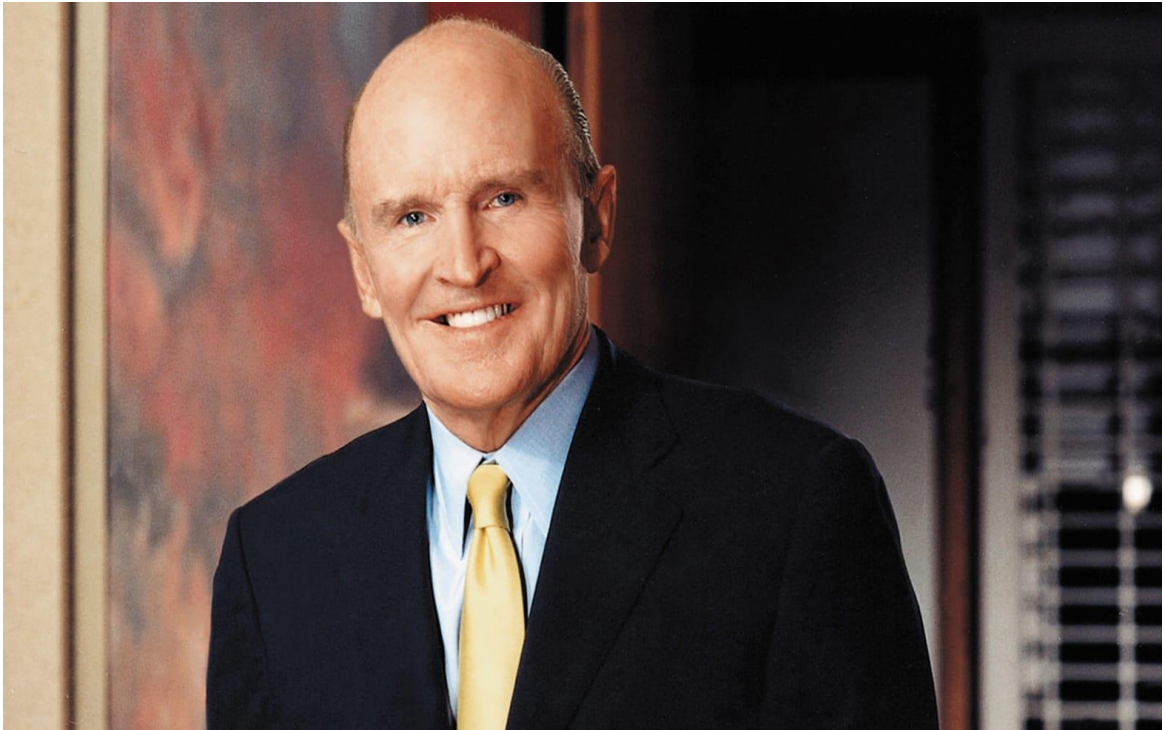


Para cualquier información, contacte con:

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación “Raúl Ferrer Pérez”.
Comandante Manuel Fajardo s/n, esquina a Cuartel, Olivos 1. Sancti Spíritus. Cuba.
CP. 60100

Teléfono: **41-334968**

Pensamiento



“La calidad es nuestra mejor garantía de la fidelidad de los clientes, nuestra más fuerte defensa contra la competencia extranjera y el único camino para el crecimiento y los beneficios”.

Jack Welch

DEDICATORIA

A las personas más importantes de mi vida: mis padres por ayudarme a convertirme en la persona que soy, por inculcarme las ansias de superación, por su ejemplo y por todo su amor, dedicación, comprensión, y apoyo incondicional. A mi hijo y mi mujer por apoyarme en los momentos difíciles y ser mi motor impulsor.

AGRADECIMIENTO

Primero doy gracias a Dios por darme su bendición y por enseñarme que el dolor forja la perseverancia y el sufrimiento hace amar a la vida

A mis tutores por guiarme en este camino, por su constante esfuerzo, por dedicarme muchas horas de su escaso tiempo disponible y brindarme todo su conocimiento y optimismo.

A mis amigos de siempre por estar pendientes en todo momento, apoyarme y animarme a seguir adelante.

A todo el colectivo de profesores que contribuyeron a mi formación profesional.

A toda mi familia y aquellas personas que de una forma u otra contribuyeron a la realización de este sueño. Para ellos, todo mi agradecimiento.

¡Muchas Gracias!

Resumen

La industria pesquera tiene un gran impacto social y económico en el país por ser un sector que genera ingresos en divisa, lo cual permite prever sus propias inversiones y financiar programas prioritarios del país. El presente trabajo se proyecta la realización de un estudio de fiabilidad al considerarse una herramienta para la mejora en los procesos productivos de las empresas cubanas, en particular en la Empresa Pesquera Industrial Sancti Spiritus, donde el camarón aporta el 80% de los productos exportables en el año, por lo que resulta una garantía para los ingresos que se pueden generar por un incremento en la exportación. Las causas de los defectos más frecuentes se identificaron asociados a la ineffectividad en las relaciones con los proveedores y al efecto de variabilidad provocado por temperatura durante el proceso de la maquila del camarón. A partir de esta problemática el estudio de fiabilidad del equipamiento de la cadena de frío de este proceso se plantea describir los patrones de fallo de estos equipos para mejorar la disponibilidad técnica y en consecuencia reducir la variabilidad en el proceso industrial del camarón, con la posibilidad de atenuar la incidencia del parámetro temperatura en los niveles de calidad del producto final. El estudio realizado posee una estructura por capítulos, donde los contenidos se encuentran en su forma más actualizada y siguiendo un orden lógico.

Abstract

Reliability in production processes is one of the reasons why our companies are inserted in the international market with great acceptance in their productions, hence the utmost importance of implementing this quality tool in the shrimp industry, belonging to the Fishing Company Industrial Sancti Spíritus that contributes 80% of the exportable products in the year. The causes of the most frequent defects were associated with ineffective relationships with suppliers and with the variability of the temperature in the raw material. This thesis presents a study in the Cuban food sector, specifically in the fish processing industry, with the aim of reducing losses with the implementation of improvements, according to the technological-organizational base. The knowledge level model, based on the understanding of the process, establishes guidelines to manage reliability. The study carried out has a structure by chapters, where the contents are found in their most up-to-date form and following a logical order.

Índice

Introducción.....	1
Capítulo 1: Marco teórico referencial de la investigación	5
1.1 La calidad y su evolución	5
1.2 Gestión de la calidad en la industria alimentaria	10
1.2.1 Calidad de los productos pesqueros. El control de calidad.....	11
1.3 Análisis de proceso en los productos pesqueros	12
1.3.1 Estudios de fiabilidad en procesos industriales	13
1.3.2 Herramientas para los estudios de fiabilidad en la industria pesquera	16
1.4 Necesidad de estudios de fiabilidad de la cadena de frío del camarón para mejorar disponibilidad técnica en UEB INDUZAZA- EPISAN	21
1.5 Conclusiones parciales	23
Capítulo 2: Procedimiento para evaluar la fiabilidad en equipos de la cadena de frío del proceso industrial del camarón.....	24
2.1 Introducción.....	24
Descripción del procedimiento	24
2.2 Etapa I. Caracterización del proceso de maquila de camarón	24
Descripción del flujo de proceso	26
2.2.1 Estado de control en variables clave	26
2.3 Etapa II. Evaluación de los fallos y efectos en la cadena de frío	29
2.3.1 Identificación de fallas potenciales en la cadena de frío	30
Descripción de los pasos del procedimiento AMFE	30
2.3.2 Prioridad de los equipos por el Número de Prioridad de Riesgo (NPR).....	34
2.3.3 Recopilación de datos para la descripción de patrones de fallos.....	34
2.4 Etapa III. Descripción de los patrones de fallo	35
Patrones de fallo característicos para la cadena de frío.....	35

2.4.1 Estimación de la disponibilidad técnica.....	40
2.5 Conclusiones parciales	42
Capítulo 3: Aplicación del procedimiento para estimar la mejora en la disponibilidad técnica y la reducción de la variabilidad en el proceso industrial del camarón.....	43
3.1 Introducción.....	43
3.2 Etapa 1. Caracterización del proceso de maquila de camarón	43
Formación del equipo de trabajo	44
Descripción del flujo del proceso	45
3.2.1 Estado de control en variables clave	46
3.3 Etapa II Evaluación de los fallos y efectos en la cadena de frío	48
3.3.1 Identificación de fallas potenciales en la cadena de frío	49
3.3.2 Prioridad de los equipos por el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) con el desarrollo del AMFE de proceso en la cadena de frío	50
3.3.3 Recopilación de datos para descripciones de los patrones de fallo.....	53
3.4 Etapa III. Descripción de los patrones de fallo	53
Patrones de fallo característicos para la cadena de frío	54
3.4.1 Estimación de la disponibilidad técnica.....	56
3.5 Conclusiones parciales	58
Conclusiones.....	59
Recomendaciones.....	60
Referencias bibliográficas	61
Anexos	67

Introducción

Existe una creciente necesidad por parte de los gobiernos, la industria alimentaria mundial y los consumidores de mantener altos estándares nutricionales y de calidad, que permitan el acceso a alimentos cada vez más inocuos (Sava N, Borda D, Rotaru, G. Risk assessment in Romanian food safety systems: opportunities and constrains. J Agroalim Process Technol. 2007). (Todt O. Entre demanda social y regulación: la seguridad alimentaria. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad. 2012). Esta tendencia no solo posee un enfoque dirigido al mejoramiento de la salud pública, sino que también permite acceder a los cada vez más competitivos mercados de insumos pecuarios, y así cumplir con las regulaciones normativas en materia de inocuidad alimentaria, dictaminadas por una serie de organismos vinculantes y supletorios a nivel internacional, como la Organización Mundial del Comercio (OMC), la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), la Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

La importancia de mantener parámetros estrictos que garanticen la calidad de los sistemas productivos y los alimentos manufacturados se vislumbra cada vez más palpable, ya que se considera que las alteraciones en las condiciones de inocuidad de los alimentos es uno de los problemas de salud pública distribuidos a nivel mundial de forma muy amplia. Esto genera una reducción importante de la productividad económica (Miliotis M. Role of microbial risk assessment in food safety. S Afr Med J. 2007). El crecimiento esperado de la población humana a un valor cercano a los nueve billones de personas para el 2050 (Godfray H, Beddington J, Crute I, Haddad L, Lawrence D, Muir J, Pretty J, Robinson S, Thomas S, Toulmin C. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. Science. 2010). permite predecir que la inocuidad alimentaria será un parámetro importante en las próximas décadas, que incidirá en el mejoramiento de los índices y de las políticas de salud; así mismo, influirá en el crecimiento económico de los países, principalmente en aquellos en vías de desarrollo. El camarón es el marisco más consumido en el planeta, por su sabor y por la gran cantidad de nutrientes que concentran. La producción camaronera mundial, tanto de captura como de criadero, es de aproximadamente 6 millones de toneladas, de las

cuales alrededor del 60% entra en el mercado mundial. En términos de valor, es el producto pesquero comercializado internacionalmente más importante ya que son los que más ingresos generan a nivel mundial, por encima de cualquier otra producción de especies marinas. La acuicultura, su desarrollo y los grandes beneficios socioeconómicos, han sido reconocidos ampliamente por representar unos de los sectores de producción de alimentos de más rápido crecimiento (Montoya-Rodríguez y López-Félix, 2000).

La camaronicultura es considerada como una actividad encaminada a satisfacer las necesidades del ser humano, así como la de establecer comunidades económicamente viables en áreas rurales donde se da la mayor parte de la producción. Sin embargo, el impacto ambiental ocasionado por esta actividad sobre los ecosistemas adyacentes, las especies nativas y por supuesto el hombre mismo, es difícil de evitar (Soto, 2000). A pesar de esto ninguna actividad económica ha alcanzado en los últimos años un crecimiento tan acelerado como la camaronicultura en las áreas tropicales y subtropicales costeras del mundo (Páez-Osuna, 2001).

La elevada necesidad del país de fundamentar la exportación comprende un sistema complejo de calidad y competencia en el mercado a las empresas, las cuales han tenido que realizar cambios en su estructura y en la capacitación del personal para lograr productos de excelente calidad y de gran demanda nacional e internacional.

Las empresas empiezan a despertar del letargo en que han estado inmersas y han tomado conciencia de que la disyuntiva actual no admite puntos medios: "... renovarse o morir, y renovarse pasa por potenciar la administración de la Producción/Operaciones en la búsqueda de competitividad" González García, (1996).

En Cuba la captura y cultivo del camarón se ha vuelto un pilar fundamental y en los últimos años el país ha tenido que sustituir maquinarias y equipos para garantizar la correcta conservación de este preciado alimento para hacer cumplir así los requisitos para su procesamiento. Esta necesidad de cambio se convertido en una exigencia dentro de las transformaciones económicas que vive el país por su busca de aumentar exportaciones y sustituir importaciones. En la actualidad el 80% del camarón es exportable y el 20% se vende en fronteras, es decir, en territorio nacional principalmente en el sector del turismo. En el artículo 131 del 8^{vo} Congreso del Partido

se aborda sobre el aseguramiento de la sostenibilidad y eficiencia de las pescas marinas, cumpliendo las regulaciones establecidas y desarrollarla acuicultura, como elemento principal para el crecimiento del sector pesquero, aprovechando las potencialidades locales y los encadenamientos productivos.

En el país por su elevado costo de mantenimiento y montaje de equipos solo se encuentran 5 empresas procesadoras de este preciado alimento pertenecientes al grupo MINAL que se encarga de la distribución y comercialización de este producto en todo el territorio nacional e internacional. Dentro de sus tareas esenciales es garantizar la alimentación del pueblo cubano mediante la producción diversificada del camarón; para ello cuenta con diversos centros especializados y certificados para la venta los cuales cumplen con un alto nivel de congelación capacitado para almacenar este producto tan perecedero.

En la provincia la Empresa Pesquera Industrial de Sancti Spíritus (EPISAN) cuenta con la UEB INDUZZAZA en el propio municipio que se destaca por su alta calidad en el proceso del camarón. La investigación realizada por Paladini et al. (2019), refiere que en el proceso industrial se evidencia la:

- Presencia de un proceso con reservas de mejora, a partir de la regulación efectiva de la temperatura, con impacto en la capacidad actual de exportación del producto camarón.
- ausencia de un sistema de enfriamiento que permita mantener un nuevo intervalo de especificación de temperatura en el tanque de recepción, sin depender de la adición de hielo.
- una mejora en el nivel de calidad garantizará el aumento de producción programada, por reducción de pérdidas y un mejor uso de las capacidades instaladas.

Constituyen los aspectos referidos la **situación problemática** de partida para esta investigación.

En correspondencia se define como **problema de investigación**: Las insuficiencias en estudios de fiabilidad del equipamiento de la cadena de frío, afectan la disponibilidad y la variabilidad en el proceso industrial del camarón.

El **objetivo general de la investigación**: Evaluar los patrones de fallo del equipamiento de la cadena de frío, como contribución a la mejora de la disponibilidad técnica y la reducción de la variabilidad en el proceso industrial del camarón.

Este objetivo general se desglosa en los **objetivos específicos** siguientes:

1. Construir el marco teórico y referencial de la investigación referente a la Gestión de la calidad en la industria alimentaria, análisis de proceso en los productos pesqueros, la necesidad de los estudios de fiabilidad y su incidencia en disponibilidad técnica y la variabilidad en procesos industriales.
2. Diseñar el proceso de obtención de datos sobre el equipamiento industrial de la cadena de frío de proceso del camarón para el procesamiento y análisis estadístico.
3. Estimar la mejora en la disponibilidad técnica del equipamiento de la cadena de frío y la reducción de variabilidad en el proceso industrial del camarón, a partir del análisis de los patrones de fallo de estos equipos.

Métodos y técnicas utilizados:

- Análisis bibliográficos, diagrama de representación de procesos (OPERIN) para analizar el flujo de producción, y herramientas básicas de calidad que permiten la identificación y análisis de las principales causas que provocan el problema identificado.
- Trabajo con expertos: técnicos de calidad y especialistas de mantenimiento.
- Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE), Métodos estadísticos.

Esta investigación consta con la **estructura** siguiente: En la Introducción, se caracteriza la situación problemática y se fundamenta el problema de investigación a resolver. Tres capítulos: En el Capítulo 1, se presenta un estudio del estado del “arte” y de la práctica, que constituye el marco teórico-referencial de la investigación; el Capítulo 2, presenta la propuesta del Procedimiento para el estudio de la fiabilidad en equipos de la cadena de frío del proceso industrial del camarón; mientras que el Capítulo 3, muestra los principales resultados de la aplicación del procedimiento para estimar la mejora en la disponibilidad técnica y la reducción de la variabilidad en el proceso industrial del camarón. Se incluyen además las conclusiones generales y las recomendaciones, para darle continuidad a la investigación. Por último, aparece en este material la bibliografía consultada y los anexos que contribuyen a la mejor comprensión del trabajo.

Capítulo 1: Marco teórico referencial de la investigación

El propósito de este capítulo es elaborar el marco teórico–referencial de la investigación, donde se analizan los antecedentes del tema objeto de estudio, la literatura especializada y otras fuentes consultadas, con la estructura que se muestra en la Figura 1.1 donde se abordan tres aspectos fundamentales para definir la necesidad del estudio de fiabilidad en la cadena de frío para la mejora de la capacidad del proceso industrial en la maquila del camarón:

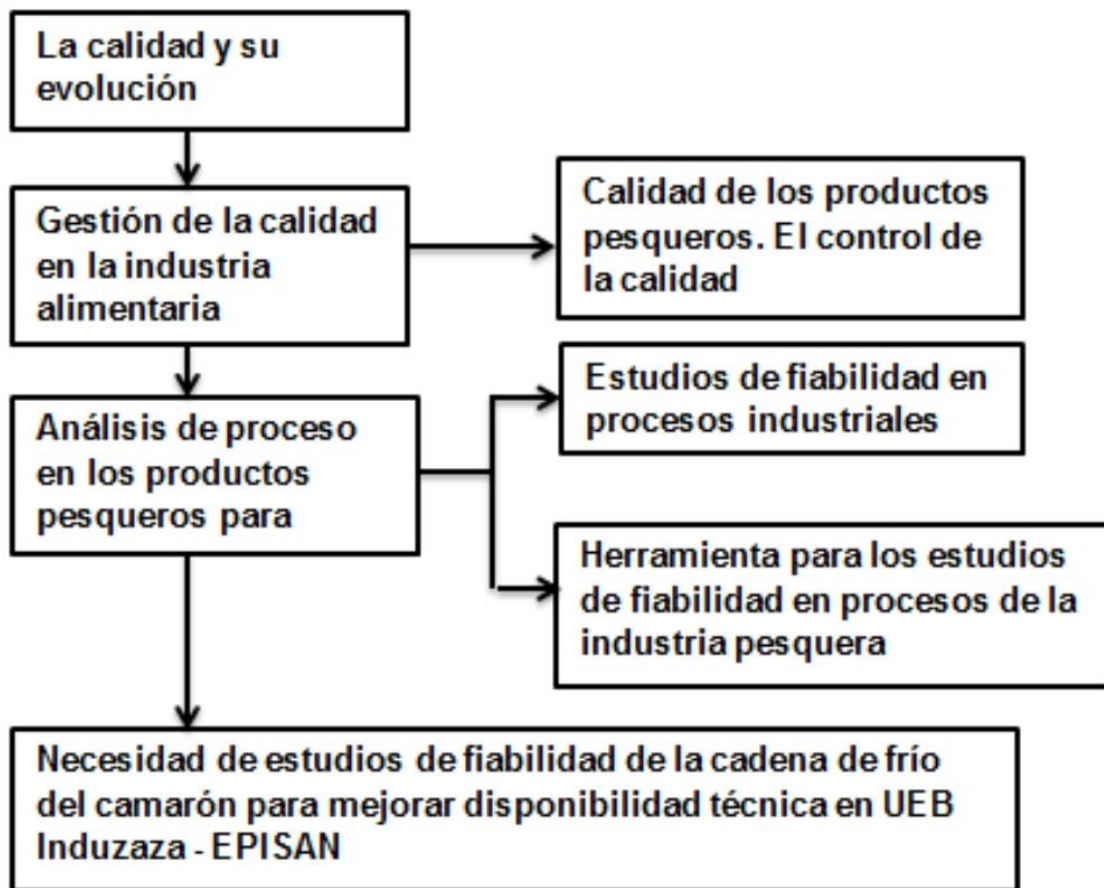


Figura 1.1. Hilo conductor de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

1.1 La calidad y su evolución

La calidad ha sido un elemento inherente a todas las actividades realizadas por el hombre desde la concepción misma de la civilización humana. Esto se evidencia principalmente en que desde el inicio del proceso evolutivo, el hombre ha debido controlar la calidad de los productos que consumía, por medio de un largo y penoso

proceso que le permitió diferenciar entre los productos que podía consumir y aquellos que eran perjudiciales para su salud.

Evidencias sobre la importancia de la calidad se encuentran en otras civilizaciones, como la egipcia, donde los inspectores de calidad verificaban las medidas de los bloques de piedra caliza de las pirámides por medio de una cuerda. Esta estrategia también la empleó la civilización Maya. Otro ejemplo es presentado por la civilización Griega, que también utilizó instrumentos de medida que garantizaran homogeneidad de medidas para la construcción de los frisos de sus templos.

Etapa artesanal

En el siglo XVII se produjo una separación entre la ciudad y el mundo rural, debido a que se presenta en la escena productiva el desarrollo del comercio internacional. Este proceso obliga a que paulatinamente los artesanos migren a las ciudades y se concentren allí. Los artesanos se dedican de forma exclusiva a sus actividades productivas, al mercader comprarle producción para comercializarla. Esta etapa es el antecedente a la Revolución Industrial y la producción en masa, la calidad se fundamentaba en las destrezas y la reputación del artesano (Penacho, 2000).

Revolución industrial finales del siglo XIX

Con la llegada de la era industrial, el taller cedió su lugar a la fábrica de producción masiva, los artículos terminados o las piezas eran ensamblados en una etapa posterior de producción. Los artesanos, también cambiaron los talleres. Los de mayor capacidad económica se transformaron en empresarios, mientras que el resto se convirtió en los operarios de las nuevas fábricas.

Esta era trajo consigo el sistema de fábricas para el trabajo en serie y la especialización del trabajo. Como consecuencia de los altos niveles de demanda y la necesidad implícita de mejorar la calidad de los procesos exigida por los nuevos esquemas productivos, la función de inspección se convierte en elemento fundamental del proceso productivo y la realiza el operario. Por consiguiente, el objeto de la inspección simplemente era identificar los productos que no se ajustaban a los estándares deseados, para que no llegaran hasta el cliente (Garvin, 1988).

Administración científica. Segunda guerra mundial

A finales del siglo XIX, en los Estados Unidos, aparece el sistema de producción en serie, caracterizado por la poca flexibilidad del producto, se inició formalmente el proceso de estandarización de las condiciones y métodos de trabajo. Aparecen las teorías sobre la administración científica (Frederick Winslow Taylor, 1911). Según Evans y Lindsay (2008), uno de los principios fundamentales de esta teoría determina que las actividades de planificación y ejecución del trabajo deben estar totalmente separadas con el objetivo de aumentar la productividad.

Este nuevo esquema generó inicialmente una disminución clara en la calidad del producto, los errores humanos aumentaron en gran medida al desaparecer la inspección realizada por cada operario. Como solución, se adoptó la creación de la función de inspección en la fábrica (organigramas de las empresas los departamentos de control de calidad), centraliza en un empleado la responsabilidad de detectar en los productos los defectos y proceder a tomar las medidas respectivas de solución y evitar así que los mismos lleguen al consumidor. En esta etapa, se atacan los efectos y no la causa; enfoque correctivo, porque los responsables son los inspectores de calidad, que soportan sus decisiones en inspecciones visuales y en la utilización de algunos instrumentos de medición para realizar comprobaciones respecto a estándares fijados. Se da inicio a la primera etapa del desarrollo de la calidad, conocida como control de calidad por inspección.

Al terminar la primera guerra mundial, se perfeccionan los sistemas de producción en serie, los procesos y técnicas de inspección de calidad, en una segunda etapa se desarrolla el concepto de calidad y la inspección se convierte en una herramienta de la calidad. Entre 1920 y 1940 la tecnología industrial cambió rápidamente. La *Bell System* y su subsidiaria manufacturera, la *Western Electric*, inicia el control de la calidad con un departamento de ingeniería de inspección para atender los defectos en sus productos y la falta de coordinación entre sus departamentos. George Edwards y Walter Shewhart, miembros de dicho departamento, fueron sus líderes.

Shewhart en el 1924, diseñó una gráfica de estadísticas para controlar las variables del producto, se inicia el control estadístico de calidad, método para controlar la calidad en medios de producción en serie a costos más económicos que los anteriores, se mejora

en términos de costo-beneficio, las líneas de producción, con la estadística y de manera eficiente se eleva la productividad y disminuyen los errores (Shewhart, 1931). También este autor que aplicada la estadística al control de calidad, se preocupó por el rol administrativo de la calidad y diseñó el ciclo (Especificar, Producir e Inspeccionar) origen del famoso ciclo Deming PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar), base de los sistemas de gestión de calidad existentes en la actualidad, establecidos en los modelos de las ISO 9000.

Los norteamericanos lideran la segunda etapa del desarrollo de la calidad (aseguramiento de la calidad). Según Duncan (1996), el objetivo fundamental era el demostrar a través de la estadística, la posibilidad de garantizar los estándares de calidad para evitar sobre todo, la pérdida de vidas humanas; uno de los principales interesados en elevar la calidad y el efecto de ésta en la productividad, fue el gobierno norteamericano, en especial su industria militar en la segunda guerra mundial.

Se crearon las primeras y la certificación de sistemas de la calidad que el ejército de Estados Unidos implantó en la Segunda Guerra Mundial, de esta forma se elevaron los estándares de calidad drásticamente y la pérdida de vidas humanas. En este periodo el doctor William Edwards Deming, discípulo de Shewhart, también trabajador de la *Western Electric Company* de la ciudad de Chicago, Illinois, contribuyó a mejorar la calidad de la industria norteamericana dedicada a la guerra (1942- 1945).

Segunda guerra mundial. Década de los setenta

Según Evans y Lindsay (2008), al finalizar la Segunda Guerra Mundial, la calidad siguió dos caminos diferentes.

- El occidente continuaba con el enfoque basado en la inspección;
- Japón, en la década de los cincuenta, comprendió que era necesario producir artículos correctos desde el principio. Deming (considerado el padre de la calidad japonesa) en 1947 inició contacto con ingenieros japoneses; en el 1950 invitado por el presidente de la Unión de Científicos e Ingenieros Japoneses (JUSE). Impartió conferencias sobre control estadístico de calidad y el modelo administrativo (ciclo PHVA) para el manejo de la calidad.

Las empresas niponas entendieron la necesidad de un programa de control de calidad cuya aplicación fuera más amplia que la considerada hasta el momento. Por mucho que

se esforzase el departamento de producción, sería imposible resolver los problemas de confiabilidad, seguridad y economía del producto si el diseño era defectuoso o los materiales eran mediocres (Gorgemans, 1999). Joseph M. Juran también en Japón (1954) contribuyó a destacar el importante compromiso del área gerencial por el logro de la calidad, modelo que después se adoptó en todo el mundo (Pareja, 1990).

Por su parte, Armand V. Feigenbaum creó el concepto de gestión de la calidad e introdujo el programa de calidad del *General Electric*, que aplicó el *Total Quality Control* en Estados Unidos; visitó Japón en 1956. A estos tres nombres: Edwards Deming, Joseph Juran y Armand V. Feigenbaum, se debe la gran explosión de la calidad en Japón, consolidada a través de Ishikawa a partir de 1955. En mayo de 1963 se llevó a cabo en Japón la Primera Conferencia de Circulo de Control de Calidad, donde se dio inicio a lo que hoy se conoce como el milagro japonés.

Década de los setenta-década de los noventa

Esta década, como consecuencia de los nuevos esquemas económicos mundiales, se presenta una tercera etapa en el desarrollo de la Calidad Total, donde se incluyen las todas las áreas de las organizaciones: finanzas, ventas, personal, mantenimiento, administración, manufactura y servicios. Intervienen todas las actividades de planificación, diseño e investigación de nuevos productos, fabricación, contabilidad. La investigación de mercados asume un papel importantísimo, pues escucha las opiniones de los consumidores para incorporarlas las necesidades en la planificación del producto. La calidad se enfoca al sistema como un todo.

Década de los noventa-actualidad

Aparecieron nuevos fenómenos socioeconómicos como la globalización, que cambian por completo el concepto de empresa (Evans y Lindsay, 2008). Se asume la mejora continua de la calidad total. El factor humano cumple un papel muy importante al iniciar un proceso continuo de reducción de costos, con el desarrollo de habilidades para trabajar en equipo y la resolución de problemas. La empresa descubre que tiene que generar su propio conocimiento de forma sistémica. Se implementan mejoras en el propio lugar de trabajo, una parte del sueldo o salario de los empleados se otorga según los resultados obtenidos. Los esfuerzos del personal y la optimización del proceso se reflejan en la reducción continua de costos, reduce la brecha con los

clientes, traducida en ventas y mejora en las utilidades de la empresa. En la actualidad las organizaciones implementan modelos de gestión de calidad basado en procesos. El seguimiento de la satisfacción del cliente requiere una evaluación de la percepción.

1.2 Gestión de la calidad en la industria alimentaria

En Vasantharayalu & Pal, (2016) se plantea que la Sociedad Americana para la Calidad (siglas en inglés ASQ: American Society Quality), reconocen como elementos fundamentales de la gestión total de la calidad (TQM, siglas en inglés del Total Quality Management): la política, planeamiento, y administración; diseño de producto y control de cambio de diseño; control de suministro material; control de calidad de la producción; contacto con el cliente y rendimiento de campo; acción correctiva; y la selección, capacitación y motivación de los empleados.

La identificación, contribución y nuevas vías de investigación de los factores críticos de éxito de TQM, es un tema objeto de estudio vigente, que requiere de la adopción de un punto de vista más amplio respecto al papel del proceso de calidad, como soporte al compromiso de la empresa en las actividades con el cliente Aquilani, (2017).

El estudio empírico de Honarpour, Jusoh, & Md Nor, (2017) refiere que la innovación de los procesos, está más impactada que el producto por el TQM, lo cual no sorprende por el hecho de que los elementos nuevos que se introducen en la organización (p. e. entrada de material, especificaciones de tarea, mecanismos de trabajo y flujo de información y equipamiento), producen productos o prestan un servicios; y las prácticas de TQM están relacionadas con una mejor gestión del suministro (las materias primas), gestión de personas (las especificaciones de tarea), e información y análisis de datos (mecanismos de trabajo y flujo de información). De igual manera al adquirir, diseminar y aplicar nuevos conocimientos de competidores, suministradores y clientes, se puede incrementar la generación de ideas de los equipos de investigación, y con ello conducir a nuevas especificaciones técnicas y mejor funcionalidad de productos.

Al respecto Vasantharayalu & Pal, (2016) asocia el uso de prácticas de TQM al mejor desempeño operacional, con impacto en el crecimiento tecnológico, donde las mejores prácticas, hacen que los productos industriales posean más calidad. Para Luning & Marcelis, (2009) las fases de las investigaciones en la industria de alimentos requieren de marcos de trabajo de otras teorías y desarrollos para el análisis y solución de la

situación de este complejo problema. Antes de desarrollar la metodología de investigación hay que caracterizar la: gestión de calidad del alimento, su objetivo, sus actividades, y la cadena del suministro en donde funcione.

1.2.1 Calidad de los productos pesqueros. El control de calidad

En general los procesos industriales tienden a aumentar en el tiempo la inestabilidad, por lo que requieren de su control B. Gómez Avilés, (2007). Así se fortalece el aseguramiento de la calidad, respecto a la ausencia de desviaciones, y la reducción integral del potencial de ocurrencia de las no conformidades Weinberg, (2011).

Los métodos del Control Estadístico de Proceso (siglas en inglés: SPC- *Statistical Process Control*), respaldados por el compromiso de la administración y la buena organización, proporcionan medios objetivos para controlar la calidad. Como herramienta analítica de toma de decisiones, indican cuándo un proceso funciona correctamente (la variación es natural) y cuándo no (se necesita Utilizable en cualquier proceso de transformación, servicios, o transferencia de información Göhler & Howard, (2014).

La evaluación comparativa y el aprendizaje de las mejores prácticas de los competidores internos y externos, mantendrán a la empresa en un impulso para la mejora continua. Para la industria de alimentos, Abdul Halim Lim, (2015) plantean un aprendizaje de “bucle doble” que, significa cuestionar la capacidad de los datos en términos de reflejar la verdadera variación de un proceso, sus variables de control y, la idoneidad de las acciones correctivas tomadas en respuesta a los datos de los Gráficos de control (herramienta fundamental del SPC). De esta forma establecen el aprendizaje constante como conductor del cambio continuo y facilitador de la respuesta a este cambio.

Existe un incremento en la preocupación de los consumidores por la calidad y la seguridad de los alimentos perecederos: carne fresca, el pez fresco, los productos lácteos. Es una situación generada por las características de estos productos con vida limitada, donde su mantenimiento depende de las condiciones de almacenamiento, y el tiempo Xue, Zhangn, & Tang, (2013). Se refuerza esta importancia por la globalización y el libre comercio.

En particular la pesca y la producción acuícola es altamente heterogénea en especies y productos muy perecederos. De forma rápida pueden pasar a no apto para el consumo, e incluso ser peligroso para la salud. Para mantener la calidad y las propiedades nutricionales, y evitar desperdicios y pérdidas, se requiere de especial cuidado en la manipulación después de la captura, elaboración, conservación, envasado, medidas de almacenamiento y el transporte de este producto. Las técnicas de conservación y elaboración pueden reducir la velocidad del deterioro y la posibilidad de distribución y comercialización. Estas técnicas incluyen la reducción de la temperatura (enfriamiento y congelación), el tratamiento térmico (enlatado, cocción y ahumado), la reducción del agua disponible (secado, salazón y ahumado) (FAO, 2016).

1.3 Análisis de proceso en los productos pesqueros

Por las particularidades de la producción y comercialización de los alimentos, estos requieren del cumplimiento e implementación de regulaciones nacionales e internacionales del CODEX ALIMENTARIUS; Sistema de APPCC, buenas prácticas de manufactura; procedimiento de trazabilidad de sus productos, y normas sanitarias del país de destino. Todo lo cual se sustenta en un necesario conocimiento de productos y procesos.

Para conocer los procesos se requiere prever un nivel de calidad ante las desviaciones de las variables de entrada, garantía para el cumplimiento de las especificaciones establecidas de las variables de salida García Aponte, Vallejo Díaz, & Mora Huertas, (2015) por tipo: (1) el menor es mejor, (2) el mayor es mejor, y (3) el nominal es mejor. Basado en un aprendizaje a través del pensamiento sistémico, la visión compartida, el dominio individual, y el uso de modelos mentales altamente sofisticados. En un ambiente donde exista: comunicación abierta sin temor ni críticas, aprendizaje a través del trabajo en equipo, empoderamiento de los empleados para tomar decisiones, enfoque en la acción y los resultados, con amplias oportunidades de aprendizaje Abdul Halim Lim, (2015).

El aprendizaje del estudio y observación de la operación de los procesos, genera información que puede ser relevante para los consumidores de los productos alimentarios marinos. Sin embargo como plantea en FAO, (2016), en los contenidos de las etiquetas lo que se refleja, respecto al estado del producto, son criterios de

puntuación relativos al estado del recurso y a las características de la pesquería, y en pocas excepciones refieren el proceso, aunque en éstos se define la estabilidad de muchos de los requisitos exigidos por los mercados.

En este sentido desarrollar estrategias flexibles y adaptables para la calidad, requieren del conocimiento de los productos elaborados, y el estudio de causa de la variabilidad que define la capacidad de los procesos. Por lo que se demanda de políticas empresariales sustentadas en mejoras continuas valoradas económicamente, y no de innovaciones aisladas.

Las herramientas y métodos, como plantean Cudney & Kleim, (2017) tienen un uso efectivo, a partir de la adquisición y aplicación del aprendizaje que, sobre los estudios de calidad de los procesos se genere. Con el ajuste a la información que se posea, y en correspondencia con los propósitos y premisas de las aplicaciones Göhler & Howard, (2014), sin restringir la flexibilidad en la utilidad y prestaciones.

La agroindustria, tiene procesos muy simples, con pocas operaciones. En la mayoría se manejan productos frescos, semiprocesados o productos de proceso. Se transforma la materia prima producida en el campo, los bosques y ambientes acuáticos, por lo que comprende actividades muy variadas. Es un sector que se caracteriza por la naturaleza biológica de sus materias primas, como parte de organismos vivos, son altamente perecederos Cuevas, (2008).

Por lo que resulta un contexto complejo, para la identificación y priorización de parámetros de procesos críticos, relativos a peligros químicos, microbiológicos y puntos críticos, sobre bases científicas y cuantitativas.

1.3.1 Estudios de fiabilidad en procesos industriales

El término fiabilidad es descrita en el diccionario de la RAE como "probabilidad de buen funcionamiento de algo". Por tanto, extendiendo el significado a sistemas. La fiabilidad se define como la probabilidad de que un bien funcione adecuadamente durante un período determinado bajo condiciones operativas específicas (por ejemplo, condiciones de presión, temperatura, fricción, velocidad, tensión o forma de una onda eléctrica, nivel de vibraciones).

Un sistema es una colección de componentes/subsistemas dispuestos de acuerdo a un diseño dado con el propósito de lograr el cumplimiento de unas determinadas funciones

con una adecuación y fiabilidad aceptables. El tipo de componentes, su cantidad, su calidad y el modo en que están dispuestas tiene un efecto directo en la fiabilidad de sistema. (Parra et al., 2012).

En general, todo lo que existe, especialmente si es móvil, se deteriora, rompe o falla con el correr del tiempo (a corto plazo o largo plazo). El solo paso del tiempo provoca en algunos bienes, disminuciones evidentes de sus características, cualidades o prestaciones. Del estudio de los fallos de los productos, equipos y sistemas es de lo que trata la fiabilidad. La fiabilidad se asocia a la capacidad de depender con seguridad de algo. Los sistemas creados por el hombre tienen por objeto satisfacer una determinada necesidad. Para ello deben funcionar de una forma específica en un determinado entorno. Antes o después, todos los sistemas llegan a un instante en el que no pueden cumplir satisfactoriamente aquello para lo que fueron diseñados. El fallo del sistema tendrá unas repercusiones que dependerán del tipo de sistema, y del tipo de misión que este desempeñando y del momento en que se produzca el fallo. Es deseable que los sistemas diseñados sean fiables, en el sentido de que el usuario pueda operarlos sin que exista un elevado riesgo de fallo. El nivel de fiabilidad, o seguridad de operación satisfactoria, dependerá de la naturaleza del objetivo del sistema. El que un sistema tenga cierta fiabilidad llevara un coste y un esfuerzo asociado, por lo que la exigencia de fiabilidad para un sistema debe adecuarse a su objetivo y trascendencia. (Parra et al., 2012).

La fiabilidad es un factor esencial en la seguridad de un producto. Para lograr los objetivos de un rendimiento funcional adecuado, limita los costes del ciclo de vida, y seguridad, la fase del diseño es el momento en que puede lograrse una influencia importante sobre los mismos. Por consiguiente, la mayoría de los estudios de fiabilidad y de los métodos desarrollados se centran en el diseño de productos.

La importancia de los costes de mantenimiento en procesos intensivos en el uso de activos, puede alcanzar hasta el 40% de los costes de producción. Dada su relevancia, resulta indispensable un estudio acabado de cada uno de los procesos, bajo un enfoque de mantenimiento y de coste de ciclo de vida. El estudio y modelado de fiabilidad, es la piedra angular para un análisis de mantenimiento, ya que se relaciona directamente con el comportamiento de fallos de cada uno de los componentes hasta

establecer la relación de dependencia dinámica de cada uno de los equipos en estudio, aspectos que son fundamentales para evaluar criticidad y proyectar costes en fases de inversión y operación (César Marcelo Gallegos Londoño, Mayra Alexandra Viscaíno Cuzco & Sergio Raúl Villacrés Parra. 2020)

El modelado de fiabilidad, basa su análisis en la ocurrencia de los fallos de un equipo, a través de distribuciones probabilísticas que permiten ajustar los tiempos de buen funcionamiento, las que dan origen a la función de fiabilidad. Dentro de las distribuciones más utilizadas, están la Exponencial y la *Weibull*, que permiten modelar el comportamiento de un componente durante todo su ciclo de vida; con fases de rodaje, vida útil y desgaste, a través de la curva de la bañera (Dhillon, 2006).

El modelado de fiabilidad por componentes se hace extensivo a procesos productivos, lo que permite conocer la fiabilidad por componente y sistemas en su conjunto. Sobre este punto, existen diversas metodologías como *Reliability Block Diagram* (RBD) Rausand and Hoyland, (2003); Guo and Yang, (2007), Cadenas de Markov, Welte, (2009), Árboles de Fallo Rauzy et al., (2007), Gráficos de Fiabilidad Distefano & Puliafito, (2009), Redes de Petri PNs Volovoi, (2014), entre otros. No obstante, a lo anterior, existen relaciones de equipos que, dada su configuración, no es posible modelarlas con las técnicas tradicionales.

La realidad de los procesos industriales evidencia que una mayor flexibilidad en dichos procesos, mejora la productividad, la eficiencia del propio proceso y, en definitiva, los resultados generales de la empresa. En ese contexto, los sistemas dinámicos alcanzan una gran importancia en el modelado de los procesos productivos. Estos sistemas pueden variar sus relaciones en el tiempo con el entorno o, su habilidad de funcionar en diversos escenarios.

Se desarrollan las técnicas de modelado de fiabilidad, para la evaluación de impacto de fiabilidad y fallos de elementos individuales que se encuentren inmersos en procesos productivos complejos, permitiendo evaluar la criticidad operacional de cada uno de ellos. La determinación del indicador de criticidad operacional es de vital importancia para la identificación de riesgos operacionales en el interior de los procesos productivos de las empresas, lo cual facilita el proceso de toma de decisión de manera efectiva.

Investigaciones actuales, identifican los factores que afectan directamente la maximización de beneficios. Estos factores se fundamentan en la consideración empírica de los indicadores de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (César Marcelo Gallegos Londoño, Mayra Alexandra Viscaíno Cuzco & Sergio Raúl Villacrés Parra. 2020)

Los desarrollos ocurridos en el campo de la confiabilidad han tenido impacto significativo en los temas siguientes:

- Herramientas para la toma de decisiones relacionadas con el estudio de riesgos, sistemas expertos, modos de falla y análisis de efectos.
- Modelación de fallas y optimización de la confiabilidad, que incluyen: gráficas, pruebas, análisis, interpretación y toma de decisiones.
- Nuevas técnicas de mantenimiento y filosofías de mejoramiento continuo en sus procesos, destacándose entre otras, el Mantenimiento Productivo Total (TPM), el Control Total de la Calidad, Control Estadístico de Proceso, ISO 9000 con ciclos PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar), el Justo a Tiempo, las 5'S, los sistemas Kanban y Kaizen, el Mantenimiento basado en Fiabilidad.
- Diseño de equipos con mayor énfasis en la confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad.
- Cambios en los procesos de pensamientos, diseño y mejoramiento de estructuras organizacionales que incluyen la participación multidisciplinaria de las personas, el trabajo en pequeños grupos y la flexibilidad en la implementación.
- Entrenamiento y capacitación orientada hacia el diseño, el mantenimiento y la operación eficiente de los equipos de producción.
- Los costos de la inversión y el análisis técnico del ciclo de vida útil.
- El análisis de los sistemas de seguridad integral en las personas, las instalaciones físicas, el medio ambiente y el cumplimiento de normas regulatorias.

1.3.2 Herramientas para los estudios de fiabilidad en la industria pesquera

A continuación se relacionan un grupo de herramientas consideradas herramientas básicas para los estudios de calidad, las cuales resultan útiles para el desarrollo de estudios de fiabilidad.

1) Hoja de recopilación de datos u hojas de registros o recogida de datos son formas estructuradas que facilitan la recopilación de información, previamente diseñadas con base en las necesidades y características de los datos que se requieren para medir y evaluar uno o varios procesos. Son la herramienta base para la recolección y análisis de datos, que permiten realizar seguimientos en el proceso de resolución de problemas.(Conceptos y técnicas de recolección de datos en la investigación, Dennis Chávez de Paz)

Precisamente uno de los problemas fundamentales que afectan la realización de los estudios de fiabilidad, es la carencia de datos que puedan sustentar análisis con juicios acertados.

Sus objetivos principales son:

- Facilitar la recolección de datos.
- Organizar automáticamente los datos de manera que puedan usarse con facilidad siempre que se necesiten.
- Son el punto de partida para la elaboración de otras herramientas, como por ejemplo los gráficos de control.

2) Diagrama de flujo, puede definirse como el camino que sigue la materia prima en una unidad de producción hasta convertirse en producto terminado Marsán Castellanos, (1999). El flujo de producción de una unidad debe garantizar el funcionamiento armónico de esta, entre otras cosas, mediante el balance en tiempo de todas sus partes. La aplicación de la simbología adecuada a los diagramas de sistemas y procedimientos evita a los analistas anotaciones excesivas, repetitivas y confusas en su interpretación.

Los diagramas nos permiten observar todos los pasos de un sistema o proceso sin necesidad de leer notas extensas. Puede considerarse una fotografía aérea que contiene los rasgos principales de una región, y que a su vez permite observar estos rasgos o detalles principales. Gómez Cejas, Guillermo (1997). Brinda las bases para escribir un informe claro y lógico y es un medio para establecer un enlace con el personal que eventualmente operará el nuevo procedimiento. Chiavenato, Idalberto (1993) (Ver Figura 1.2)

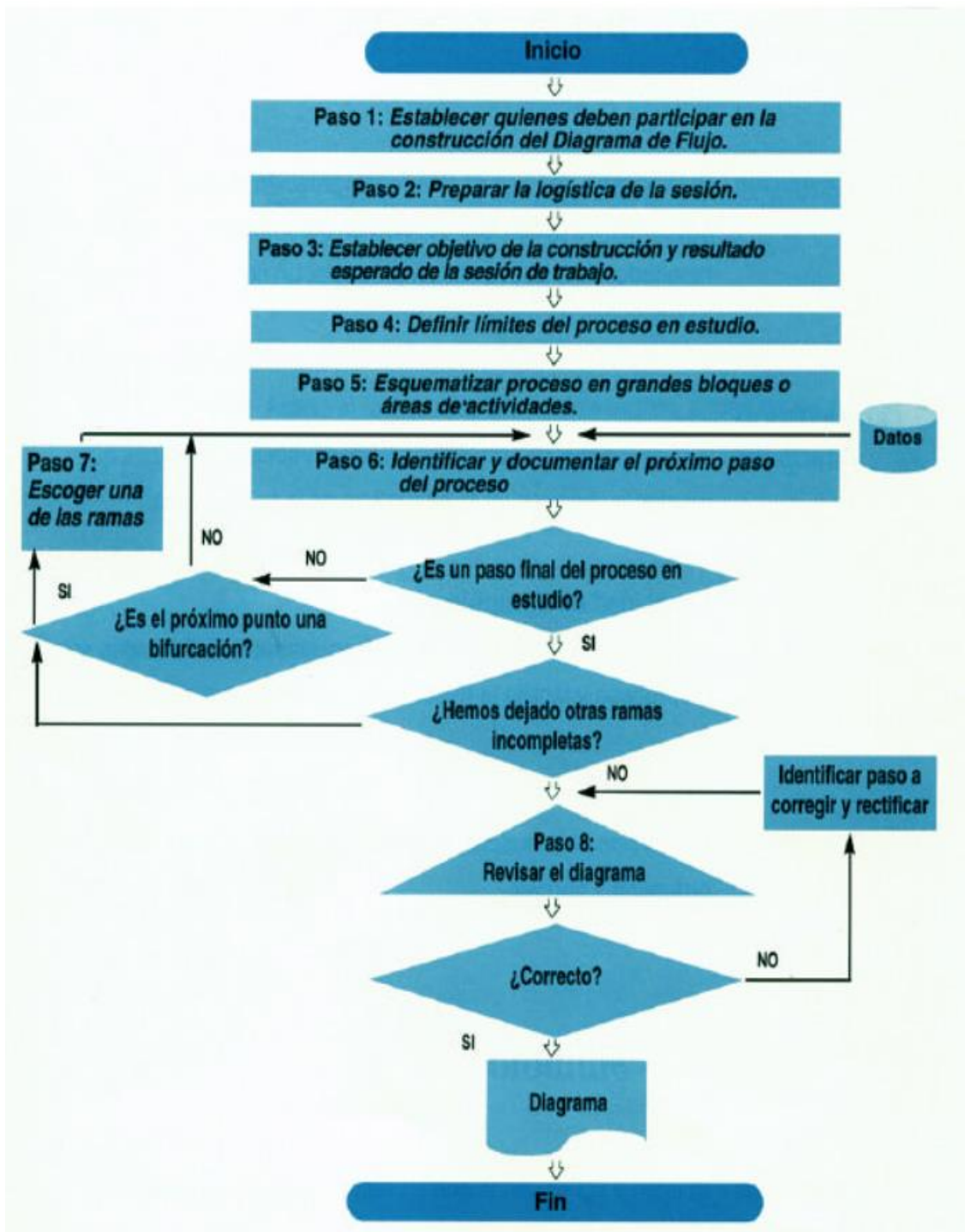


Figura 1.2: Diagrama de flujo. Fuente: Cumbre B

3) **Gráfico de Control**, creado por Shewhart, permite analizar el comportamiento de diferentes procesos. Evalúa de forma visual la estabilidad del proceso, basada en métodos estadísticos, para separar las causas aleatorias de las sistemáticas a partir de la variabilidad que presentan los procesos. (Ver Figura 1.3)

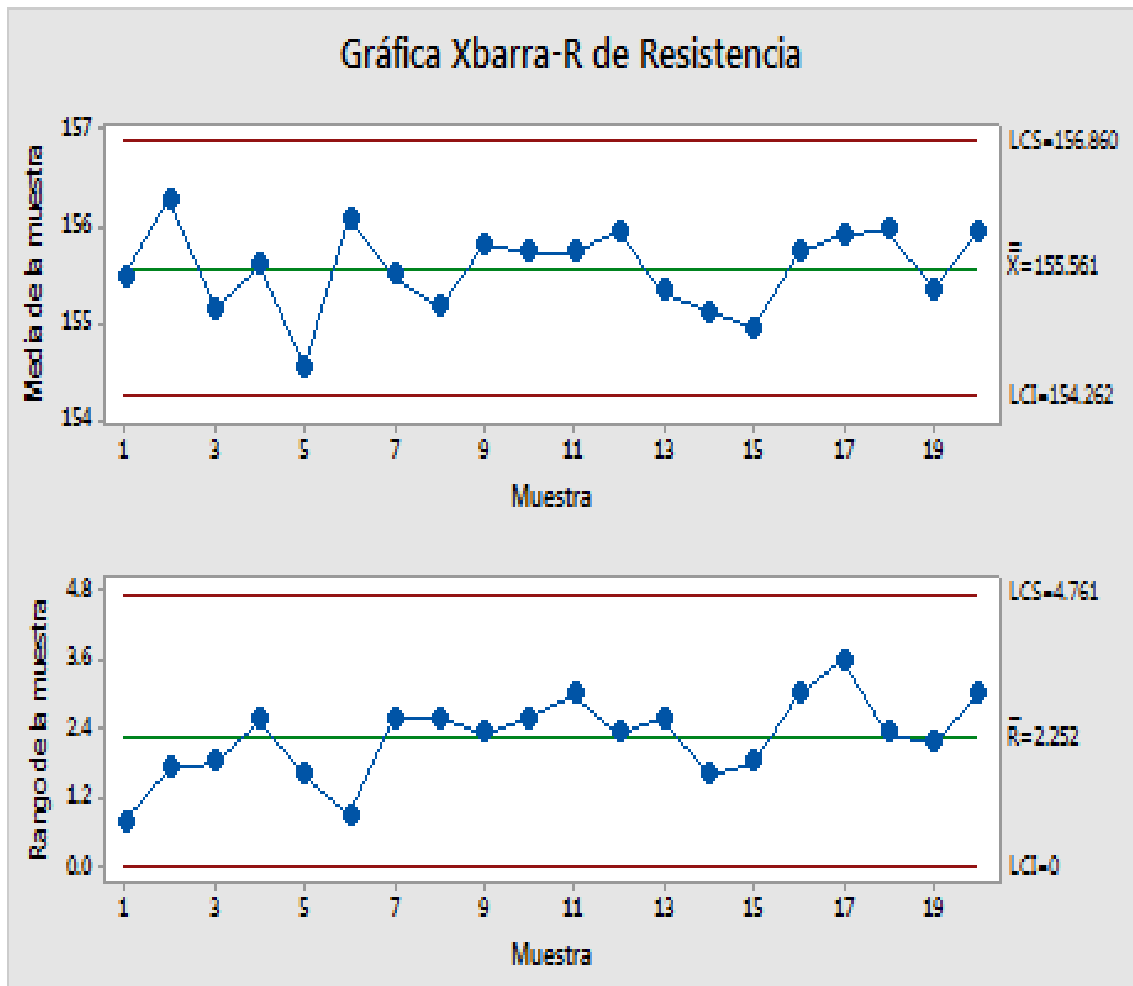


Figura 1.3: Gráfico de control. Fuente: Elaboración propia basado en Gutiérrez, PH, & De La Vara, S. (2004).Control Estadístico de Calidad y seis sigma (3ra ed.). México: McGraw-Hill Interamericana Editores SA

Diagrama Causa – Efecto, permite alcanzar un alto nivel de comprensión de los problemas y muestra las relaciones entre las posibles causas que afectan los resultados de un proceso. Las causas principales pueden estar referidas en general, a: métodos de trabajo, materiales, mediciones, personal y entorno. A su vez, cada causa principal se subdivide en muchas otras causas secundarias o menores. En la medida en que el análisis tenga niveles más profundos, las subdivisiones pueden ampliarse. No conviene que las causas principales sean más de seis para evitar que el análisis sea complejo. (Ver Figura 1.4)

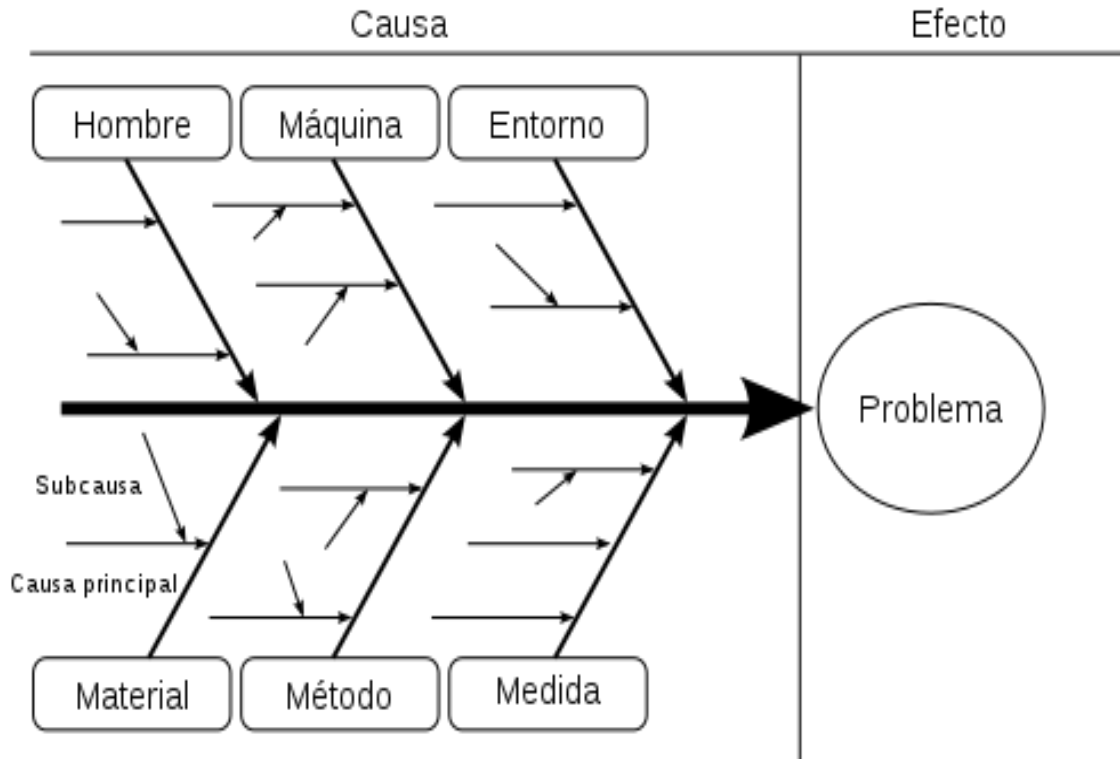


Figura 1.4: Diagrama Causa-Efecto. Fuente: Cumbre B. Diagrama causa-efecto

- 4) **Diagrama de Pareto**, es una gráfica de barras que organiza los datos de forma descendente, de izquierda a derecha. Permite asignar un orden de prioridades ya que en todo grupo de causas o factores que contribuyen a un mismo efecto, unos pocos (vitales) son responsables de la mayor parte de dicho efecto (Ver Figura 1.5)
- 5) **Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)**, es una metodología que se utilizan para estimar y predecir los fallos que pueden suceder en un producto o proceso que se encuentra en fase de diseño o que se quiera mejorar uno existente. Tiene la finalidad de incorporar, desde un inicio, todos los componentes y funciones del producto que garanticen su fiabilidad, seguridad y cumplimientos de los parámetros de las funciones que los clientes exigen. Se realiza una simulación del uso del producto u operación del proceso, teniendo en cuenta la Severidad, Ocurrencia y Detección de los posibles modos de fallos y se obtiene el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) (Ver Figura 1.6)

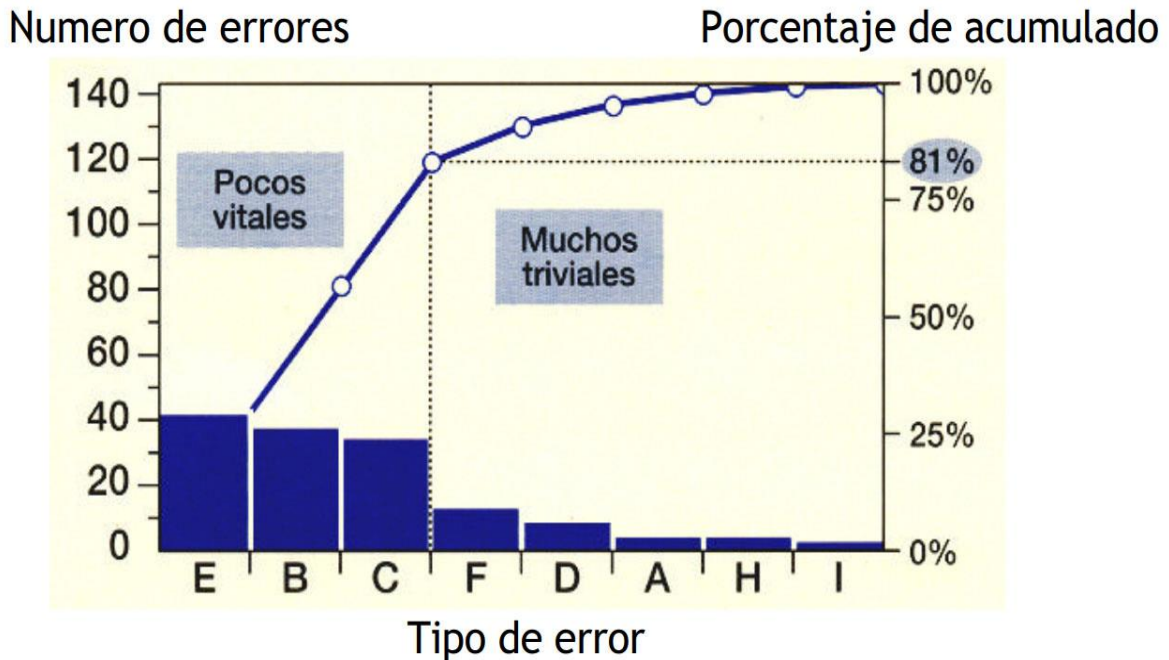


Figura 1.5: Diagrama de Pareto. Fuente: Cumbre B. Diagrama Pareto

6) Prioridad de los equipos por el NPR

Los números de prioridad del riesgo son un parámetro de ayuda en la evaluación de estas acciones según la mayor prioridad. Siempre que se realicen cambios en un proceso o diseño, el AMFE debe actualizarse, con el propósito de:

- Intentar eliminar el modo de fallos (algunos fallos son más evitables que otros)
- Minimizar la severidad del fallo
- Reducir la incidencia del modo de fallos

Mejorar la detección

1.4 Necesidad de estudios de fiabilidad de la cadena de frío del camarón para mejorar disponibilidad técnica en UEB INDUZAZA- EPISAN

Una proporción muy grande de productos de consumo, industriales que se elaboran en la actualidad tiene tal complejidad que sus usuarios no comprenden generalmente cómo funcionan ni cómo se reparan; además de lo grave de las consecuencias de los fallos de muchos productos. Por lo que se han desarrollado métodos de evaluación de la fiabilidad de los mismos y para conseguir su mejora. La ingeniería de fiabilidad es el estudio de la longevidad y el fallo de los equipos. Para la investigación de las causas por las que los dispositivos envejecen y fallan se aplican principios científicos y

matemáticos. El objetivo estriba en que una mayor comprensión de los fallos de los dispositivos ayudará en la identificación de las mejoras que pueden introducirse en los diseños de los productos para aumentar su vida o por lo menos para limitar las consecuencias adversas de los fallos.(FIABILIDAD por Joel A. Nachlas. Primera Edición: Noviembre – 1995)

System		LTN2001 GPS SSU		Potential Failure Mode and Effects Analysis (Design FMEA)							Revision B					
Subsystem		Receiver Card									Prepared By Robert Crow					
Part Number		468230-100									FMEA Date 8/18/92					
Design Lead		J. Davies									Revision Date					
Item / Function	Potential Failure Mode(s)	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	Priority	Current Design Controls	D	R	P	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Date	Action Results				
												Actions Taken	New Sp	New Def	New RPH	
Circuit Block 4.1.1	Output loss from pre-amp	Receiver & output data loss; track loss; GPS shut-down	5	C1 short	1	PR-20 & HW-5	2	10	QA Proc 20-6	R. Jones, 11/30/92	Added to control plan	2	1	1	2	
			5	C88 short	2		2	20	QA Proc 20-6	R. Jones, 11/30/92	Added to control plan	2	1	1	2	
			5	L1 open/short	3		2	30	QA Proc 20-3	R. Jones, 11/30/92	Added to control plan	2	2	1	4	
			5	U21 function	4		2	40	Test 147	R. Jones, 11/30/92	Added to control plan	2	3	1	6	
Circuit Block 4.1.2	Undetected & insignificant component failure mode	No noticeable system effect	1	C1open/chg val.	2	None	8	16	None						0	
			1	C88open/chg val	2		8	16	None							0
Circuit Block 4.2.1	Loss of signal from 2nd RF amplifier & 1st down converter	Loss of position, velocity & time output data; track loss; GPS shut-down	4	C2 short	1	PR-20 & HW-5	2	8	QA Proc 20-6	D. Howell 10/15/92	Added to control plan					0
			4	C3 short	1	PR-20 & HW-5	2	8	QA Proc 20-6	D. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	1	1	2	
			4	C4 open/short	2	PR-20 & HW-5	2	16	QA Proc 20-6	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	1	1	2	
			4	C5 short	2	PR-20 & HW-5	2	16	QA Proc 20-6	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	1	1	2	
			4	C66 open/short	2	PR-20 & HW-5	2	16	QA Proc 20-6	D. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	1	1	2	
			4	C99 short	3	PR-20 & HW-5	2	24	QA Proc 20-6	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	2	1	4	
			4	FL1 short/open	5	None	2	40	100% Insp.	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	2	2	8	
			4	FL2 short/open	5	None	2	40	100% Insp.	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	2	2	8	
			4	R2open/chg val	2		2	16	None						0	
			4	R18 open/chg val	2		2	16	None						0	

Figura 1.5: Estructura para la documentación del AMFE. Fuente: *Kenneth Crow DRM Associates, 2002.*

La empresa cubana actual debe centrarse en la compleja tarea de reorganizar su forma de gestión, fomentando valores orientados hacia la calidad, la eficiencia, la innovación, el conocimiento y la competitividad, con el objetivo de potenciar su papel como eslabón fundamental del desarrollo económico.

La implementación del sistema de gestión de la calidad ha permitido solucionar las deficiencias identificadas y un mayor enfoque a la satisfacción del cliente. Ha permitido además contribuir de manera significativa al conocimiento sobre la calidad, con un nivel

de organización superior y comprensión del protagonismo de cada uno de los implicados en el logro de los objetivos deseados. En este contexto, es importante la realización de estudios de fiabilidad, teniendo en cuenta investigaciones anteriores que evidencian potencialidades de mejora que existen en el proceso industrial objeto de estudio, lo cual puede revertirse en un incremento de las exportaciones basadas en una reducción de pérdidas.

La industria pesquera tiene un gran impacto social y económico, al generar ingresos en moneda extranjera, que le posibilitan prever sus propias inversiones y financiar programas económicos y sociales prioritarios del país. Es esencial en las condiciones actuales, reducir los costes de producción e incrementar ganancias. Para este propósito herramientas de calidad, como la fiabilidad, puede resultar de gran ayuda para el logro y sostenibilidad de los potenciales de mejora que existen en el proceso.

1.5 Conclusiones parciales

En la literatura consultada se evidencian cuánto pueden aportar a la ingeniería y gestión de calidad al estudio de los procesos industriales. Las consideraciones sobre la necesidades en la UEB INDUZAZA- EPISAN de estudios de fiabilidad en cadena de frío del procesamiento del camarón demandan de la utilización de herramientas de calidad, para la identificación de causas inherentes a los procesos que provocan alta variabilidad y por tanto la inestabilidad de éstos o las pérdidas de capacidad para asumir mercados cada vez más exigentes.

Capítulo 2: Procedimiento para evaluar la fiabilidad en equipos de la cadena de frío del proceso industrial del camarón

2.1 Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo la fundamentación teórica del procedimiento que se propone para el estudio de fiabilidad en equipos de la cadena de frío del proceso industrial del camarón en la UEB Induzaza, con el propósito caracterizar los patrones de fallo del equipamiento de la cadena de frío para mejorar la disponibilidad técnica y en consecuencia reducir la variabilidad en el proceso industrial del camarón. La estructura de la propuesta se presenta en la Figura 2.1.

Descripción del procedimiento

En la Etapa I del procedimiento, se realiza la caracterización del proceso de maquila de camarón, continúa la Etapa II con la evaluación de los fallos en la cadena de frío, donde se efectúa el análisis y documentación. La descripción de los patrones de fallo se realiza en la Etapa III, para la estimación de la disponibilidad técnica y el efecto que tiene en la reducción de la variabilidad del proceso; la mejora se plantea a partir del retorno a las Etapa I, si es significativa la reducción y de no ser efectivo vuelve a la Etapa II. A continuación se describen cada una de las etapas en detalle.

2.2 Etapa I. Caracterización del proceso de maquila de camarón

Este enfoque de análisis del proceso, requiere organizar el trabajo con expertos, para lo cual se establecen los pasos siguientes:

Formación del equipo de trabajo

A). Expertos necesarios, se calcula por la Expresión (2.1).

$$n_e = \frac{p(1-p)k}{i^2} \quad (2.1)$$

Donde:

n_e : cantidad necesaria de expertos

p : proporción estimada de errores de los expertos

i : nivel de precisión deseada en la estimación

k : constante asociada al nivel de confianza elegido $(1-\alpha)$.

(1- α)	0,90	0,95	0,99
K	2,6896	3,8416	6,6564

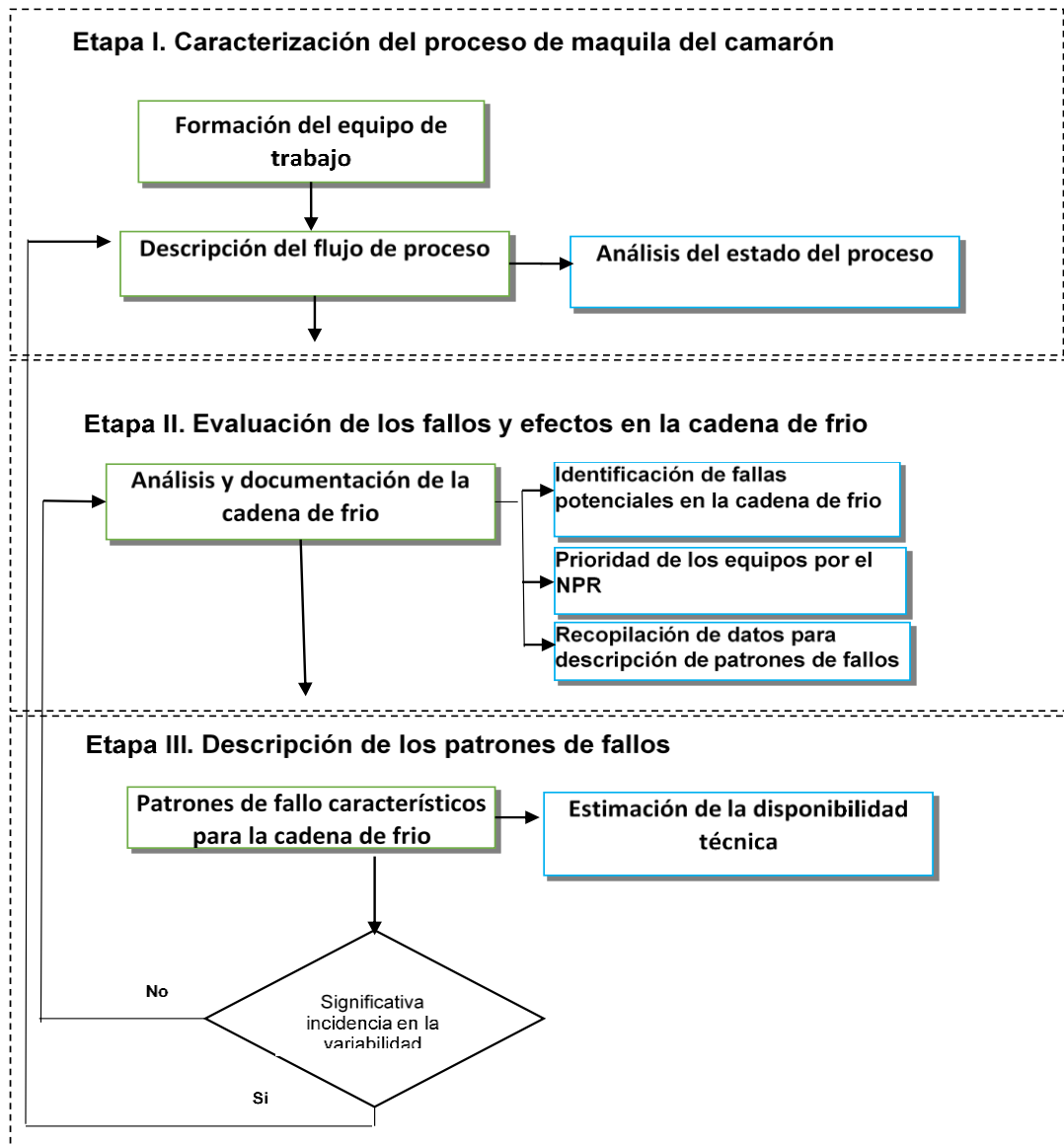


Figura 2.1. Procedimiento para el estudio de la fiabilidad en equipos de la cadena de frío del proceso industrial del camarón. Fuente. Elaboración propia.

B). Los expertos del tema a analizar se seleccionan por los conocimientos específicos y la calificación técnica, debido a la influencia que tienen en la consistencia de los resultados. Para esta valoración, se propone el procedimiento de Hurtado de Mendoza

(2003), que evalúa el Coeficiente de Competencia, en función del Coeficiente de Conocimiento o Información y el Coeficiente de Argumentación (Ver Anexo 1).

C). Para hacer confluír intereses dispares con un mínimo tiempo de entrenamiento, se busca en este momento el compromiso de los participantes con el trabajo a realizar, teniendo en cuenta las características del personal involucrado y ante los problemas de “gestión del comportamiento” citados, por (Yacuzzi & Martín, 2006).

D). El adiestramiento del personal, se centra en la utilización del Diagrama de Flujo, Gráficos de Control y el Análisis Modal de Fallos y sus Efectos (AMFE) como herramientas para el análisis estadístico de proceso y la simulación de los fallos potenciales que, permitirán documentar el proceso de la cadena de frío y la evaluación de la disponibilidad técnica.

Descripción del flujo de proceso

Los diagramas de procesos facilitan la interpretación de las actividades en su conjunto, debido a que se muestra una percepción visual del flujo y la secuencia de las mismas, incluyendo las entradas y salidas necesarias para el proceso.

La elaboración de un diagrama de proceso requiere de un importante esfuerzo, por lo que la representación de las actividades a través de este esquema, facilita el entendimiento de la secuencia e interrelaciones de las mismas y favorece la identificación de la “cadena de valor”, así como de las interfaces entre los diferentes actores que intervienen en la ejecución del mismo.

Un aspecto esencial en la elaboración de diagramas de proceso es la importancia de ajustar el nivel de detalle de la descripción (y por tanto la documentación) sobre la base de la eficacia de los procesos. Es decir, la documentación necesaria será aquella que asegure o garantice que el proceso se planifica, se controla y se ejecuta eficazmente, por lo que el diagrama se centrará en recoger la información necesaria para ello Beltrán et al, (2008). En la Figura 2.2 se muestra la simbología.

2.2.1 Estado de control en variables clave

Para el estudio del estado de proceso, se utilizan Gráficos de Control (GC) de Valores individuales y Recorridos móviles (\bar{X} - R_m), se toma un tamaño de muestra $n=2$, para el cálculo del R_m y los Límites de Control. Las constantes correspondientes a la (n) definida son: $E_2=2,66$; $D_4=3,268$; $D_3=0$ (Gutiérrez PH, de la Vara SR. 2009)

La Expresión 2.2 responde al cálculo de los Límites de Control Superior (LCS) e Inferior (LCI), la Línea Central por la Expresión 2.3, para el GC X.

LCS y LCI:

$$\bar{X} \pm E_2 \overline{R}_m \quad (2.2)$$

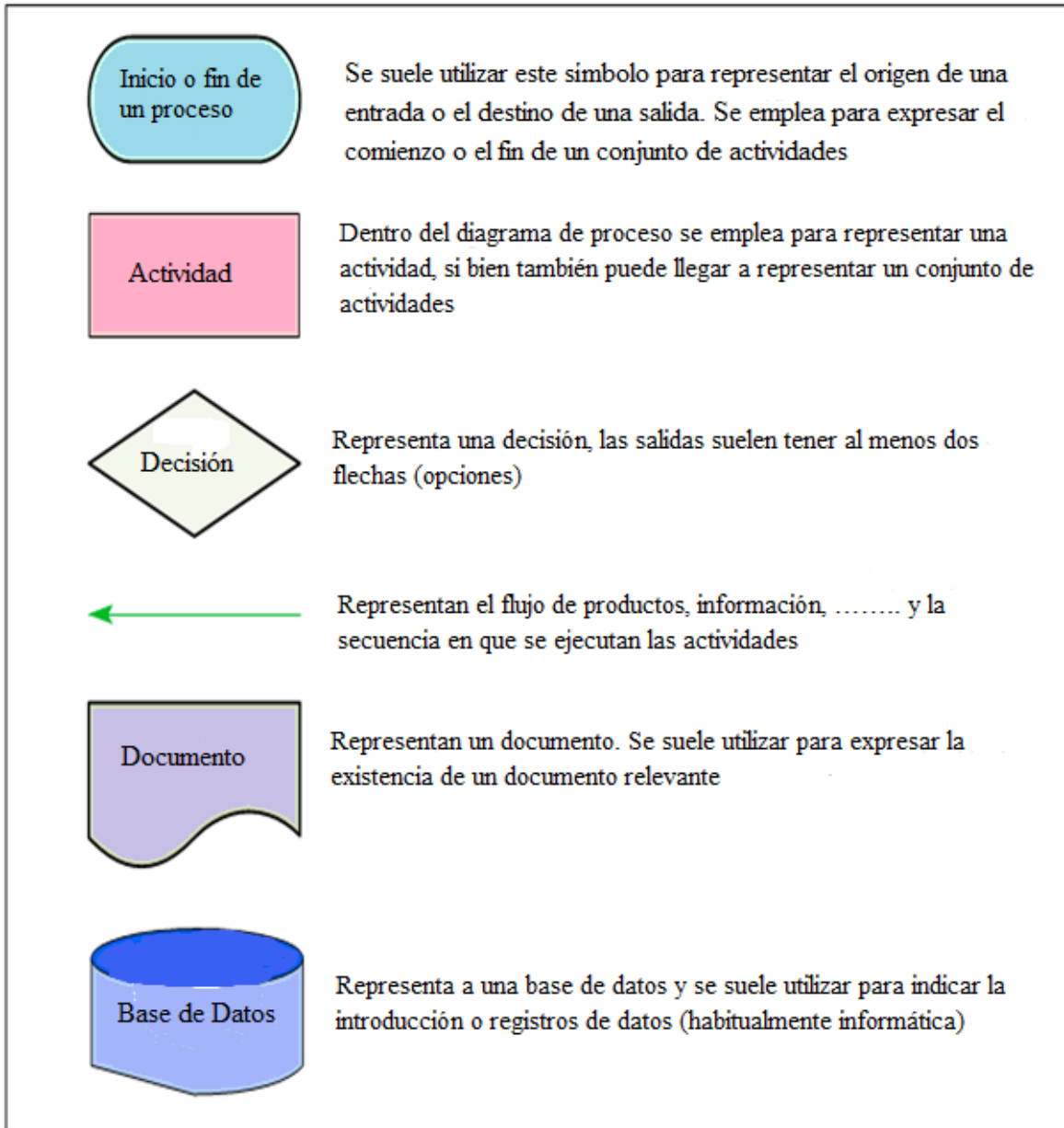


Figura 2.2. Simbología del diagrama de flujo. Fuente: Negrín Sosa, (2008).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^k X_i}{k} \quad (2.3)$$

k: cantidad de datos tomados del proceso.

Para el análisis de la variabilidad del proceso se utiliza el GC de R_m , en las Expresiones de la 2.4 a 2.6, se presentan las fórmulas de cálculo, que realizan en una hoja de Excel.

$$LCS = \overline{Rm}D_4; LCI = \overline{Rm}D_3 \quad (2.4)$$

$$\overline{Rm} = \frac{\sum_{j=1}^{k-1} R_{mj}}{k-1} \quad (2.5)$$

Donde

$$R_{mj} = X_{m\acute{a}x} - X_{m\acute{i}n} \quad (2.6)$$

El análisis del estado de control estadístico del proceso, a partir de los gráficos se realiza según los criterios referenciados en (Pons, 2002) de esta forma, se establece la distinción entre la presencia de causas aleatorias y sistemáticas de variación como guía de actuación en la toma de acciones correctivas.

El cálculo de la capacidad de proceso se realiza por las expresiones de cálculo de la Tabla 2.1. Se incorpora el índice de capacidad de Taguchi (Expresión 2.7) por la necesidad de evaluar la reducción de variabilidad en torno al valor nominal (N). Los resultados se comparan con los valores de la Tabla 2.2, recomendados por Montgomery 1991, como límites mínimos para especificaciones bilaterales C_p , C_{pk} y $C_{pm} \geq 1,50$, y unilaterales C_{pi} , C_{ps} y $C_{pm} \geq 1,45$, en procesos con parámetros de seguridad, como lo es el proceso en estudio donde se elabora un producto alimenticio. (E. Paladini Pacheco, Gómez Avilés, Rangel Broche, & Castellanos Gómez, 2015).

Tabla 2.1 Expresiones de cálculo para indicadores de capacidad de proceso

Proceso centrado en su valor nominal	Proceso no centrado en su valor nominal	Límites mínimo de evaluación
$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$	$C_{pk} = \min (S_1/3\sigma; S_2/3\sigma)$	1) Proceso incapaz: $C_p < 1$; 2) Proceso aceptable: $1 \leq C_p \leq 1,33$ y 3) Proceso capaz: $C_p \geq 1,33$.
$C_p = \frac{\mu - LIE}{3\sigma};$ $C_p = \frac{LSE - \mu}{3\sigma}$	$S_1 = LSE - \overline{X}; S_2 = \overline{X} - LIE$	1) Proceso incapaz: $C_{pk} < 1$; 2) Proceso aceptable: $1 \leq C_{pk} \leq 1,33$ y 3) Proceso capaz: $C_{pk} \geq 1,33$.

Fuente:(Paladini et al., 2019)

$$C_{pm} = \frac{LSE - LSL}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}} \quad (2.7)$$

Donde: μ : Valor medio; N: valor nominal; σ^2 : varianza; σ : Desviación estándar de la característica.

Tabla 2.2. Valores recomendados de los índices de capacidad de proceso

Proceso	LES; LEI: Límite Especificación Superior e Inferior	
	Especificaciones bilaterales (LES y LEI)	Especificaciones unilaterales (LES o LEI)
Existente	1,33	1,25
Nuevo	1,50	1,45
Existente con parámetros de seguridad	1,50	1,45
Nuevo con parámetros de seguridad	1,67	1,60

Fuente:(E. Paladini Pacheco et al., 2015).

2.3 Etapa II. Evaluación de los fallos y efectos en la cadena de frío

En esta investigación la aplicación del método AMFE en los componentes asociados a la fabricación de hielo en escama, brinden la posibilidad de corregir o prevenir los fallos garantizando la fiabilidad, seguridad y cumplimientos de los parámetros establecidos por las normas.

Análisis y documentación de la cadena de frío

La norma AS9100C define riesgo como “Una situación o circunstancia indeseable que tiene tanto una probabilidad de ocurrir como una consecuencia potencialmente negativa”. (Integra.cimav.edu.mx. Norma para la industria aeroespacial 2004)

En la ISO 31000, se define como “Efecto de la incertidumbre sobre los objetivos”, entendiéndose el efecto como una desviación de aquello que se espera, sea positivo, negativo o ambos, la incertidumbre como el estado, incluso parcial, de deficiencia de información relacionada con la comprensión o el conocimiento de un evento, su consecuencia o probabilidad y los objetivos. (isotools.org. enfoque a la definición de riesgo 2021)

Se establecen diferentes actitudes frente al riesgo, clasificadas en tres categorías:

- inclinación hacia riesgo: grado de incertidumbre que se está dispuesto a aceptar;

- tolerancia al riesgo: grado de riesgo que se podría resistir y
- umbral de riesgo: definición del parámetro a partir del cual se aceptará el riesgo.

Con este enfoque se realiza la evaluación de los riesgos del proceso objeto de estudio, o que implica la selección de una respuesta diferente dependiendo del riesgo. Cada causa potencial de riesgo debe ser considerada por su efecto en el producto y proceso, y según este riesgo, implementar las acciones, y una vez completadas se revisan los riesgos.

2.3.1 Identificación de fallas potenciales en la cadena de frío

Las fallas de mayor peso que provocan la ruptura de la cadena de frío son los mantenimientos inapropiados de los equipos, equipos obsoletos que intervienen en la cadena de frío, monitoreo inadecuados y la deficiencia en el nivel de información del personal responsable conllevan a una alta ocurrencia de fallos dentro de la conservación de la materia prima. Como plantean Luo, Zeng, Guo y Yang (2014), existen razones de modos de falla que condicionan la variabilidad, por lo que se puede estructurar la estrecha relación entre variación y razones (causas). Para estos estudios, el **Análisis Modal de Fallos y sus Efectos (AMFE)**. Como herramienta de análisis, permite simular el comportamiento del proceso, y documentarlo (Figura 2.3) Se identifican, evalúan y prevén los posibles fallos y efectos que pueden aparecer en la cadena de frío del proceso de maquila del camarón. (Besterfield, 2009).

Descripción de los pasos del procedimiento AMFE

Paso 1. Selección del grupo de trabajo

Se trabaja con el grupo de expertos seleccionados en la Etapa I.

Paso 2. Establecer el tipo de AMFE a realizar, su objeto y límite

Se define de forma precisa el proceso objeto de estudio y se delimita el campo de aplicación del AMFE (en este caso la Cadena de frío). Se elabora el diagrama de flujo de este proceso según las pautas definidas en la Etapa I, para el proceso en general.

En el diagrama de flujo para el análisis del proceso. Se identifican etapas, detallan operaciones, condiciones tecnológicas, equipos empleados y esquemas de control; todo ello con el reconocimiento de las características del diseño original del proceso. En el proceso de análisis se responden las preguntas siguientes: ¿Cómo trabaja el

proceso?; ¿Qué se supone que debe lograr? Y ¿Cuál es la forma de llevar a cabo el proceso?

Paso 3. Establecer las prestaciones o funciones del proceso

Es necesario conocer las funciones del proceso seleccionado para identificar, sin dificultad los modos de fallos potenciales.

Paso 4. Determinar los modos potenciales de fallo

Para cada función definida en el paso anterior se identifican todos los posibles modos de fallo, a partir de:

- AMFE anteriores
- Estudios de fiabilidad
- Reclamaciones de los clientes (cliente- proveedor interno)
- Criterios de los expertos

Paso 5. Determinar los efectos potenciales de fallo

Para cada modo potencial de fallo se identificarán todas las posibles consecuencias que éstos pueden implicar para el cliente (la próxima etapa del proceso).

Paso 6. Determinar las causas potenciales de fallo

Para cada modo de fallo se identifican todas las posibles causas directas o indirectas. Se pueden utilizar diagramas Causa-Efecto y de Relaciones

Paso 7. Identificar sistemas de control actuales

En este paso se identifican los controles diseñados para prevenir las posibles causas del fallo, o para detectar el modo de fallo resultante.

Paso 8. Determinar los índices de evaluación para cada modo de fallo

El método propone tres índices de evaluación:

Severidad

Determinar todos los modos de fallos basados en los requerimientos funcionales y sus efectos Ejemplos de modos de fallos son: cortocircuitos eléctricos, corrosiones o deformaciones. Es importante apuntar que un fallo en un componente puede llevar a un fallo en otro componen modo de fallos, debe ser listado en términos técnicos y por función. Así, el efecto final de cada modo de fallo debe tenerse en cuenta. Un efecto de fallo se define como el resultado de un modo de fallo en la función del sistema percibida

por el usuario. Por lo tanto, es necesario dejar constancia por escrito de estos efectos tal como los verá o experimentará el usuario.

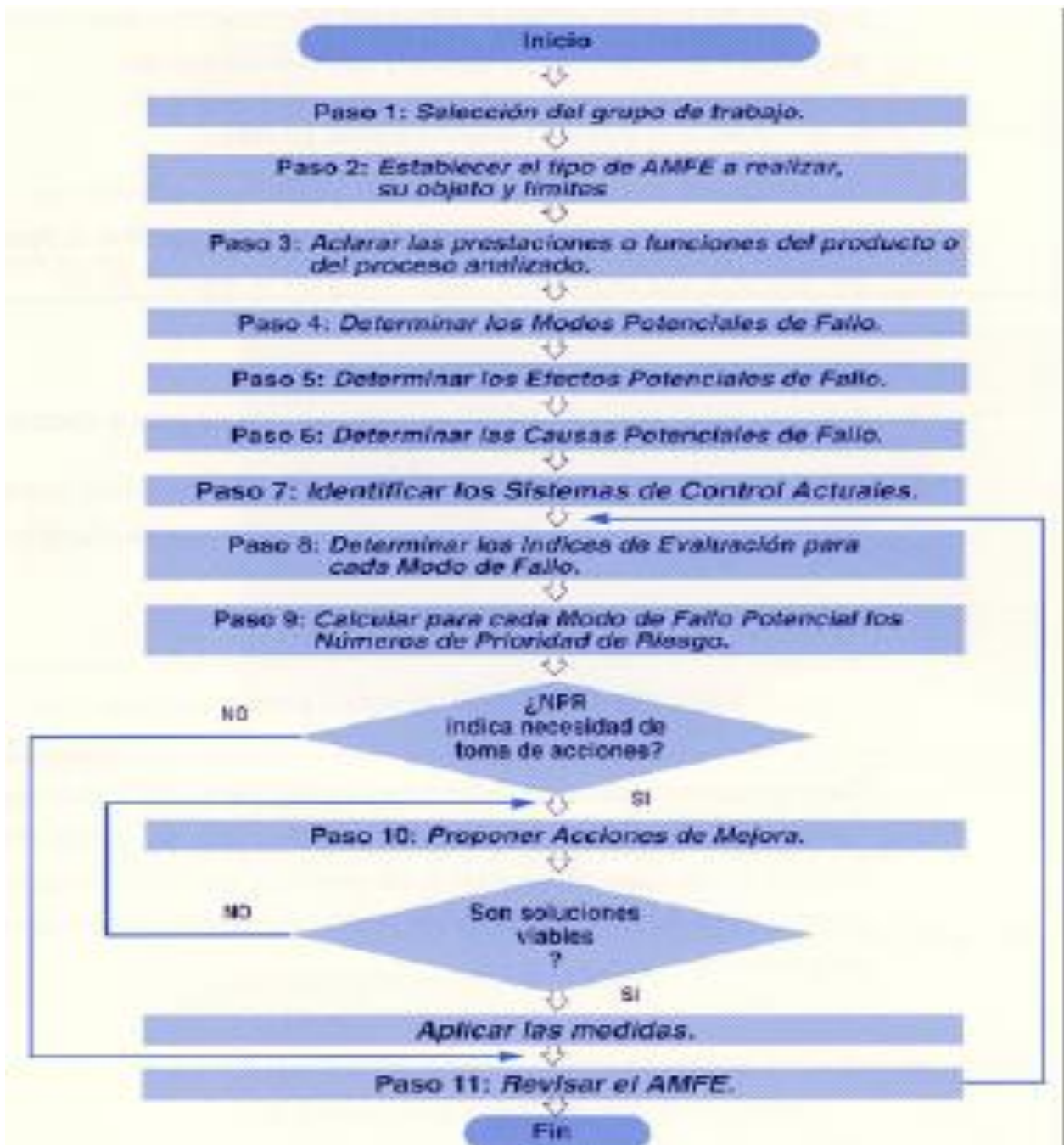


Figura 2.3 Procedimiento para el AMFE. Fuente: Fernández Hatre, 2005

Ejemplos de efectos de fallos son: rendimiento bajo, ruido y daños a un usuario. Cada efecto recibe un número de severidad (S) que van desde el 1 (sin peligro) a 10 (crítico). Estos números ayudarán a los ingenieros a priorizar los modos de fallo y sus efectos. Si

la severidad de un efecto tiene un grado 9 o 10, se debe considerar cambiar el diseño eliminando el modo de fallo o protegiendo al usuario de su efecto. Un grado 9 o 10 está reservado para aquellos efectos que causarían daño al usuario.

Ocurrencia

En este paso es necesario observar la causa del fallo y determinar con qué frecuencia ocurre. Esto puede lograrse mediante la observación de productos o procesos similares y la documentación de sus fallos. La causa de un fallo está vista como un punto débil del diseño. Todas las causas potenciales de modo de fallos deben ser identificadas y documentadas utilizando terminología técnica. Ejemplos de causas son: algoritmos erróneos, voltaje excesivo o condiciones de funcionamiento inadecuadas.

Un modo de fallos recibe un número de probabilidad (O) que puede ir del 1 al 10. Las acciones deben ser desarrollarse si la incidencia es alta (> 9 para fallos no relacionados con la seguridad y >1 cuando el número de severidad del paso 1 es de 9 o 10). Este paso se conoce como el desarrollo detallado del proceso del AMFE. La incidencia puede ser definida también como un porcentaje. Si un problema no relacionado con la seguridad tiene una incidencia de menos del 1% se le puede dar una cifra de 1; dependiendo del producto y las especificaciones de usuario.

Detección

Cuando las acciones adecuadas se han determinado, es necesario comprobar su eficiencia y realizar una verificación del diseño. Debe seleccionarse el método de inspección adecuado. En primer lugar, un ingeniero debe observar los controles actuales del sistema que impidan los modos de fallos o bien que lo detecten antes de que alcance al consumidor.

Posteriormente deben identificarse técnicas de testeo, análisis y monitorización que hayan sido utilizadas en sistemas similares para detectar fallos. De estos controles, un ingeniero puede conocer qué posibilidad hay de que ocurran fallos y como detectarlos. Cada combinación de los dos pasos anteriores recibe un número de detección (D). Este número representa la capacidad de los test planificados y las inspecciones de eliminar los defectos y detectar modos de fallos.

Con estos tres elementos básicos se calculan los números de prioridad del riesgo (RPN).

2.3.2 Prioridad de los equipos por el Número de Prioridad de Riesgo (NPR)

Paso 9. Calcular para cada modo de fallo potencial los (NPR)

Para cada modo de fallo potencial de cada uno de los modos de fallo potenciales, se calcula el número de prioridad de riesgo, a partir de los índices de Gravedad (G), de Ocurrencia (O) y de Detección (D) correspondientes (Expresión 2.8).

$$NPR = G * O * D \quad (2.8)$$

El valor resultante oscila entre 1 y 1000, donde 1000 es el mayor potencial de riesgo. NPR >100, significa que es prioritario el fallo, elección que significa dar prioridad a los "pocos importantes", y considerar a los calificados con NPR ≤ 100, no suponen un grave deterioro de la calidad.

2.3.3 Recopilación de datos para la descripción de patrones de fallos

La "Cadena de Frío" es el proceso de conservación, manejo y distribución de productos perecederos. La finalidad de este proceso es asegurar que las materias primas sean conservadas en todo el proceso industrial y en la transportación, dentro de rangos de temperatura establecidos, actividad de control realizada corresponde al personal responsable durante todo su proceso.

Los patrones de fallo, conforme ha evolucionado el mantenimiento, en el diseño de los equipos se han incorporado una serie de patrones estadísticos de falla que caracterizan la vida útil de los componentes diseñados y ensamblados en las máquinas cuando éstas trabajan en condiciones operativas previamente conocidas.

Paso 10. Proponer acciones de mejora

A los modos de fallo crítico los NPR > 100, les corresponden acciones de mejora para su reducción. Se definen los responsables y las fechas límites. A partir de la ejecución de las acciones se establece la forma de operar del proceso para los nuevos NPR que se recalculan.

En este paso se **recopilan los datos** correspondientes a los equipos que resultan prioritarios según el NPR, para la descripción de los patrones de fallo.

Paso 11. Revisar el AMFE

El AMFE se revisa de forma periódica en la fecha establecida, y se evalúa la eficacia de las acciones de mejora. En esta investigación los equipos con NPR > 100, resultan los

que definen la disponibilidad técnica del proceso y por tanto los que mayor incidencia tienen en la variabilidad.

2.4 Etapa III. Descripción de los patrones de fallo

Para su análisis de los patrones de fallos se requiere de los datos que permitan determinar el flujo de fallo (W_t) (Expresión 2.9) de los equipos de la cadena de frío, de los cuales se desconoce la distribución que los caracterizan.

$$w(t) = \frac{n(\Delta t)}{n_t \cdot \Delta t} \quad (2.9)$$

Donde

$n(\Delta t)$: cantidad de artículos que fallaron en Δt

n_t : cantidad promedio de artículos que trabajan al inicio y al final de Δt , donde:

$$n(t) = \frac{n_i + n_f}{2}$$

Patrones de fallo característicos para la cadena de frío

La vigilancia de la cadena de frío para evitar desperdicios innecesarios es una de las principales actividades a realizar para garantizar la conservación de los productos. Existen diferentes parámetros que deben ser medidos y controlados, desde la temperatura de las cámaras frigoríficas y los productos almacenados hasta factores que indican el estado en que operan los equipos de enfriamiento. La temperatura, las fugas de refrigerantes, las operaciones inadecuadas de los compresores y el consumo energético son los que originan los mayores fallos que provocan la ruptura de la cadena de frío. James, S.J., *The food cold chain and climate change*, Food Research International (2010). Los patrones en función de la intensidad o flujo de fallo en el tiempo se caracterizan por presentar:

- constante o gradual incremento de la probabilidad de fallo, seguido de una pronunciada región de desgastes y por tanto una edad límite
- gradual incremento de la probabilidad de fallo, pero no se identifica una zona de deterioro
- baja probabilidad de fallo cuando el componente es nuevo, seguido de un rápido incremento a un nivel constante

- probabilidad de fallo constante en todas las edades (función de supervivencia exponencial).
- mortalidad infantil, seguido por un constante o muy bajo incremento de la probabilidad de fallo

En la Figura 2.4, se presentan los seis Patrones de Falla típicos. Estos patrones son identificados como tipo A, B, C, D, E y F, y sus principales características relacionadas con el diseño y la confiabilidad, se detallan a continuación, con el propósito de identificar los que mejor describan a los equipos de la cadena de frío. El conocimiento que se logró de la “mortalidad infantil”, durante la segunda generación, permitió a los investigadores diseñar una nueva “curva de la bañera”, mientras que en la tercera generación comprobaron que en la práctica ocurren seis comportamientos de falla diferentes (seis patrones), que han influido directamente en las políticas y estrategias de mantenimiento desarrolladas e implementadas durante más de 50 años.

Patrón A, o curva de la bañera, se caracteriza por tener una combinación de dos o más patrones de falla diferentes: el primero de ellos, al inicio de la curva en la zona denominada “mortalidad infantil” presenta alta tendencia a las fallas, seguida de una segunda zona central con probabilidad condicional de falla constante o gradual (fallas aleatorias), y finalmente presenta una tercera zona de desgaste acelerada típicamente de fatiga que la hace propicia para realizar los (mantenimientos detallados generales) o para el reemplazo de componentes a intervalos definidos.

Patrón B, es un modelo válido para equipos simples y algunos complejos donde se logre determinar con cierta precisión los “modos de falla típicos” normalmente asociados con fallas de fatiga, corrosión, abrasión, y evaporación entre otras. En la zona inicial, su función de distribución de probabilidad condicional de falla es constante o de poca variación (pendiente baja), por lo cual presenta pocas fallas prematuras durante este período de vida útil, y finaliza con una zona de desgaste similar al patrón A. La función de distribución de probabilidad característica es la normal.

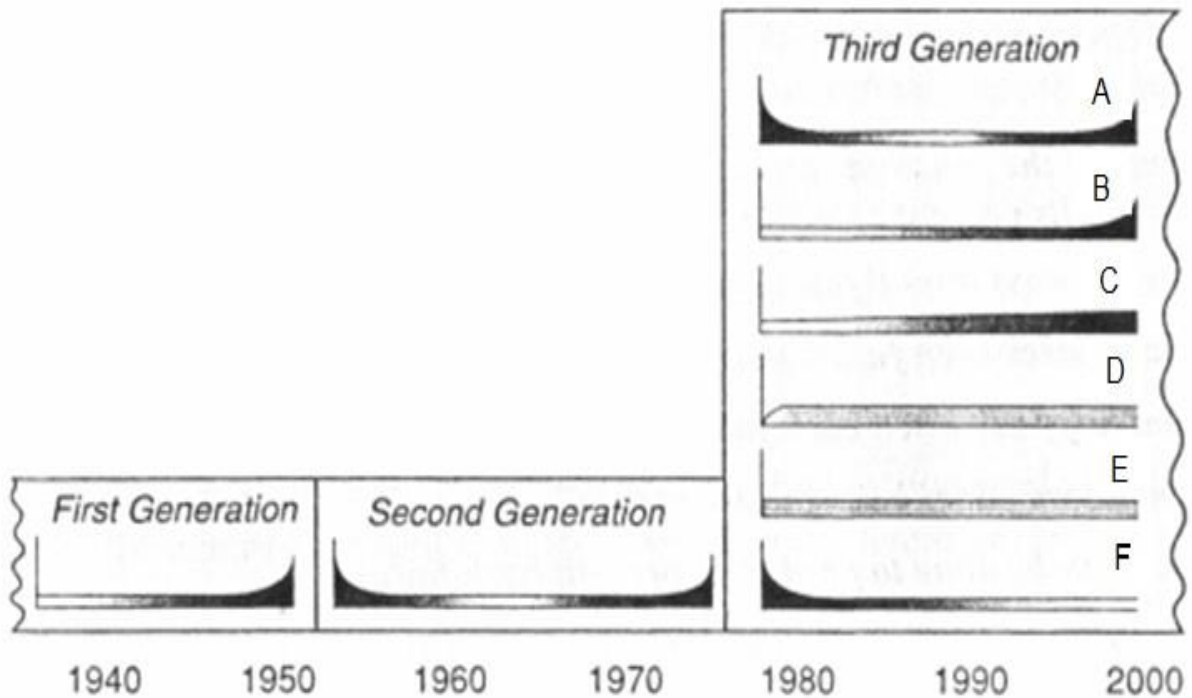


Figura 2.4: Seis patrones de falla estadísticos que caracterizan los diseños de los equipos actuales. Fuente: [Aladon, 1999, p3].

Patrón C muestra una probabilidad condicional de falla que crece lentamente durante todo el tiempo de operación, razón por la cual no tiene definido claramente un límite de edad para el desgaste, como en el caso de los patrones A y B. La falla típica en los componentes diseñados con este patrón es la fatiga causada por esfuerzos cíclicos, y su comportamiento está determinado con gran precisión por las curvas (Esfuerzos-Ciclos de operación) para fatiga de cada componente.

Patrón D, presenta una baja probabilidad condicional de falla cuando el equipo nuevo inicia su proceso de operación, seguido de un crecimiento rápido hasta un valor constante donde no se le identifica un límite de edad de desgaste. Su función de distribución de falla está asociada con la distribución de Weibull cuando el parámetro de forma (β), es ($1 < \beta < 2$).

Patrón E, muestra una probabilidad condicional de falla que es constante durante toda la vida de servicio lo que indica que las fallas de los componentes diseñados con este

patrón tienen un comportamiento aleatorio y la función de distribución que rige este modelo es una distribución Exponencial. El comportamiento de estos elementos puede predecirse por las curvas típicas de falla (Fallas potenciales y Fallas funcionales). En la Figura 2.5, se presenta una curva P-F para el caso de un rodamiento de bolas en el que una Falla funcional (deja el equipo fuera de servicio) es precedida por múltiples fallas potenciales (P_1, P_2, P_3, P_4) que requieren niveles de atención diferentes. En estos casos donde se está presentando un proceso de deterioro acelerado de un componente y/o equipo se recomienda un monitoreo continuo de la condición, ya que en cada intervalo (Fallas potenciales y Fallas funcionales), las técnicas y los costos asociados a la inspección son diferentes ya que están asociados a problemas también diferentes.

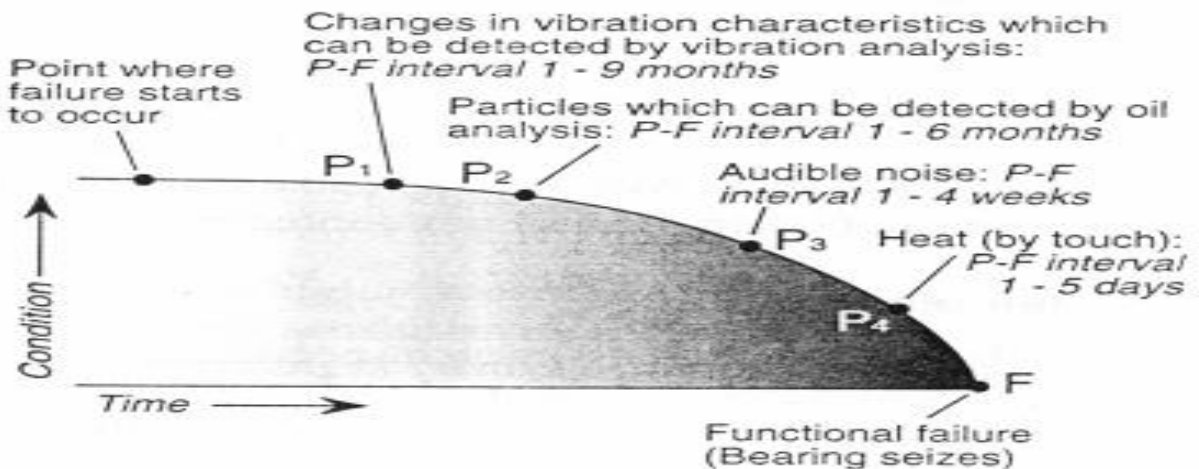


Figura 2.5. Diferentes fallas potenciales que pueden preceder una falla funcional en un rodamiento de bolas. Fuente: Moubray, (1997), p154.

Patrón F, es el más común, presenta una zona inicial de alta mortalidad infantil que cae rápidamente a otra zona con una probabilidad condicional de falla constante o que se incrementa lentamente con el tiempo de operación y no tiene un límite claramente definido para la vida útil del componente y/o equipo durante el período de funcionamiento. Este patrón, junto con el **Patrón A** (curva de la bañera) que se considera un caso especial, también se caracteriza por que su probabilidad condicional de falla disminuye con el tiempo de funcionamiento después de pasar por la etapa crítica de mortalidad infantil, la cual según la Figura 2.6, se debe a varios factores:

- Diseño limitado, de un componente que tiende a fallar tan pronto como el equipo entra en operación. Normalmente se recurre a un rediseño del componente para evitar el efecto de esta causa sobre el sistema.
- Manufactura e instalación incorrectas, debido a una mala calidad por parte del fabricante o a un ensamble defectuoso, cuando se hace la instalación del equipo con problemas y se solucionan con el reemplazo de un componente defectuoso o reprocesado, en este caso se requiere implementar un sistema de calidad.
- Condicionamiento inapropiado, cuando el equipo es probado incorrectamente en fábrica o cuando opera en condiciones diferentes a las especificadas en el diseño. Esta situación se evita si se tiene conocimiento de las condiciones reales en la funcionará el equipo y se asegura de que se cumplan.
- Mantenimiento inadecuado, se manifiesta tanto por la falta del mantenimiento mínimo, como por el exceso, lo cual se evita simplemente realizando el mantenimiento que realmente requiera el equipo.
- Mala operación, que se evita siempre y cuando se dé el entrenamiento suficiente a los operarios responsables por la operación y mantenimiento del equipo.

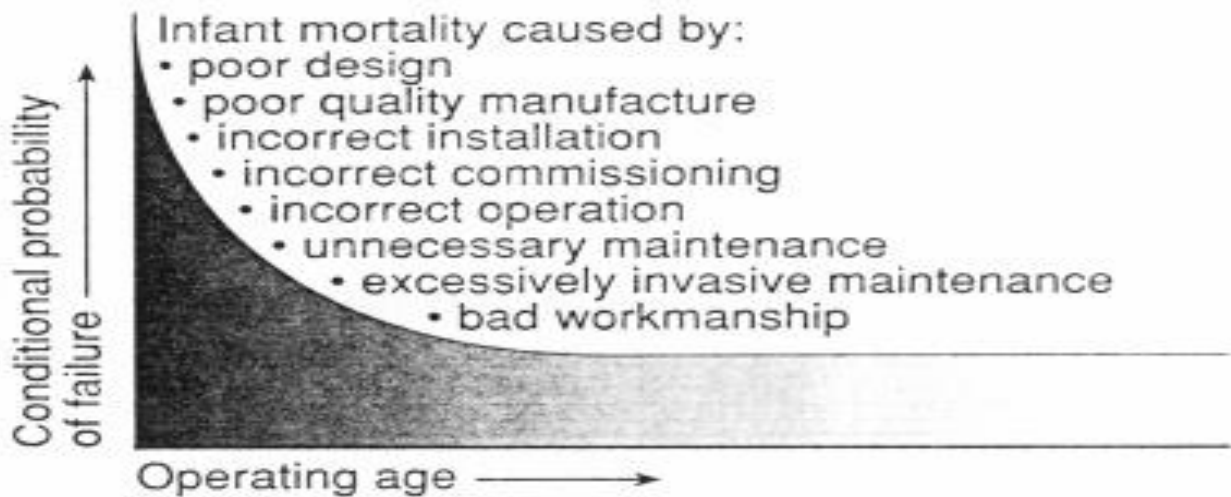


Figura 2.6: Descripción de las causas del fenómeno de mortalidad infantil encontradas en el patrón de fallas F . Fuente: Moubray, (1997), p 246.

En resumen, los **Patrones A, B y C** están asociados con fenómenos de fatiga, corrosión, oxidación, evaporación, abrasión y degradación de aislamientos, que pueden presentarse en los equipos y componentes siguientes: hornos, rotores de las bombas,

asientos de las válvulas, sellos, máquinas herramientas, tornillos transportadores, líneas de trituración y clasificación, superficies interiores de tuberías, moldes, troqueles entre otros.

También los equipos diseñados con los patrones D, E y F una vez haya transcurrido su período inicial de funcionamiento comienza a disminuir la relación existente entre la confiabilidad y la vida útil (edad), pero siempre se tiene identificado por lo menos un modo de falla característico, mientras que la probabilidad condicional de falla con la edad del equipo en condiciones previamente establecidas tiende a mantenerse constante.

Las nuevas investigaciones han modificado los criterios de ingeniería relacionados con la edad y las fallas de los equipos: “hay una menor relación entre la edad de operación (vida útil) de una instalación y/o equipo y la manera como ocurre una falla en este sistema”. Esta situación es propia de los equipos diseñados con Patrones de falla estadísticos tipo D, E y F, cuya característica principal es la presencia de fallas aleatorias.

2.4.1 Estimación de la disponibilidad técnica

La disponibilidad es función de dos parámetros (Expresión 2.10) de la frecuencia con la que se producen los fallos y de la velocidad con la que se los corrige. El tiempo de inactividad no programado de un equipo depende directamente de la rapidez para repararlo y restaurarlo y del tiempo utilizado para el soporte logístico necesario para realizar estas actividades. La definición normalizada de la disponibilidad se define como la capacidad de estar en un estado que pueda cumplir su función requerida en condiciones dadas y con los recursos necesarios (CEN, 2018) (Crespo, Moreu, & Sánchez, 2004)

Son índices complejos que se calculan en función de más de un índice simple.

Índices de disponibilidad operacional

$$D_0 = \frac{TMEF}{TMEF + TMI} \quad (2.10)$$

Donde:

TMEF: Tiempo Medio Entre Fallos.

TMI: Tiempo medio improductivo, incluye el tiempo activo de reparación (diagnóstico y reparación), tiempo de mantenimiento preventivo y el tiempo de espera para ser reparado

Índice de disponibilidad intrínseca (Expresión 2.11)

$$D_1 = \frac{TMEF}{TMEF + TMTR} \quad (2.11)$$

Donde:

TMTR: En este caso solo se tiene en cuenta el tiempo activo de reparación.

En esta investigación se considera afectada la disponibilidad técnica cuando se presenta una afectación en los requerimientos del parámetro temperatura que exige el proceso, e implica un incremento en la variabilidad y por tanto en los defectos que por esta causa se presentan.

Según Gallegos Londoño, C. M., Viscaíno Cuzco, M. A., & Sergio Raúl, S. R. (2020). Estudios de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad aplicados a grupos electrógenos, la disponibilidad se basa de acuerdo al diseño y objetivo con que fue construido. Lo ideal es que el equipo tenga un índice de disponibilidad intrínseca del 99,9%.

La significación de la incidencia en la variabilidad

Se analiza a través de las pérdidas del proceso productivo, consecuencia del comportamiento de la cadena de frío. El propósito de este análisis es documentar de forma cuantitativa y cualitativa, las causas y el efecto que sobre la variabilidad del proceso tiene el equipamiento instalado, para garantizar las exigencias relativas al mantenimiento de la temperatura en todo el proceso industrial de la maquila del camarón.

- Evaluación de los resultados a través del NPR
- Comparación de variables de calidad a través de los Gráficos de Control.
- Evaluación a través de la Función de Pérdida.

La Función de Pérdida de Taguchi (Paladini et al., 2019) (Expresión 2.12) se evalúa la incidencia económica de la variabilidad del parámetro temperatura en la variabilidad del proceso, a través de la característica de calidad evaluada en el producto.

$$L(y) = K(y - m)^2 \quad (2.12)$$

Donde:

$L(y)$: pérdida en términos monetarios provocados por los defectos;

y : valor observado de la característica de calidad;

m : valor meta de la característica;

K : coeficiente de costo (Expresión 2.13).

$$K = A/\Delta^2 \quad (2.13)$$

Donde:

A : Pérdida asociada con una unidad en el límite de especificación, se supone que la pérdida para una unidad en el valor meta y es cero;

Δ : Tolerancia de la característica.

Se valora cómo se garantiza la no repetición del efecto de variabilidad, provocado por las causas identificadas, a través del monitoreo del estado del proceso. Se documentan los procesos de mejora a través de:

- Manual de procedimientos estandarizados.
- Manual de instrucciones.
- Capacitación del personal en el nuevo proceso.
- Verificación del entrenamiento.

2.5 Conclusiones parciales

El procedimiento propuesto con la utilización de herramientas de ingeniería y gestión de la calidad provee de un instrumento para el estudio de la fiabilidad en equipos de la cadena de frío del proceso industrial del camarón, que aporta al conocimiento del estado del proceso y los efectos en la disponibilidad, la variabilidad y en consecuencia en los resultados productivos.

Capítulo 3: Aplicación del procedimiento para estimar la mejora en la disponibilidad técnica y la reducción de la variabilidad en el proceso industrial del camarón

3.1 Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo aplicar las etapas del procedimiento propuesto para el estudio de fiabilidad del equipamiento de la cadena de frío, a través del cual se facilita la evaluación de los patrones de fallo del equipamiento de la cadena de frío, como contribución a la mejora de la disponibilidad técnica y la reducción de la variabilidad en el proceso industrial del camarón.

3.2 Etapa 1. Caracterización del proceso de maquila de camarón

La Empresa Pesquera Industrial Sancti Spíritus (EPISAN), comercializa productos a los mercados cubanos y proporciona exportaciones a Europa y Asia, dependiendo de la calidad que se logre. Las principales producciones incluyen langosta, camarones silvestres y camarones de cultivo.

El presente estudio se centra en la producción de camarones, por ser el segundo renglón de exportación en Cuba por Caribex. Incluyen camarones salvajes o rosados (*P. notialis*), las cuales son capturadas en las aguas cristalinas del archipiélago cubano y reconocidas por su textura y sabor. Estos camarones se comercializan bajo la marca Reina del Caribe. Mientras el camarón de piscifactoría o patiblanco (*L. vannamei*) es un producto de gran importancia y uno de los renglones de desarrollo pesquero en el país. Se comercializa bajo las marcas Batabanó y Congas.

El aseguramiento de la calidad en el producto final de ambas especies las hace muy apreciadas y distinguidas entre los compradores más exigentes a nivel mundial. La industria objeto de estudio, tiene certificado por la ISO 9000:2015, el Sistema Integrado de Gestión de la Calidad. Además cuenta con el sistema de inocuidad de los alimentos, HACCP: (*Hazard Analysis Control Critical Point*).

El servicio de maquila del camarón representa más del 80% de los productos de exportación. La producción de camarón aumentó desde 2012 debido a las mejoras logradas en las instalaciones, la estabilidad y la preparación del personal técnico y productivo. La calidad del camarón y la capacidad de exportación dependen de

diferentes defectos, como muda, cabeza blanda (SH), cabeza roja (RH), necrosis (Nec) o dañado y roto (Dam and Broken)

Formación del equipo de trabajo

Se decide trabajar con siete expertos, obtenidos por el modelo Binomial (Expresión 2.1), a partir de un nivel de precisión deseado ($i=0,1$); nivel de confianza ($(1-\alpha)=0,99$, para un $K= 6,6564$; proporción estimada de errores de los expertos ($p=0,01$). En la Tabla 3.1, se resumen los datos de todos los expertos considerados para la selección, con los correspondientes Coeficiente de: Conocimiento (K_c); Argumentación (K_a) y Competencia (K) (Se marcan los seleccionados con un *). (Ver Anexo 2)

Tabla 3.1. Datos de coeficientes (K_c , K_a , K) de los expertos a seleccionar

Código del Experto	K_c	K_a	K
1(*)	0,7	0,8	0,75
2(*)	0,8	0,9	0,85
3	0,2	0,64	0,42
4(*)	0,9	0,88	0,89
5	0,6	0,8	0,7
6(*)	0,8	0,84	0,82
7	0,5	0,7	0,6
8	0,3	0,6	0,45
9(*)	1	1	1
10	0,5	0,66	0,58
11	0,7	0,6	0,65
12(*)	0,8	0,98	0,89
13	0,4	0,62	0,51
14(*)	0,9	0,98	0,94

Fuente: Elaborado a partir de Hurtado de Mendoza (2003).

Se seleccionan los de mayor coeficiente de competencia. Conforman el equipo de trabajo los especialistas en: Calidad; Recursos Humanos; Gestión económica; Refrigeración; Jefe de Planta de Hielo; Profesor de la Universidad y Veterinario. Los expertos solo poseen conocimientos generales sobre la fiabilidad en equipos de la cadena de frío del proceso industrial del camarón, por lo que es necesaria una

preparación inicial, con herramientas y técnicas relacionadas con el tema, mostrando las ventajas que tienen para facilitar su trabajo, además se explican las etapas del procedimiento y se pide su opinión sobre la aplicación del mismo, obteniendo su consentimiento al respecto. Con esta preparación se procede entonces a una familiarización con la situación actual de la empresa en el contexto del estudio a realizar.

Descripción del flujo del proceso

El camarón entero refrigerado se presenta en cajas plásticas limpias a razón de 20 Kg por cajas, nevadas de tal forma que garantice de 0°C a 5°C en el centro térmico del camarón producto.

El camarón para el proceso de maquila (Figura 3.1), se inicia con el vertido en el tanque de recepción de la máquina clasificadora que, contiene agua helada a una temperatura de 0°C a 2°C. En este depósito de recepción, los objetos extraños como palos, piedra, entre otros, irán al fondo, siendo eliminados para evitar descalibración en los rodillos de la máquina. Por la estera transportadora automáticamente se trasladan los camarones para realizar una segunda selección, donde los operarios separan los camarones dañados y objetos extraños que pudieran quedar.

El camarón apto para el proceso continúa por la estera de selección depositándose en el tanque de amortiguamiento que contiene agua helada garantizando la correcta temperatura de conservación en el centro térmico con un límite de Especificación Superior (LES=2°C) de la materia prima. A través de una banda elevadora, pasan a la clasificadora por tallas, según diferentes embudos. Durante este proceso la materia prima es rociada con agua helada entre (0-2°C) para evitar que exista variaciones en la temperatura desfavorable para el producto.

Los camarones clasificados que continúan el proceso continuarán por una estera hasta el final de la misma para su envasado. Una vez embolsados se pesará cada envase de forma individual y se colocarán en las bandejas del carro bandejero donde serán transportados de inmediato a la congelación o conservación del producto. (NC 115: 2014 Camarón Especificaciones”) (DCT 81C 02-06-08-3. Procedimientos operacionales de trabajo para el procesamiento industrial mecanizado y manual del camarón.)- (NC-469: 2006. Pescados, mariscos y sus productos derivados- términos y definiciones)

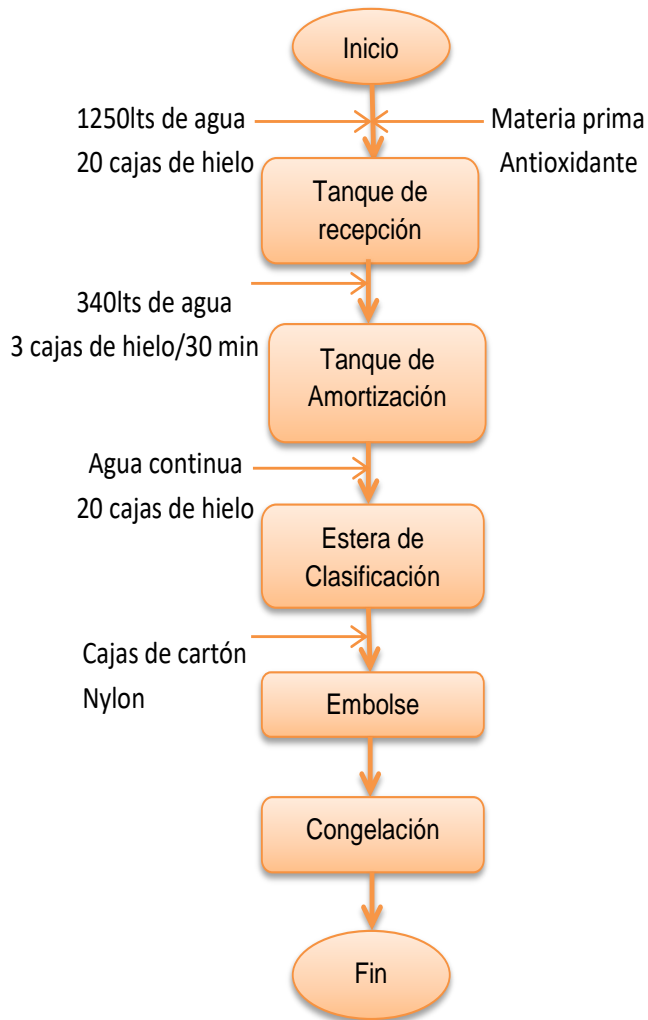


Figura 3.1. Diagrama de flujo de la maquila del camarón. Fuente: Documentación del proceso.

3.2.1 Estado de control en variables clave

La variable clave, temperatura del proceso de maquila del camarón, incidir de forma directa en el defecto Cabeza Roja que, representa del 3 al 4% de las pérdidas en este proceso. Constituye un problema crónico que puede ser solucionado con una efectiva operación de la cadena de frío. Por esta razón se monitorea la temperatura desde una etapa temprana del proceso. En la Figura 3.2, se muestra el comportamiento de esta en un mes de verano (julio), con altas temperaturas.

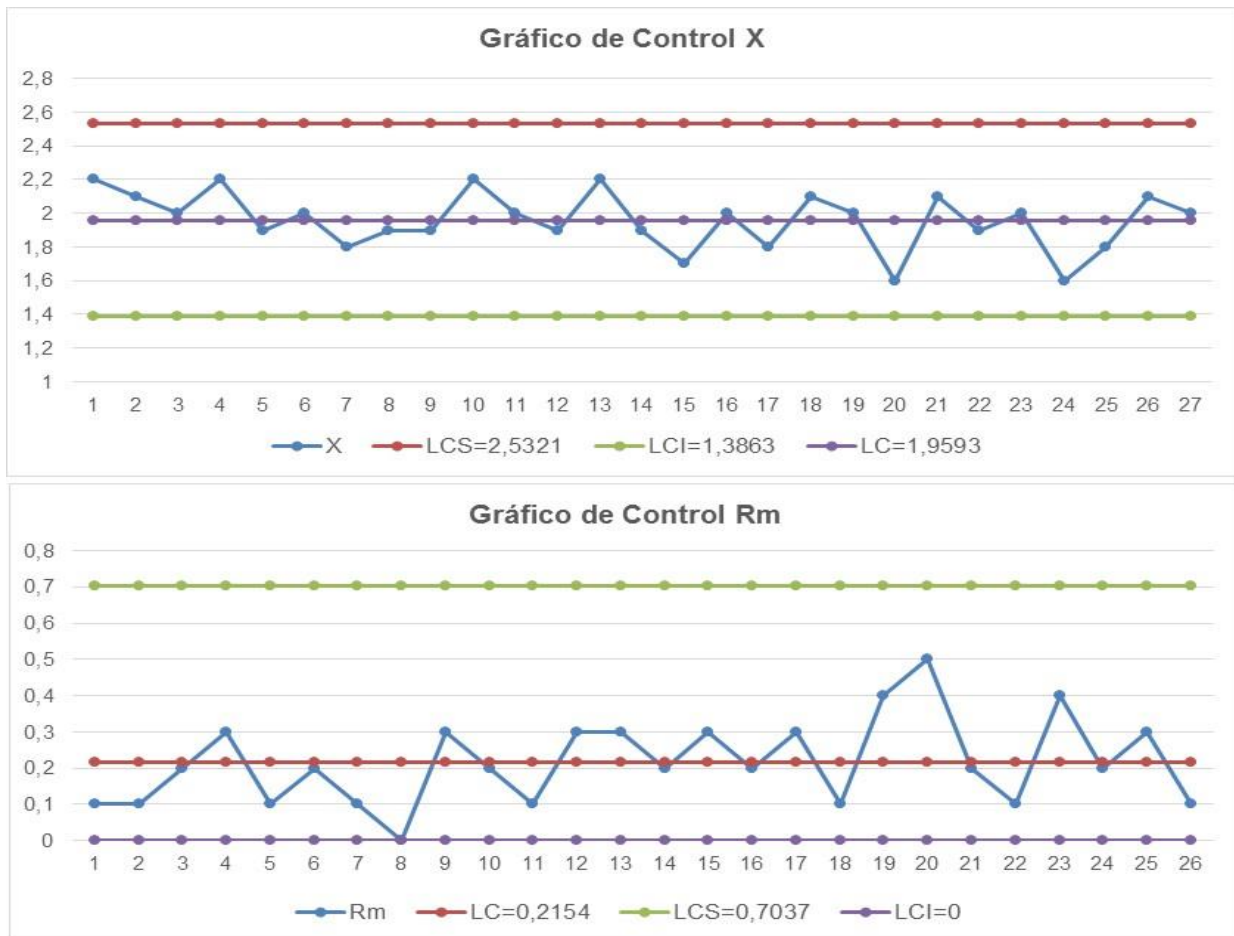


Figura 3.2. Gráfico de Control X- Rm. Temperatura en el tanque de recepción (julio-2022). Fuente: Elaboración propia.

El GC X, exhibe un alto valor de la Línea Central (LC), aproximadamente igual $LES= 2$ °C) y una tendencia a mantener un patrón alrededor de esta línea; situación característica de una regulación externa (la mano del operario o inspector), que no permite al proceso manifestar su real comportamiento. Los Límites de Control Superior e Inferior (LCS- LCI) resultan excesivos para las exigencias de este tipo de producción. Todo lo anterior favorece la presencia del defecto Cabeza Roja, desde la primera etapa del proceso. Respecto al GC R_m , muestra una gran amplitud en los Límites de Control, con un comportamiento a partir de la observación 19 que muestra un incremento de la variabilidad.

Se completa la evaluación del estado y efectividad del proceso, con el cálculo del índice de capacidad del proceso. El valor de $C_p= 1,74 > 1,45$, límite mínimo definido por

Montgomery (Tabla 2.2) para especificaciones unilaterales, representa un proceso apto; sin embargo el $C_{pks} = 0,071$, implica un gran corrimiento hacia el LES, asociado como se valoró en el GC R_m a una amplia variabilidad, y así lo corrobora el $C_{pm} = 0,33$, por lo que se está en presencia de un proceso no apto para sumir los requisitos exigidos en la maquila del camarón, por la alta variabilidad que presenta.

3.3 Etapa II Evaluación de los fallos y efectos en la cadena de frío

Para proceder al análisis de las causas que inciden en la variabilidad del proceso, valorada a través de la temperatura del tanque de recepción, se elaboró Diagrama de flujo de la obtención del hielo Figura 3.3.

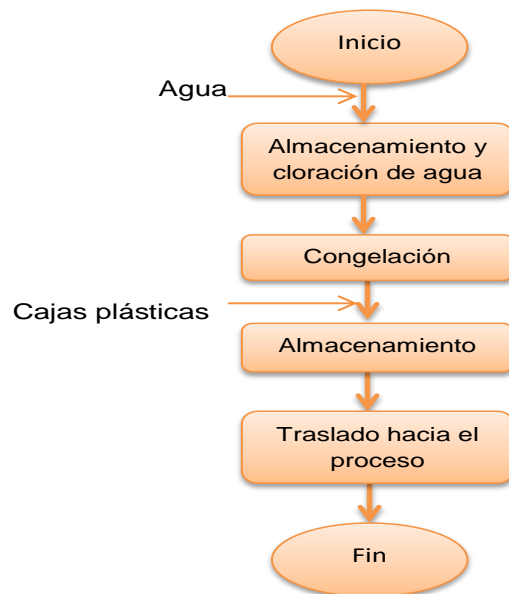


Figura 3.3 Diagrama de flujo del proceso de la obtención de hielo. Fuente: Documentación del proceso.

Para cualificar los elementos que permitan el análisis integral de las causas con efecto en la variabilidad, se obtuvo la Figura 3.4, donde clasifican los fallos del equipamiento que define uan la correcta conservación de la materia prima, que al perder el nivel de calidad exigido, disminuye de forma directa la capacidad exportadora de la industria.

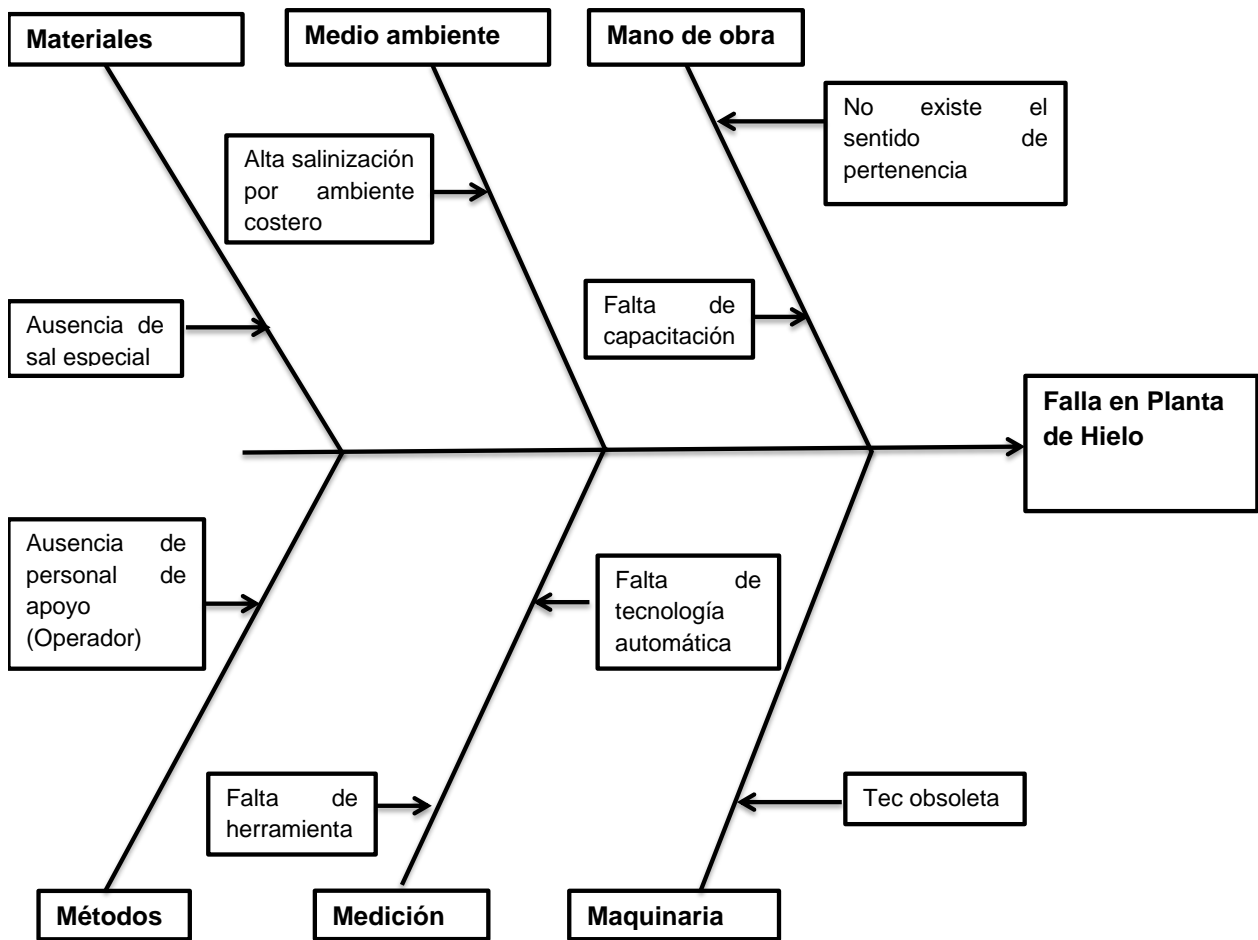


Figura 3.4: Causas que originan fallas en planta de hielo. Fuente: Elaboración propia.

3.3.1 Identificación de fallas potenciales en la cadena de frío

Debido al impacto en el límite de vida del producto y las pérdidas económicas asociadas, es importante gestionar las diferentes etapas del proceso de la industrial, a partir de la identificación de las fallas del equipamiento, que para esta investigación resultan determinantes. La Figura 3.5, muestra la incidencia en un 41,66% del trabajo de las cuchillas en los fallos que presenta la cadena de frío, que unido a la falla de compresores registran el 83,33% de los fallos que actualmente están provocando una alta variabilidad del proceso de servicio que presta la industria, como se analizó en la etapa anterior de este procedimiento.

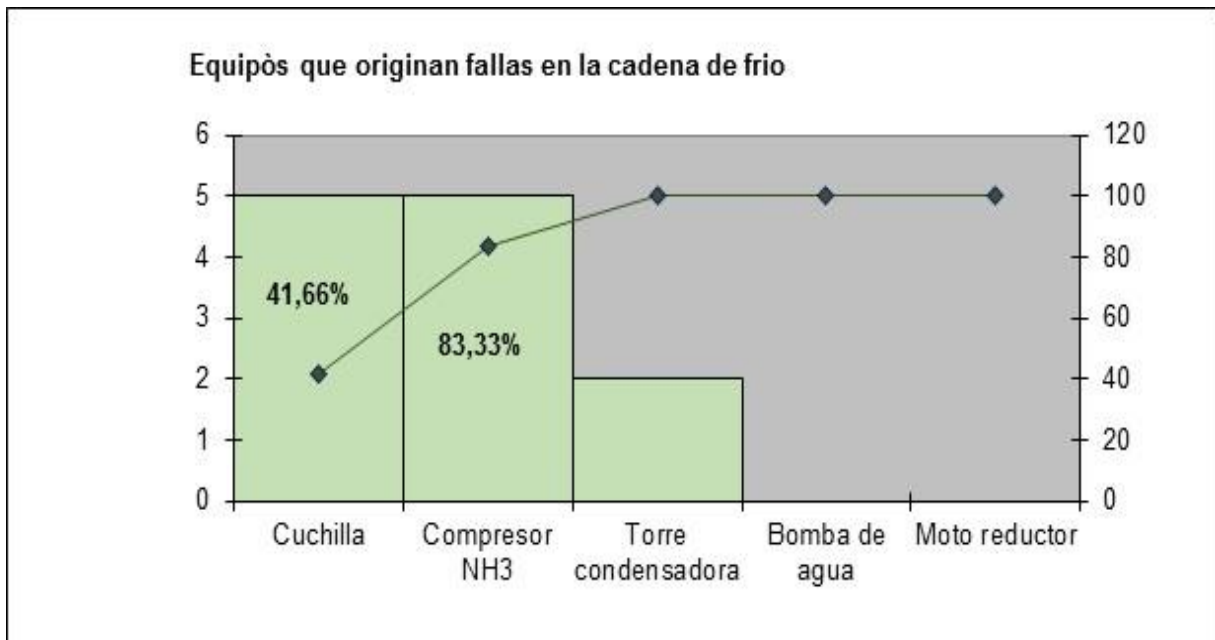


Figura 3.5. Identificación de fallas potenciales en la cadena de frío. Fuente. Elaboración propia.

3.3.2 Prioridad de los equipos por el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) con el desarrollo del AMFE de proceso en la cadena de frío

A partir del Diagrama de flujo (Figura 3.3) se desarrolla de conjunto con los expertos la simulación de los fallos de los equipos que conforman la cadena de frío. Del resultado de este trabajo se obtiene el AMFE. El NPR para los equipos de la cadena de frío obtenidos a partir de la Severidad, Ocurrencia y Detección de los modos de fallos se muestra en la Figura 3.6. La prioridad está definida a partir de los valores más altos de $NPR > 100$. Para el análisis de las acciones a realizar, se valoran las herramientas estadísticas que pueden favorecer la reducción de los riesgos presentes en el proceso que sugiere (Gutiérrez Pulido, 2009):

- D- Control estadístico de Proceso (en vez de muestreo)
- O- Diseño de Experimentos, uso de Gráficos de Control.
- S- Modificación del diseño, Selección de proveedores

La jerarquía de las fallas obtenidas con el NPR prioriza ítems críticos de cada modo de fallo. En la Tabla 3.2, se establece la relación de las causas, tipo de defecto ocasionado y el nivel de riesgo que significa en el proceso. (Ver anexo 3). Mientras la

Figura 3.6, muestra de acuerdo a los NPR, las causas de mayor prioridad a tener en cuenta para una reducción de los fallos y por tanto de la disponibilidad de los equipos.

AMFE de proyecto		AMFE de proceso							
		*							
Equipo: Planta de Hielo (PH)									
Operación o función	Fall o No	Fallos potenciales			Estado actual				
		Modo de fallo	Efecto	Causa del modo de fallo	Controles actuales	G	O	D	NP R
Abastecimiento de la PH	1	Rotura de la bomba de abasto de agua	Parada total de la PH	Deterioro del rodamiento del motor	Verificar motor	1	1	1	1
				Rotura del componente eléctrico	Medición de campos				
Traslada la cuchilla	2	Rotura del moto reductor	Deficiente corte de hielo	Mala calidad de los rodamientos	Verificar rodamientos	1	1	1	1
			Pérdida de eficiencia de la ph	falta de mantenimiento	Revisar plan de mtt				
			Parada de la ph	Rotura del componente eléctrico	Medir campos del motor				
Corta el hielo en escama	3	Falla en la cuchilla	Deficiente corte de hielo	Mala calidad de los rodamientos	Verificar rodamientos	9	10	6	540
			Pérdida de eficiencia de la ph	Falta de mantenimiento	Revisar plan de mtt	1	9	6	540
			parada de la ph			9	7	8	504
Comp el refrigerante a alta presión y temp	4	Falla de los compresores nh3	Elevación de la presión de cond	Sobre explotación del equipo	Verificar desgastes en comp	7	8	6	336
			Alta temp de succión	Rotura del componente eléctrico	Verificar válvulas	4	7	7	196
			Pérdida de eficiencia de la ph	Deficiente operación del equipo	Verificar parámetros	4	6	9	216
			Parada de la PH	Vibraciones	Verificar calzos y alineaciones	4	9	9	324
Condensa el refrigerante	5	Rotura de la torre condensadora	Elevación de la presión de cond	Parada del ventilador	Verificar componente eléctrico	6	4	7	168
				Parada de la bomba de agua	Verificar componente eléctrico				

Figura 3.6: Desarrollo del AMFE para la cadena de frio para la maquila del camarón.

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 3.2. Identificación de las causas, efectos que provocan y nivel de prioridad de acuerdo al Riesgo

Causas identificadas	Tipo de efecto	S	O	D	Riesgo
Vibración	Parada de la planta	4	9	9	Medio
Deficiente operación del equipo	Perdida de eficiencia	4	6	9	Medio
Sobre explotación del equipo	Elevación de la temperatura de condensación	7	8	6	Medio
Rotura del componente eléctrico	Temperatura succión elevada	4	7	7	Medio
Mala calidad de los rodamientos	Perdida de eficiencia	10	9	6	Alto
Falta de mantenimiento	Deficiente corte de hielo	9	10	6	Alto
	Parada de la planta	9	7	8	Alto
Parada del ventilador	Elevación de la temperatura de condensación	6	4	7	Medio
Parada de la bomba de agua		6	4	7	Medio
Programado	Alargamiento de la vida util de la planta	0	0	0	No existe falla

Fuente. Elaboración propia.

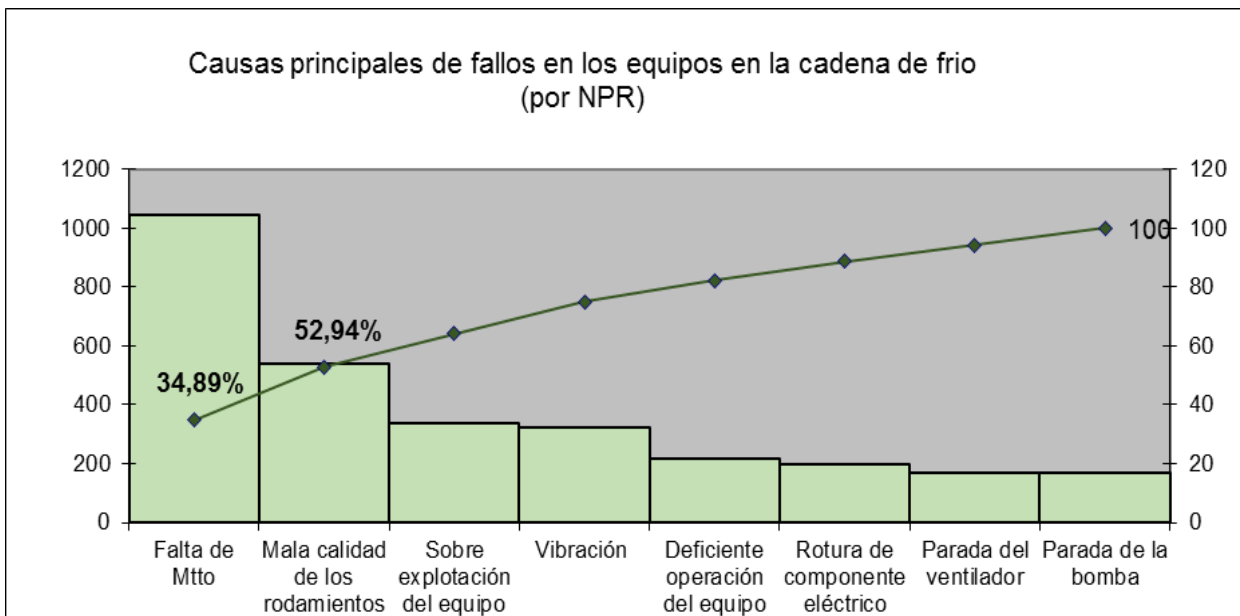


Figura 3.7: Causas prioritarias según el NPR. Fuente. Elaboración propia.

Esta valoración muestra que el 34,89% de los fallos se provocan por la organización del mantenimiento, a la cual, si se considera la calidad de los rodamientos que son adquiridos, estas causas representan entonces el 52,94% de la criticidad del proceso en cuanto a fallas. Ambas situaciones tienen incidencia directa en la disponibilidad del equipamiento de la cadena de frío, con alta severidad y ocurrencia, las acciones deben estar orientadas hacia un mejor diseño organizativo de la actividad de mantenimiento y de selección de los proveedores.

Los tres recursos fundamentales que inciden de forma directa o indirecta en los equipos encargados de mantener dentro de los rangos establecidos los productos durante todo su proceso y traslado son:

- el recurso humano que administra las acciones y manipula los equipos,
- el recurso material para el funcionamiento idóneo de las máquinas y
- el recurso financiero para asegurar la operatividad de todos los recursos.

3.3.3 Recopilación de datos para descripciones de los patrones de fallo

A partir de la información obtenida con el desarrollo del AMFE, se facilitó la toma de datos todo el año en curso de los equipos y componentes que intervienen en la conservación de la materia prima (ver Tabla 3.3). De esta forma se propone para la actividad de mantenimiento, la forma de organizar la base primaria de datos, que sustente las decisiones, basadas en un registro detallado de las ocurrencias de los fallos y los tiempos de duración, las causas y acciones que tienen asociadas los modos fallos, con el propósito de realizar una descripción de los patrones de fallos del equipamiento de la cadena de frío con datos cuantitativos, que actualmente no están disponibles.

3.4 Etapa III. Descripción de los patrones de fallo

En EPISAN, el envejecimiento de los equipos de refrigeración ante la corrosión, está presente con mucha relevancia por el ambiente marino que provoca salinidad y por tanto degradación importante de los equipos, (Ver Figura 3.8).

El patrón que más se evidencia en los equipos que intervienen en la conservación de la materia prima es el **Patrón A** en su etapa tres (envejecimiento) y se hacen evidente las fallas por fatiga, corrosión, abrasión, mostrando fatigas causada por esfuerzos cíclicos en varios componentes.

Tabla 3.3: Hoja de recopilación de datos para descripción de patrones de fallo

Fecha- hora parada	Modo de falla	Causa identificada	Tipo de efecto	Fecha-hora de reinicio
09/01/2022-1:00 pm	Compresor NH3	Vibración	Parada de la planta	12/01/2022-6:00 am
16/01/2022-11:00 am	Compresor NH3	Deficiente operación del equipo	Perdida de eficiencia	16/01/2022-4:00 pm
19/01/2022-4:00 pm	Falla en la cuchilla	Mala calidad de los rodamientos	Deficiente corte de hielo	20/01/2022-11:00 am
21/01/2022-8:00 am	Falla en la cuchilla	Mala calidad de los rodamientos	Parada de la planta	22/01/2022-3:40 pm
24/01/2022-2:00 pm	Compresor NH3	Sobre explotación del equipo	Perdida de eficiencia	24/01/2022-6:00 pm
04/02/2022-12:10 pm	Compresor NH3	Sobre explotación del equipo/ MTTO	Temperatura succión elevada	05/02/2022-5:00 am
08/02/2022-10:00 am	Compresor NH3	Vibración	Parada de la planta	08/02/2022-4:30 pm
13/02/2022-1:30 pm	Falla en la cuchilla	Mala calidad de los rodamientos	Parada de la planta	20/02/2022-10:00 am
28/05/2022-9:00 am	Rotura en el condensador	Parada del ventilador	Elevada temp de condesación	28/05/2022-12:00 pm
29/05/2022-3:00 pm	Falla en la cuchilla	Mala calidad de los rodamientos	Deficiente corte de hielo	29/05/2022-8:15 pm
16/07/2022-8:15 am	Mantenimiento general	Programado	Alargamiento vida útil de la planta	29/07/2022-4:25 pm
23/09/2022-1:15 pm	Rotura en el condensador	Parada de la bomba de agua	Elevada temperatura de cond	23/09/2022-5:16 pm
13/10/2022-12:22 pm	Falla en la cuchilla	Mala calidad de los rodamientos	Deficiente corte de hielo	22/10/2022-3:47 pm
05/12/2022-8:30 am	Mantenimiento parcial	Programado	Elevar eficiencia de la planta	08/12/2022-10:27 am

Fuente. Elaboración propia.

Patrones de fallo característicos para la cadena de frío

La vigilancia de la cadena de frío para evitar desperdicios innecesarios durante la transportación y el proceso en sí, es una de las principales actividades que deben realizarse para garantizar la conservación de los productos. Para lograr una correcta conservación de la materia prima es necesario tener presente



Figura 3.8: Compresor envejecido. Fuente: foto del autor.

Para la identificación de los patrones de fallo, no fue posible obtener suficientes datos, por el poco tiempo laborable que tuvo la industria. Sin embargo, se realizó una valoración cualitativa de los patrones y se asoció, el patrón A (tercera fase) con los equipos que intervienen en la conservación de la materia prima, teniendo en cuenta la que éste, combina dos patrones de falla diferentes (B,C), provocados por fatiga, corrosión, abrasión, y evaporación entre otras, al igual que las falla típica en los componentes diseñados con el patrón C, donde se presenta fatiga causada por: esfuerzos cíclicos en varios componentes que lo componen, como ocurre en los equipos que se analizan (Figura 3.9).

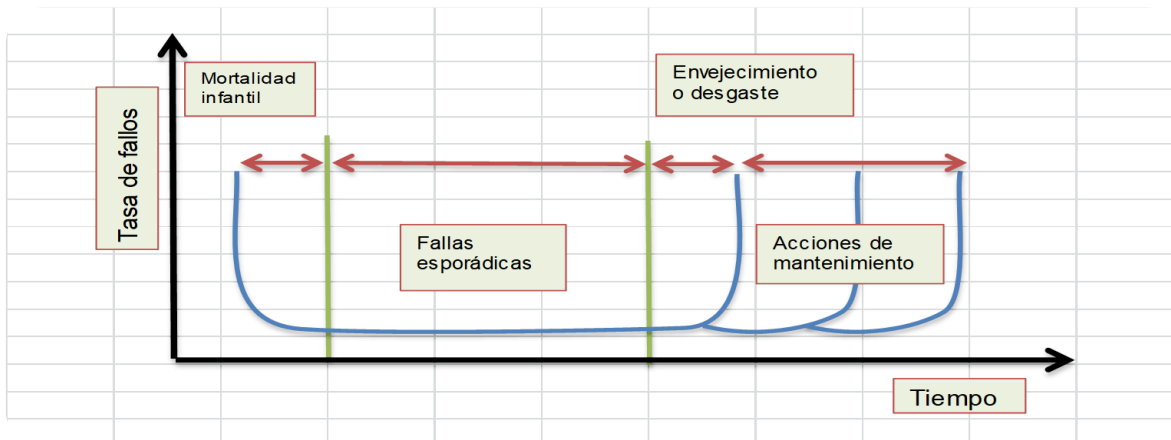


Figura 3.9: Patrón A (Curva de la bañera). Fuente: Elaboración propia.

3.4.1 Estimación de la disponibilidad técnica

Para el desarrollo de un estudio de disponibilidad una de las actividades claves es la estimación de la tasa de falla y reparación de un activo, ya que esta representa el porcentaje del tiempo que un equipo está en condiciones de operar durante un período de análisis, teniendo en cuenta solo los paros no programados, ver Figura 3.10.

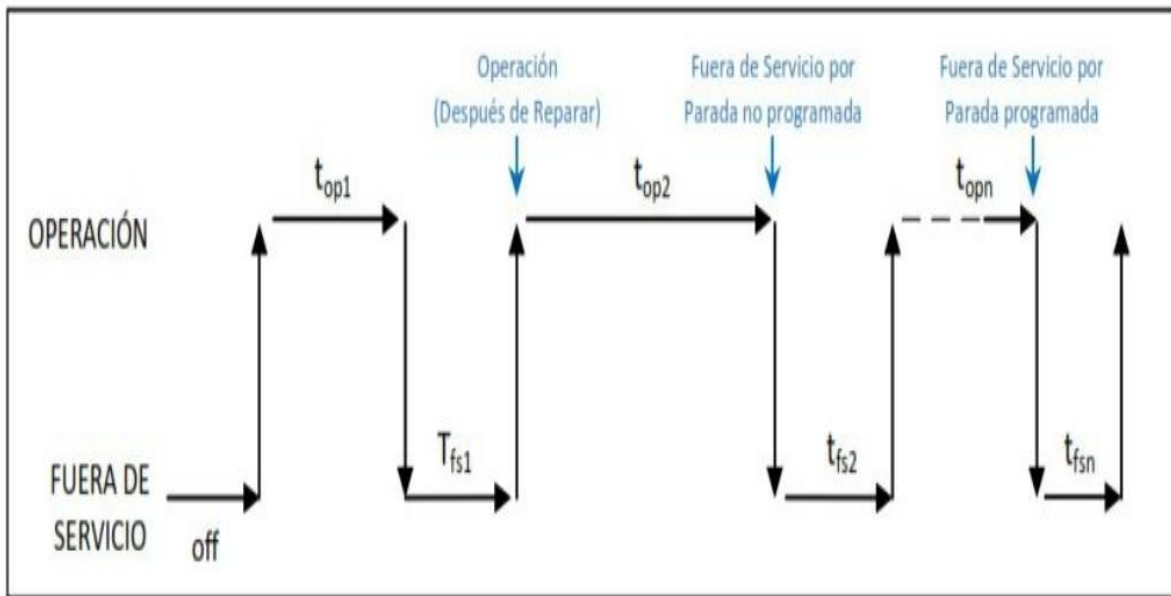


Figura 3.10: Tiempos entre fallas. Fuente: Basado en el teorema de Bayes.

En el anexo 4 se muestran los datos utilizados en el cálculo de los índices de disponibilidad.

Índices de disponibilidad operacional

TMEF 501,33

TMI 150,12

$D_0 = 0,77$ (77%)

Índice de disponibilidad intrínseca

TMTR 42,625

$D_1 = 0,92$ (92%)

Por las características del proceso que requiere de estabilidad con respecto a la cadena de frío, el 92% de disponibilidad intrínseca no es un índice favorable, aunque se encuentra por encima del 90%. La situación se presenta aún más comprometida con las

exigencias del proceso, al solo alcanzar el 77% de disponibilidad operacional, lo que evidencia problemas en la forma en que se organiza la actividad de mantenimiento. .

La significación de la incidencia en la variabilidad

Para el análisis de la significación en la variabilidad del estudio realizado en la cadena de frío, se utilizó en esta ocasión la Función de Pérdida (Ly) (Figura 3.11), donde se precisa el incremento de las pérdidas con el aumento de a temperatura.

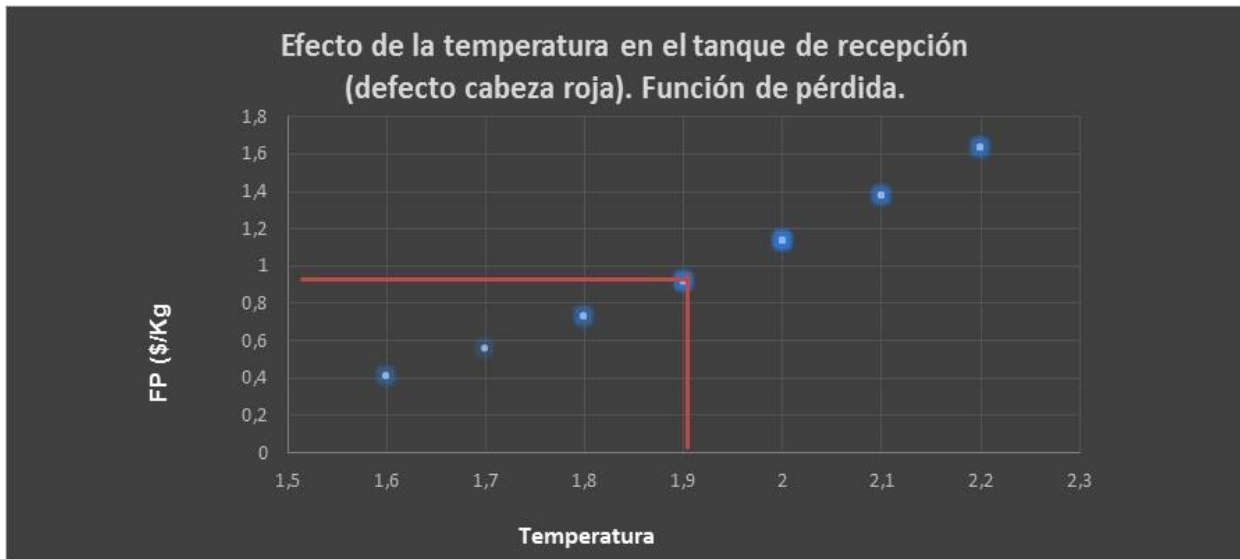


Figura 3.11: Incremento de variabilidad por efecto de la temperatura. Fuente. Elaboración propia

La incidencia del defecto Cabeza Roja, provocado por los problemas en la cadena de frío, representan del 3 al 4% de las pérdidas de producción anuales en la industria. Por lo tanto, fue posible evaluar los ingresos de exportación perdidos.

- Para una producción anual de **267 245 kg/año**,
- las pérdidas por el defecto Cabeza Roja es de **10 689,9 kg/año**,
- la cual si se considera la $L(y)=\text{USD } 0,9/\text{año}$ (Figura 3.13) para una temperatura de $1,9^{\circ}\text{C}$, implica una pérdida de **USD 9 620,82/año**; sin embargo
- se evaluaron temperatura hasta de $2,2^{\circ}\text{C}$, con una $L(y)=\text{USD } 1,6/\text{año}$, lo que significan **USD 17 103,64/año**

Estos resultados indican que por disponibilidad en la cadena de frío, se afecta la capacidad del proceso y esta implica pérdidas de 1,77 veces mayor, que significa un valor de **USD 7 483,02/año**, por no lograr la exportación del producto. Estos cálculos se realizan considerando la norma que se establece para el proceso de $\text{LES}=2^{\circ}\text{C}$, sin

embargo con una efectiva disponibilidad de la cadena de frío, es posible lograr valores muy inferiores de temperatura, por lo que existe un potencial de mejora.

3.5 Conclusiones parciales

La aplicación del procedimiento propuesto permitió evaluar el equipamiento de cadena de frío. Los modos de fallo, causas y los patrones característicos, cuya evaluación con datos precisos permitirá hacer efectiva la actividad de mantenimiento, en cuanto a ejecución y organización, así como las relaciones con los proveedores con el propósito de garantizar la capacidad de proceso.

Se estimó la disponibilidad técnica del equipamiento de la cadena de frío y la significativa incidencia en la variabilidad en el proceso industrial del camarón, a partir del análisis del estado de control del proceso, así como el potencial de mejora a través del efecto económico obtenido con la Función por pérdida de Taguchi.

Conclusiones

1. Se desarrolló un marco teórico y referencial de la investigación, derivado de la literatura nacional e internacional disponible sobre la Gestión de la calidad en la industria alimentaria, análisis de proceso en los productos pesqueros, en relación a la necesidad de los estudios de fiabilidad y su incidencia en disponibilidad técnica y la variabilidad en procesos industriales.
2. Se diseñó un procedimiento con la utilización de herramientas de ingeniería y gestión de la calidad como instrumento para el estudio de la fiabilidad en equipos de la cadena de frío del proceso industrial del camarón, que aporta al conocimiento del estado del proceso y los efectos en la disponibilidad, la variabilidad y en consecuencia en los resultados productivos.
3. Se proponen herramientas de ingeniería de la calidad para la obtención de datos sobre el equipamiento industrial de la cadena de frío del proceso del camarón, para el procesamiento y análisis estadístico.
4. Se evaluó el significado de la incidencia de la disponibilidad de la cadena de frío en la variabilidad del proceso por el incremento de la temperatura, a través de las pérdidas que se generan por la no exportación de los productos, evidencias de las reservas de mejora con que cuenta el proceso.

Recomendaciones

- La instalación de un sistema de refrigeración que permita mantener el nuevo intervalo de temperatura especificado en el depósito de recepción, sin depender de la adicción de hielo, que garantizaría el aumento de producción programado de 1 020 toneladas de camarón ya que está asociado a la reducción de desperdicios y un mejor aprovechamiento de las capacidades instaladas.

Referencias bibliográficas

1. Sava N, Borda D, Rotaru, G. Risk assessment in Romanian food safety systems: opportunities and constrains. *J Agroalim Process Technol.* 2007). (Todt O. Entre demanda social y regulación: la seguridad alimentaria. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad.* 2012).
2. Miliotis M. Role of microbial risk assessment in food safety. *S Afr Med J.* 2007)
3. Godfray H, Beddington J, Crute I, Haddad L, Lawrence D, Muir J, Pretty J, Robinson S, Thomas S, Toulmin C. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science.* 2010)
4. Ropkins K, Beck A. Evaluation of worldwide approaches to the use of HACCP to control food safety. *Trends Food Sci Technol.* 2000)
5. Rosas P, Reyes G. Diseño de un plan HACCP en el procesamiento industrial de sardinas congeladas. *Arch Latinoam Nutr.* 2009)
6. Castellanos L, Villamil L, Romero J. Incorporación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control en la legislación alimentaria. *Revista de Salud Pública.* 2004)
7. WHO. Guidance on regulatory assessment of HACCP. Report of a joint FAO/WHO consultation on the role of government agencies in assessing HACCP; 1998 jun 2-6; Ginebra).
8. Gonzáles L, Martínez F, Rossi L, Tornese M, Troncoso A. Enfermedades transmitidas por alimentos: análisis del riesgo microbiológico. *Rev Chil Infect.* 2010).
9. Balderrama A, Gortáres P. El procedimiento de la evaluación cuantitativa de riesgos en la predicción de peligros biológicos. *CONCYTEG.* 2011)
10. Reij M, van Schothorst M. Critical notes on microbiological risk assessment of food. *Braz J Microbiol.*
11. Busta F. Evolution and current trends in HACCP and risk assessment. USA: International Institute of Fisheries Economics & Trade (IIFET) Proceedings; 2000), (Mire-Sluis A, Ramnarine E, Siemiatkoski J, Weese D, Swann P, O'Keeffe R, Kutza J, Edwards J, McLeod L. Practical applications of quality risk management. *BioProcess Int.* 2010)

12. Pombo N, de Oliveira J, Baptista R, Ribeiro F. Implementation of hazard analysis critical control points (HACCP) in a SME: Case study of a bakery. Pol J Food Nutr Sci. 2012).
13. Sugiura K, Murray, N. Risk analysis and its link with standards of the World Organization for Animal Health. Rev Sci Tech. 2011).
14. Montoya-Rodríguez y López-Félix, (2000) <http://tesis.uson.mx>. Introducción y antecedentes
15. Páez-Osuna. Retos y perspectivas de la camaronicultura en la zona costera, (2001).
16. González García, Ciencia, tecnología y sociedad II edición(1996).
17. Edson P Paladini¹ Yoislan R. Urquiza² Bismayda G. Avilés² Luisa Schumacher³ mike lorenz³ Modelo de gestión de calidad para alimentos perecederos en una industria pesquera
18. Lara Peinado, F. (1982). Código de Hammura- bi (4 ed.) Madrid: Tecnos
19. De Fuentes, P. (1998). Evolución del concepto de calidad: una revisión de las principales aportaciones hasta su situación en el entorno competitivo actual. Alta Dirección
20. Gorgemans S. (mayo-junio, 1999). La calidad total y el departamento de personal. Alta Dirección
21. Penacho, J.L. (2000). Evolución histórica de la calidad en el contexto del mundo de la empresa y del trabajo. Fórum Calidad
22. Garvin, D.A. (1988). Managing Quality: the Strategic and Competitive Edge. New York: The Free Press
23. Duncan J.A. (1996). Control de calidad y estadística industrial (5 ed.) México: Alfaomega
24. Evans J.R. & Lindsay W.M. (2008). Administración y control de calidad (7 ed.) Cengage Learning.
25. Shewhart, W.A. (1931). Control económico de la calidad en manufactura. New York.
26. Pareja R.I. (1990). La calidad. Eje de la empresa japonesa. Bogotá: Universidad Externado

27. Crosby, P. (1979). *Quality is free. The Art of Making Quality Certain*. New York: Mc- Graw-Hill
28. Vasantharayalu, & Pal, S. (2016). AN EMPIRICAL STUDY OF TOTAL QUALITY MANAGEMENT (TQM) PRACTICES ON OPERATIONAL PERFORMANCE OF INDIAN MANUFACTURING AND SERVICE FIRMS *International Journal of Management (IJM)*, 7(6), 192–202.
29. (Soto, 2000) <http://tesis.uson.mx>. Introducción y antecedentes
30. Aquilani, B., Silvestri, C., & Ruggieri, A. . (2017). A systematic literature review on total quality management critical success factors and the identification of new avenues of research. *The TQM Journal*, 29(1), 184- 213.
31. Honarpour, A., Jusoh, A., & Md Nor, K. (2017). Total quality management, knowledge management, and innovation: an empirical study in R&D units. *Total Quality Management & Business Excellence*. doi: 10.1080/14783363.2016.1238760
32. Luning, P. A., & Marcelis, W. J. (2009). A food quality management research methodology integrating technological and managerial theories. *Trends in Food Science & Technology*, 20(1), 35-44.
33. Gómez Avilés, B. (2007). Procedimiento para la mejora de la calidad del proceso industrial cubano de la caña de azúcar. (Doctorado), Universidad Central " Marta Abreu" de Las Villas (UCLV). (9-04-2019)
34. Weinberg, S. (2011). *Cost-contained regulatory compliance: for the pharmaceutical, biologics, and medical device industries*: John Wiley & Sons.
35. Göhler, S. M. a., & Howard, T. J. (2014). A Framework for the Application of Robust Design Methods and Tools. Proceedings of the International Symposium on Robust Design - ISoRD14. Copenhagen, Denmark., 123-133.
36. Abdul Halim Lim, S., et al. (2015). Towards a conceptual roadmap for Statistical Process Control implementation in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 1-13. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2015.03.002>
37. Xue, M., Zhangn, J., & Tang, W. (2013). Optimal temperature control for quality of perishable foods. *ISA Transactions*. doi: 10.1016/j.isatra.2013.12.011

38. FAO. (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. 224 p. from <http://www.fao.org/contact-us/licence-request>
39. García Aponte, O. F., Vallejo Díaz, B. M. y., & Mora Huertas, C. E. (2015). La calidad desde el diseño: principios y oportunidades para la industria farmacéutica. *ESTUDIOS GERENCIALES*, 31, 68–78. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.estger.2014.09.005>
40. Cudney, E. A., & Kleim, E. M. (2017). The Changing Role of Quality in the Future. *Journal for Quality and Participation*, 39, 4-11.
41. Cuevas, R. (2008). Ingeniería de alimentos, calidad y competitividad en sistemas de pequeñas industrias alimentarias. *FAO. Boletín de servicios agrícolas.*, 79.
42. Parra, C., & Crespo, A. (2016). Métodos de análisis de fiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y riego. Ingecom
43. Dhillon. Maintainability, maintenance and reliability for engineers (2006)
44. Reliability Block Diagram (RBD). Rausand and Hoyland, (2003)
45. Guo and Yang, Analysis of microbial community in atrazine treatment systems bioaugmented by genetically engineered microorganism (2007)
46. Cadenas de Markov. Welte, (2009)
47. Árboles de Fallo. Rauzy et al., (2007)
48. Gráficos de Fiabilidad. Distefano and Puliafito, (2009)
49. Redes de Petri. PNs Volovoi, (2014)
50. (Viveros et al., 2012)
51. Marsán Castellanos, La organización del trabajo Tomi I y II (1999)
52. Gómez Cejas, Guillermo. Análisis y diseño 3 edición (1997)
53. Chiavenato, Idalberto. Introducción a la teoría general de la administración (1993)
54. Hurtado de Mendoza Fernández, S. (2003) “Cómo seleccionar los expertos”. Consultado en <http://www.monografía.com>. Marzo 2011
55. Beltrán Sanz et al., (2008). Guía para una gestión basada en procesos. Disponible en www.iat.es/excelencia/html/subidas/.../guiageestionprocesos.pdf -. Consultado el 1/2/2018

56. Gutiérrez, PH, & De La Vara, S. (2004). Control Estadístico de Calidad y seis sigma (3ra ed.). México: McGraw-Hill Interamericana Editores SA.
57. (Pons, 2002)
58. Paladini Pacheco, E., Gómez Avilés, B., Rangel Broche, G., & Castellanos Gómez, A. (2015). Development and Application of a Model to Minimize Variability in a Vegetable Pulp Productive Process. *Journal of Food Process Engineering*, 38(6), 517-526. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/jfpe.12182>
59. Gómez Avilés, B., Ramírez González, V., Echeverría Gómez, M. C., & Yero Barrios, J. C. (2008). Intervención organizacional con incidencia en la mejora de la calidad del proceso industrial azucarero. *Centro Azúcar*, 35 (3), 53-58.
60. Luo, M., Zeng, S., Guo, J., & Chunbo, Y. (2014). Reliability Analysis Approach for Variation by Integrating FMEA with VMEA *IEEE*, 525- 529.
61. Fernández Hatre, S. E. (2010). Administración de Empresas un Enfoque Interdisciplinario. Madrid, Paraninfo(Besterfield, 2009).
62. Procedure for performing a failure mode effect and criticality analysis, 9 de noviembre de (1949).
63. [Aladon, 1999, p3].
64. Moubray, J. (2002). Mantenimiento Centrado en la confiabilidad. Asheville: Industrias press Inc
65. James, S.J., *The food cold chain and climate change*, *Food Research International* (2010).
66. CEN, 2018) (Crespo, Moreu, & Sánchez, 2004)
67. Gallegos Londoño, C. M., Viscaíno Cuzco, M. A., & Sergio Raúl, S. R. (2020). Estudio de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad aplicado a grupos electrógenos
68. (NC 115: 2014 Camarón Especificaciones") (DCT 81C 02-06-08-3. Procedimientos operacionales de trabajo para el procesamiento industrial mecanizado y manual del camarón.)
69. (NC- 469: 2006. Pescados, mariscos y sus productos derivados- términos y definiciones)

70. (Backi, CJ (2017). Métodos para la descongelación (industrial) de bloques de pescado: A revisión. Revista de ingeniería de procesos alimentarios,
71. Beltrán Sanz et al., (2008). Guía para una gestión basada en procesos. Disponible en www.iat.es/excelencia/html/subidas/.../guiagestionprocesos.pdf -. Consultado el 1/2/2018
72. Kenneth Crow DRM Associates, 2002. FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA)

Anexos

Anexo 1: Aspectos para determinar el coeficiente de argumentación.

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Estudios teóricos realizados			
Experiencia obtenida			
Conocimientos de trabajos en Cuba			
Conocimientos de trabajo en el extranjero			
Consultas bibliográficas			
Cursos de actualización			

Fuente: Hurtado de Mendoza (2003).

Con la primera pregunta de la encuesta se determina K_c y con la segunda K_a , ya con el valor de estos coeficientes se pasa a calcular K_{comp} , que finalmente es el coeficiente que determina en realidad qué experto se toma en consideración para trabajar en esta investigación. Este coeficiente (K_{comp}) se calcula como muestra la ecuación siguiente:

$$K_{comp} = 0.5 \cdot (k_c + k_a) \quad (2.2)$$

Donde:

K_{comp} : Coeficiente de competencia

K_c : Coeficiente de conocimiento

K_a : Coeficiente de argumentación

El coeficiente de conocimiento o información (K_c) se determina mediante la ecuación:

$$K_c = n(0.1) \quad (2.3)$$

Donde:

K_c : Coeficiente de conocimiento o información del experto "j"

n: Rango seleccionado por el experto "j"

El coeficiente de argumentación (K_a) de cada experto y se utiliza la ecuación siguiente:

$$K_a = \sum_{i=1}^7 n_i \quad (2.4)$$

Donde:

K_a : Coeficiente de argumentación del experto "j"

ni: Valor correspondiente a la fuente de argumentación “i” (i: 1 hasta 6)

Método de expertos propuesto por Hurtado de Mendoza Fernández, (2003).

Anexo 2: Cálculo del método de expertos propuesto por Hurtado de Mendoza Fernández, (2003). Continuación.

$$K_{c1} = 7(0,1) = 0.7 \quad K_{c2} = 8(0,1) = 0.8 \quad K_{c3} = 2(0,1) = 0.2$$

$$K_{c4} = 9(0,1) = 0.9 \quad K_{c5} = 6(0,1) = 0.6 \quad K_{c6} = 8(0,1) = 0.8$$

$$K_{c7} = 5(0,1) = 0.5 \quad K_{c8} = 3(0,1) = 0.3 \quad K_{c9} = 10(0,1) = 1$$

$$K_{c10} = 5(0,1) = 0.1 \quad K_{c11} = 7(0,1) = 0.7 \quad K_{c12} = 8(0,1) = 0.8$$

$$K_{c13} = 4(0,1) = 0.4 \quad K_{c14} = 9(0,1) = 0.9$$

- Pregunta que permite valorar aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación:

Experto 1

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Estudios teóricos realizados		X	
Experiencia obtenida	X		
Conocimientos de trabajos en Cuba		X	
Conocimientos de trabajo en el extranjero		X	
Consultas bibliográficas			X
Cursos de actualización		X	

Experto 2

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Estudios teóricos realizados		X	
Experiencia obtenida	X		
Conocimientos de trabajos en Cuba		X	
Conocimientos de trabajo en el extranjero	X		
Consultas bibliográficas	X		
Cursos de actualización	X		

Experto 3

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
--------------------------	------	-------	------

Estudios teóricos realizados			X
Experiencia obtenida		X	
Conocimientos de trabajos en Cuba		X	
Conocimientos de trabajo en el extranjero			X
Consultas bibliográficas			X
Cursos de actualización			X

Experto 4

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Estudios teóricos realizados		X	
Experiencia obtenida	X		
Conocimientos de trabajos en Cuba		X	
Conocimientos de trabajo en el extranjero		X	
Consultas bibliográficas	X		
Cursos de actualización	X		

Experto 5

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Estudios teóricos realizados		X	
Experiencia obtenida		X	
Conocimientos de trabajos en Cuba		X	
Conocimientos de trabajo en el extranjero		X	
Consultas bibliográficas		X	
Cursos de actualización		X	

Experto 6

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Estudios teóricos realizados	X		
Experiencia obtenida	X		
Conocimientos de trabajos en Cuba		X	
Conocimientos de trabajo en el extranjero		X	
Consultas bibliográficas		X	

Cursos de actualización			X
-------------------------	--	--	---

Experto 7

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Estudios teóricos realizados			X
Experiencia obtenida		X	
Conocimientos de trabajos en Cuba		X	
Conocimientos de trabajo en el extranjero			X
Consultas bibliográficas		X	
Cursos de actualización		X	

Experto 8

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Estudios teóricos realizados			X
Experiencia obtenida		X	
Conocimientos de trabajos en Cuba			X
Conocimientos de trabajo en el extranjero			X
Consultas bibliográficas			X
Cursos de actualización			X

Experto 9

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Estudios teóricos realizados	X		
Experiencia obtenida	X		
Conocimientos de trabajos en Cuba	X		
Conocimientos de trabajo en el extranjero	X		
Consultas bibliográficas	X		
Cursos de actualización	X		

Experto 10

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Estudios teóricos realizados		X	
Experiencia obtenida			X
Conocimientos de trabajos en Cuba			X

Conocimientos de trabajo en el extranjero		X	
Consultas bibliográficas		X	
Cursos de actualización		X	

Experto 11

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Estudios teóricos realizados		X	
Experiencia obtenida			X
Conocimientos de trabajos en Cuba			X
Conocimientos de trabajo en el extranjero		X	
Consultas bibliográficas			X
Cursos de actualización			X

Experto 12

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Estudios teóricos realizados	X		
Experiencia obtenida	X		
Conocimientos de trabajos en Cuba	X		
Conocimientos de trabajo en el extranjero		X	
Consultas bibliográficas	X		
Cursos de actualización	X		

Experto 13

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Estudios teóricos realizados			X
Experiencia obtenida	X		
Conocimientos de trabajos en Cuba			X
Conocimientos de trabajo en el extranjero			X
Consultas bibliográficas			X
Cursos de actualización			X

Experto 14

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Estudios teóricos realizados	X		

Experiencia obtenida	X		
Conocimientos de trabajos en Cuba	X		
Conocimientos de trabajo en el extranjero		X	
Consultas bibliográficas	X		
Cursos de actualización	X		

- Cálculo del coeficiente de argumentación (Ka)

$$Ka1 = 0.21 + 0.24 + 0.10 + 0.06 + 0.05 + 0.14 = 0.8$$

$$Ka2 = 0.21 + 0.24 + 0.10 + 0.08 + 0.09 + 0.18 = 0.9$$

$$Ka3 = 0.13 + 0.22 + 0.10 + 0.04 + 0.05 + 0.10 = 0.64$$

$$Ka4 = 0.21 + 0.24 + 0.10 + 0.06 + 0.09 + 0.18 = 0.88$$

$$Ka5 = 0.21 + 0.22 + 0.10 + 0.06 + 0.07 + 0.14 = 0.8$$

$$Ka6 = 0.27 + 0.24 + 0.10 + 0.06 + 0.07 + 0.10 = 0.84$$

$$Ka7 = 0.13 + 0.22 + 0.10 + 0.04 + 0.07 + 0.14 = 0.7$$

$$Ka8 = 0.13 + 0.22 + 0.06 + 0.04 + 0.05 + 0.10 = 0.6$$

$$Ka9 = 0.27 + 0.24 + 0.14 + 0.08 + 0.09 + 0.18 = 1$$

$$Ka10 = 0.21 + 0.12 + 0.06 + 0.06 + 0.07 + 0.14 = 0.66$$

$$Ka11 = 0.21 + 0.12 + 0.06 + 0.06 + 0.05 + 0.10 = 0.6$$

$$Ka12 = 0.27 + 0.24 + 0.14 + 0.06 + 0.09 + 0.18 = 0.98$$

$$Ka13 = 0.13 + 0.24 + 0.06 + 0.04 + 0.05 + 0.10 = 0.62$$

$$Ka14 = 0.27 + 0.24 + 0.14 + 0.06 + 0.09 + 0.18 = 0.98$$

Patrón para determinar el nivel de argumentación del tema a estudiar.

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Estudios teóricos realizados	0.27	0.21	0.13
Experiencia obtenida	0.24	0.22	0.12
Conocimientos de trabajos en Cuba	0.14	0.10	0.06
Conocimientos de trabajo en el extranjero	0.08	0.06	0.04
Consultas bibliográficas	0.09	0.07	0.05
Cursos de actualización	0.18	0.14	0.10

Fuente: Hurtado de Mendoza (2003).

Luego de realizar los cálculos los resultados se valoran en la escala siguiente:

0,8 < K < 1,0 Coeficiente de competencia alto

0,5 < K < 0,8 Coeficiente de competencia medio

K < 0,5 Coeficiente de competencia bajo

Después se seleccionan los expertos necesarios basándose en el número calculado y escogiéndose aquellos de mayor coeficiente de competencia, quedando definido finalmente el grupo de trabajo.

Encuesta inicial para calcular el coeficiente de conocimiento

Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1							X			
2								X		
3		X								
4									X	
5						X				
6								X		
7					X					
8			X							
9										X
10					X					
11							X			
12								X		
13				X						
14									X	

- Listado inicial de las personas que cumplen con los requisitos para ser expertos.

Código del experto	Ocupación
1	Especialista en calidad
2	Especialista de recursos humano
3	Técnico de la calidad
4	Especialista en gestión económica

5	Jefe de brigada
6	Especialista de refrigeración
7	Representante del camarón
8	Jefe de Operadores
9	Jefe de Planta
10	Operario(pesa)
11	Operario(embolse)
12	Profesor de la Universidad
13	Encargado de planta de hielo
14	Especialista de veterinaria

Anexo 3: NPR

ATRIBUTO DE PRIORIDAD	Nivel NPR
Riesgo de falla ALTO	500 – 1000
Riesgo de falla MEDIO	125 – 499
Riesgo de falla BAJO	1 – 124
No existe riesgo de falla	0

Fuente: Fuente: Procedure for performing a failure mode effect and criticality analysis,9 de noviembre de (1949).

Anexo 4: Datos entre operaciones (horas)

Tiempo en funcionamiento	tiempo en reparación	Tiempo improductivo
151	17,33	65
101	4,25	5
72	3,58	9
45	12,66	19
46,3	2,66	4
294,16	3,66	16,83
77	5,75	6,5
117	30,5	164,5
2327	2,75	3
21	1,66	5,25
2801	3,41	4,01
475,1	61,91	219,41

Fuente: Elaboración propia