Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Matemáticas
Escuela Profesional de Investigación Operativa

Mejora del Tiempo de Procesamiento en la Fabricación de Redes con Nudo Anchoveteras Utilizando Simulación de Eventos Discretos

TESIS

Para optar el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa

AUTOR

Giulissa Virginia SOLARI MORALES

ASESOR

Mg. Esther BERGER VIDAL

Lima, Perú

2014



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Solari, G. (2014). *Mejora del Tiempo de Procesamiento en la Fabricación de Redes con Nudo Anchoveteras Utilizando Simulación de Eventos Discretos*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas, Escuela Profesional de Investigación Operativa]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Giulissa Virginia Solari Morales
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	44539518
URL de ORCID	0009-0005-4281-7988
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Esther Berger Vidal
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	08766040
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-5282-6793
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Lucy Haydee De la Cruz Cuadros
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06554824
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Carlos Enrique Calderón Rodríguez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09910975
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.3.3.2. Procesos estocásticos y simulación
Grupo de investigación	A.3.3. Programa de Investigación Operativa
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento

Ubicación geográfica de la investigación	Lima, Perú.
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio del 2014
URL de disciplinas OCDE	MATEMATICA PURA https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.01.00

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA)
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS
Ciudad Universitaria – Pabellón de Matemáticas
Av. Venezuela s/n – Lima – Perú

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADA EN INVESTIGACIÓN OPERATIVA

En la Ciudad Universitaria, Facultad de Ciencias Matemáticas, siendo las ..14:00.....horas, del día 25. del mes de ...JULIO..... del año 2014, se reunieron los docentes designados como miembros del Jurado de Tesis:

- Lic. De la Cruz Cuadros, Lucy Haydee	Presidenta
- Lic. Calderón Rodríguez, Carlos Enrique	Miembro
- Mg. Berger Vidal, Esther	Miembro Asesor

Para la sustentación de la Tesis intitulada: ***"Mejora del Tiempo de Procesamiento en la Fabricación de Redes con Nudo Anchoveteras Utilizando Simulación de Eventos Discretos"***, presentado por la señorita Bachiller Giulissa Virginia Solari Morales, para obtener el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa.

Luego de la exposición de la Tesis, la Presidenta invitó a la expositora a dar respuesta a las preguntas formuladas.

Hecha la evaluación correspondiente por los Miembros del Jurado, la expositora mereció la aprobación...Sobresaliente con mención, obteniendo como calificativo promedio la nota de.....diecinueve.....(19)..... (letras y números).

A continuación los miembros del Jurado, dan manifiesto que la señorita Bachiller Giulissa Virginia Solari Morales, en virtud de haber aprobado la sustentación de su Tesis, será propuesta para que se le otorgue el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa.

Siendo las ....15:00..... horas, se levantó la sesión, firmando para constancia la presente acta en tres (3) copias originales.

Lic. Lucy Haydee De la Cruz Cuadros
(Presidenta)

Lic. Calderón Rodríguez, Carlos Enrique
(Miembro)

Mg. Berger Vidal, Esther
(Miembro Asesor)

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Esther Berger Vidal menciono que con RD 0503/FCM-D/2014 se dictamina mi condición de asesora de la tesis cuyo título es: "MEJORA DEL TIEMPO DE PROCESAMIENTO EN LA FABRICACIÓN DE REDES CON NUDO ANCHOVETERAS UTILIZANDO SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS", presentado por la Bachiller **GIULISSA VIRGINIA SOLARI MORALES** para optar el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 4% de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa.

Lima, 17 de agosto de 2026

E Berger V

DRA. ESTHER BERGER VIDAL

DNI 08766040

FICHA CATALOGRÁFICA

GIULISSA VIRGINIA SOLARI MORALES

Mejora del tiempo promedio de procesamiento en la fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras utilizando simulación de eventos discretos, (Lima) 2014.

x, 135 p., 29.7 cm., (UNMSM, Licenciada, Investigación Operativa, 2014).

Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas 1. Investigación Operativa I. UNMSM/FdeCM II. Título (Serie).

DEDICATORIA

Dedico esta Tesis a quien me da los mejores regalos de mi vida, quien me apoya incondicionalmente, quien es motivo, impulso, alegría y amor, a Virginia, mi madre.

A Santiago Gabriel, la razón de mi vida, mi hijo, quien me motivo a retomar la finalización de esta tesis.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por dármelo todo, especialmente a mis padres, seres maravillosos que estuvieron durante toda mi formación académica.

También agradezco a todos mis profesores de la Facultad de Ciencias Matemáticas que a lo largo de mi formación me motivaron a ser una mejor profesional. En especial a los docentes de la Escuela académica profesional de Investigación Operativa que trasmitieron sus conocimientos en mi formación académica.

Agradezco también a Lorenzo y a Matilde, mis abuelitos, por hacerme sentir su hija, a Gabriel y a Alessandra, mis hermanos, por todo su amor y a Santiago, por impulsarme a ser mejor cada día.

Un agradecimiento especial a mi profesor incondicional, al mejor profesor que he tenido, tengo y tendré, a quien le debo gran parte de mi aprendizaje, a Gabriel, mi papá.

RESUMEN

MEJORA DEL TIEMPO PROMEDIO DE PROCESAMIENTO EN LA FABRICACIÓN DE REDES DE PESCA CON NUDO ANCHOVETERAS UTILIZANDO SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS

GIULISSA VIRGINIA SOLARI MORALES

Julio - 2014

Orientador: M.Sc. Esther Berger Vidal
Título obtenido: Licenciada en Investigación Operativa

……

Se describió la empresa en estudio y la información que se genera a lo largo de sus procesos mediante el sistema integrado SAP (Sistemas, Aplicaciones y Productos en Procesamiento de datos). Utilizando Simulación de Eventos Discretos se simuló el proceso de fabricación de redes de pesca verificando la existencia de cuellos de botella que incrementan el tiempo promedio de espera y el tiempo promedio en el proceso de fabricación. Con el objetivo de mejorar el tiempo promedio de procesamiento en la fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras se desarrollaron diferentes escenarios. Se determinó el escenario simulado más favorable.

PALABRAS CLAVES:

ERP (Planificación de Recursos Empresariales)
REDES DE PESCA
SAP (Sistemas, Aplicaciones y Productos en Procesamiento de Datos)
SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS

ABSTRACT

IMPROVED THE AVERAGE PROCESSING TIME IN THE MANUFACTURE OF FISHING NETS WITH KNOT FOR ANCHOVETA USING DISCRETE EVENT SIMULATION

GIULISSA VIRGINIA SOLARI MORALES

July - 2014

Counselor: M.Sc. Esther Berger Vidal
Title: Graduate in Operations Research

……..……

The company under study and the information generated throughout its processes through the integrated system SAP (Systems, Applications and Products in Data Processing) is described. Using Discrete Event Simulation of manufacturing process was simulated fishing nets checking for bottlenecks that increase the average waiting time and average in the manufacturing process time. In order to improve the average processing time in the manufacture of fishing nets with knot of anchovetera different scenarios were developed. The most favorable scenario simulated was determined.

KEYS WORDS:

ERP (Enterprise Resource Planning)
FISHING NETS
SAP (Systems, Applications and Products in Data Processing)
DISCRETE EVENT SIMULATION

Indice

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 1
1.1. Descripción del sistema 1
1.2. Planteamiento del problema 3
1.3. Formulación del problema 4
1.3.1. Formulación del problema general 4
1.3.2. Formulación de los problemas específicos 4
1.4. Objetivos 4
1.4.1. Objetivo general 4
1.4.2. Objetivos específicos 5
1.5. Formulación de las hipótesis 5
1.5.1. Desarrollo de la hipótesis general 5
1.5.2. Desarrollo de las hipótesis específicas 6
1.6. Definición de las variables 7
1.7. Justificación 10
1.8. Delimitación 10
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO 12
4.1. Importancia de la investigación 12
4.2. Antecedentes de la investigación 13
4.2.1. Antecedentes a nivel nacional 13
4.2.2. Antecedentes a nivel internacional 14
4.3. Bases teóricas 14
4.3.1. Simulación de Sistemas 14
4.3.2. Sistema 14
4.3.3. Distribuciones de probabilidad 26
4.3.4. Elementos abstractos del sistema 32
4.3.5. Herramientas de simulación 33
4.3.6. Las Artes y los métodos de pesca 37
4.3.7. La Empresa en estudio 43
4.3.8. Herramienta de Gestión: SAP 49
4.3.9. Marco Conceptual 60
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 68
3.1. El modelo 70
3.2. El problema 70

3.2.1. Delimitación del problema 71
3.2.2. Herramientas a utilizar 72
3.2.3. Planteamiento de la situación 72
3.2.4. Datos estadísticos de la simulación 73
3.2.5. El modelo en ARENA 103
3.2.6. El número de réplicas 104
3.2.7. Los arribos 107
3.2.8. Los atributos 108
3.2.9. Planteamientos de escenarios 110
3.2.10. Escenarios propuestos 110
CAPITULO IV: RESULTADOS 112
3.1. Resultados en la situación actual 112
3.1.1. Duración del proceso en la situación actual 112
3.1.2. Tiempo de espera en la situación actual 114
3.1.3. Número de entidades en espera en la situación actual 114
3.2. Resultados en el escenario propuesto 115
3.2.1. Duración del proceso en el escenario 1 115
3.2.2. Tiempo de espera en el escenario 1 117
3.2.3. Número de entidades en espera en el escenario 1 117
3.2.4. Duración del proceso en el escenario 2 118
3.2.5. Tiempo de espera en el escenario 2 120
3.2.6. Número de entidades en espera en el escenario 2 120
3.3. Comparación de la situación actual con los escenarios propuestos 121
3.3.1. Situación actual vs. escenario 1 121
3.3.2. Situación actual vs. escenario 2 123
3.3.3. El mejor escenario 126
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 127
5.1. Conclusiones 127
5.2. Recomendaciones 128
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 130

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del sistema

La compañía en estudio es una empresa manufacturera que se dedica a la producción de cordeles, cabos y redes de pesca. Esta empresa tiene una participación importante en el mercado nacional e internacional.

Debido a la gran variedad en las características de las redes de pesca, éstas son clasificadas en familias: la anchovetera, la sardinera, la cortinera, la lobera y el zipper. Las redes de pesca de la familia anchovetera tienen como característica especifica el tamaño de la malla, que tiene un rango de 1/2” hasta 5/8”.

Las redes de pesca pasan por una cadena de producción, para al final cumplir con el acabado requerido por el cliente. Los procesos que siguen los paños de las redes de pesca están relacionados unos a otros, ya que, la salida (output) de un determinado proceso es el ingreso (input) del siguiente proceso.

El proceso de fabricación de las redes de pesca está separado en dos tipos: redes de pesca con nudo y redes de pesca sin nudo. En ambos tipos la unidad de medida es un paño. Cada paño cuenta con una descripción que indica

las siguientes características: tipo de producto, tipo de cordel, familia del material, materia prima del material, título del cordel, tamaño de la malla, número de mallas a lo alto y el número de brazas a lo largo.

La materia prima para la fabricación de las redes de pesca son los cordeles, a los que se les realiza alguno de los siguientes procesos: el torcido o el trenzado, la elección de alguno de ellos dependerá de la solicitud del cliente. Una vez procesados los cordeles, se empieza con el tejido en los telares. En el proceso para la manufactura de los paños de redes sin nudo, el urdido es la primera etapa, luego se realiza el tejido en los telares.

Una vez que los paños están tejidos, sean del tipo de redes de pesca con nudo o sin nudo, se continúa con una revisión del paño para detectar algún tipo de falla que el paño podría presentar, si se encuentran fallas, éstas son remalladas.

Luego estos productos revisados y remallados, pueden pasar por algunos de los siguientes procesos, fulado, teñido y cocido del paño. Para el fulado se tiene una máquina fuladora, y un operario que la manipula, para el teñido se tienen tres tinas y dos operarios que laboran en este proceso, para el cocido se tienen tres tinas también, que son las mismas del proceso de teñido y laboran dos operarios. Al finalizar esta etapa se realiza el proceso de termofijado. Se cuenta con dos termofijadoras y sus capacidades de fabricación son diferentes, por lo que no se puede estandarizar la producción para las líneas de termofijado. En cada una de ellas laboran tres operarios, todos los paños se envían a este proceso, al finalizar el termofijado, los paños son embalados para ser enviados al área de despacho.

En el presente trabajo se estudiaron los tres productos de mayor demanda para la empresa que se clasifican como redes de pesca pertenecientes a la familia de anchovetas.

1.2. Planteamiento del problema

Manteniendo en cuenta que es necesario para una empresa ser competitivos en el mercado, es que se observa un problema en la empresa en estudio.

El área comercial de la empresa ha desarrollado la proyección de ventas para el año 2014, en esta proyección se puede observar que las ventas se incrementan hasta en un 60%, lo que quiere decir que la producción también se debe incrementar. También se puede observar, en la proyección, que en algunos meses la demanda se duplica. Esto genera preocupación en la Gerencia de Operaciones ya que se deberá producir los pedidos en un menor tiempo para realizar entregas en los plazos establecidos por el área comercial.

El incremento de los volúmenes de producción y los recortes de los plazos de entrega establecidos, ha desestabilizado el proceso, ocasionando que en el área de producción se presenten cuellos de botella en algunos procesos; esto trae como consecuencia retrasos en la entrega de productos, disconformidad, quejas de los clientes y en algunos casos devoluciones, ocasionando sobrecostos en maquinaria, horas hombre y energía.

Es por ello que en el presente trabajo se realiza un estudio del proceso de fabricación de tres productos. Se busca mejorar el proceso de fabricación de redes de pesca pertenecientes a la familia de anchovetas utilizando simulación de eventos discretos.

La empresa en estudio viene implementando y usando desde enero del 2013 el sistema SAP ERP. La Planificación de Recursos Empresariales (ERP) da soporte a las funciones esenciales de los procesos y operaciones de la empresa y SAP (Systems, Applications, Products in Data Processing) es la empresa que provee el ERP. El sistema SAP es utilizado, en la empresa, para registrar toda la información del proceso de producción, generando así un histórico.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Formulación del problema general

¿Es posible mejorar el tiempo promedio de procesamiento en la fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras?

1.3.2. Formulación de los problemas específicos

a) ¿Es posible disminuir el número promedio de cuellos de botella en los procesos de fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras?

b) ¿Es posible reducir el número promedio de horas inoperativas de maquinaria en los procesos de fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras?

c) ¿Es posible determinar el número promedio de máquinas necesarias para disminuir los cuellos de botella de los procesos de fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras?

d) ¿Es posible determinar el número promedio de operarios necesarios para disminuir los cuellos de botella de los procesos de fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar si es posible mejorar el tiempo promedio de procesamiento en la fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras.

1.4.2. Objetivos específicos

a) Determinar si es posible disminuir el número promedio de cuellos de botella en los procesos de fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras.

b) Establecer si es posible reducir el número promedio de horas inoperativas de maquinaria en los procesos de fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras.

c) Establecer si es posible determinar el número promedio de máquinas necesarias para disminuir los cuellos de botella de los procesos de fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras.

d) Definir si es posible determinar el número promedio de operarios necesarios para disminuir los cuellos de botella de los procesos de fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras.

1.5. Formulación de las hipótesis

1.5.1. Desarrollo de la hipótesis general

La hipótesis nula está representada de la siguiente manera:

> Ho: Es posible mejorar el tiempo promedio de procesamiento en la fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras utilizando simulación de eventos discretos.
>
> La hipótesis alternativa es:

H1: No se mejora el tiempo promedio de procesamiento en la fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras utilizando simulación de eventos discretos.

1.5.2. Desarrollo de las hipótesis específicas

a) La hipótesis nula 1 está representada de la siguiente manera:

Ho: Sí es posible disminuir el número promedio de cuellos de botella en los procesos de fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras utilizando simulación de eventos discretos.

La hipótesis alternativa es:

H1: No es posible disminuir el número promedio de cuellos de botella en los procesos de fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras utilizando simulación de eventos discretos.

b) La hipótesis nula 2 está representada de la siguiente manera:

Ho: Sí es posible reducir el número promedio de horas inoperativas de maquinaria en los procesos de fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras utilizando simulación de eventos discretos.

La hipótesis alternativa es:

H1: No es posible reducir el número promedio de horas inoperativas de maquinaria en los procesos de fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras utilizando simulación de eventos discretos.

c) La hipótesis nula 3 está representada de la siguiente manera:

Ho: Sí es posible determinar el número promedio de máquinas necesarias para disminuir los cuellos de botella de los procesos de fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras utilizando simulación de eventos discretos.

La hipótesis alternativa es:

H1: No es posible determinar el número promedio de máquinas necesarias para disminuir los cuellos de botella de los procesos de fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras utilizando simulación de eventos discretos.

d) La hipótesis nula 4 está representada de la siguiente manera:

Ho: Sí es posible determinar el número promedio de operarios necesarios para disminuir los cuellos de botella de los procesos de fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras utilizando simulación de eventos discretos.

La hipótesis alternativa es:

H1: No es posible determinar el número promedio de operarios necesarios para disminuir los cuellos de botella de los procesos de fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras utilizando simulación de eventos discretos.

1.6. Definición de las variables

Var1: Tiempo promedio de fabricación en el proceso de tejido.

Tiempo promedio de procesamiento por paño.

Var2: Tiempo promedio de fabricación en la operación de la primera revisión.

Tiempo promedio de procesamiento por paño.

Var3: Tiempo promedio de fabricación en la operación del primer remallado.

Tiempo promedio de procesamiento por paño.

Var4: Tiempo promedio de fabricación en el proceso de teñido.

Tiempo promedio de procesamiento por paño.

Var5: Tiempo promedio de fabricación en la operación de termofijado.

Tiempo promedio de procesamiento por paño.

Var6: Tiempo promedio de fabricación en el proceso de primolitado.

Tiempo promedio de procesamiento por paño.

Var7: Tiempo promedio de fabricación en la operación de la segunda revisión.

Tiempo promedio de procesamiento por paño.

Var8: Tiempo promedio de fabricación en la operación del segundo remallado.

Tiempo promedio de procesamiento por paño.

Var9: Tiempo promedio de fabricación en operación de empaque.

Tiempo promedio de procesamiento por paño.

Var10: Tiempo promedio de entrega de los productos.

Tiempo promedio de procesamiento total por producto.

Var11: Tamaño promedio de la línea de espera en el proceso de tejido.

Tiempo promedio de espera de un paño, Número promedio de paños en espera por hora.

Var12: Tamaño promedio de la línea de espera en la operación de remalle.

Tiempo promedio de espera de un paño, Número promedio de paños en espera por hora.

Var13: Tamaño promedio de la línea de espera en la operación de termofijado.

Tiempo promedio de espera de un paño, Número promedio de paños en espera por hora.

Var14: Número promedio de horas inoperativas de máquina.

Número promedio de horas inoperativas en un turno de 12 horas.

Var15: Número promedio de máquinas.

Número promedio de máquinas operativas.

Var13: Número promedio de operarios.

Número promedio de horas hombre.

1.7. Justificación

El crecimiento de la empresa sin una planificación y las condiciones del mercado no previstas, han originado que los procesos de fabricación de redes con nudo anchoveteras tengan una duración excesiva. Un problema adicional ocurre con las fallas de los equipos y su posterior mantenimiento.

Simular los procesos de fabricación para localizar donde se generan cuellos de botella permitirá estudiar alternativas de solución.

Mediante el diseño de índices de comportamiento y medidas de efectividad se compararán el sistema actual y los escenarios del modelo simulado.

Si se mejora el tiempo promedio de procesamiento en la fabricación de redes de pesca disminuirán los retrasos en la entrega de productos, asimismo se incrementaría el nivel de producción. Esto permitirá a la empresa expandir su posición en el mercado.

Esto redunda en beneficio de los clientes que recibirán sus pedidos oportunamente, del personal que podrá desarrollar con fluidez los procesos productivos de la empresa que mantendrá una adecuada imagen ante sus clientes.

1.8. Delimitación

Una de las limitaciones en el presente trabajo fue la disponibilidad de la información. A partir del año 2013 la empresa en estudio ha implantado un sistema ERP-SAP para sus procesos, generando una base de datos con información de cada actividad.

La empresa en estudio produce cinco tipos de familias de redes de pesca, alcanzando, aproximadamente 1200 productos, siendo la familia de redes de pesca anchoveteras, las de mayor demanda.

En el presente trabajo se seleccionó para el estudio los tres productos de mayor demanda, que pertenecen a las redes de pesca con nudo anchoveteras, con información de enero a diciembre del año 2013 en el ámbito de una empresa ubicada en Lima, Perú.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

4.1. Importancia de la investigación

El Producto Bruto Interno (PBI) de Perú creció 5.02 por ciento durante el año 2013, aumentó en 5.01 por ciento, según el reporte emitido por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (ver Figura 1).

Según el Informe Técnico Producción Nacional – 2013, este crecimiento se explica por el resultado favorable de todos los sectores especialmente: Pesca (12,66%), Financiero y Seguros (9,07%) y Construcción (8,56%).



Figura 1. Evolución del PBI en los últimos 10 años

Fuente. Elaborado por el grupo El Comercio en base a datos del INEI

Según la evaluación ejecutiva al I Semestre del 2013 presentada por IMARPE, indica que la especie de anchoveta capturada en el I Semestre representa al 97 % de la pesca, que la especie caballa representa al 1.5% y la especie jurel 1.3%.

A pesar de la gran representación de pesca de la anchoveta en el 2013 en comparación al mismo periodo en el 2012 este presento una disminución del 14% en el embarque de la anchoveta.

Debido a que en los dos últimos años la especie de anchoveta es la que contiene una mayor representación de pesca, esto motiva a que la presente investigación este orientada a la especie de anchovetas y es por ello que en el presente trabajo se estudian tres productos que representan un mayor porcentaje de la producción de productos orientados a la pesca de anchovetas.

4.2. Antecedentes de la investigación

4.2.1. Antecedentes a nivel nacional

En Delgado, K. [02], se diagnostica y propone una alternativa de mejora del sistema de atención a pacientes en emergencia adultos de un hospital público utilizando simulación de sistemas.

En Ordinola, A. [08], se propone mejoras en el Sistema de Planificación de Recursos de Manufactura de una empresa pecuaria.

En Rodríguez, D. [09], se analiza la problemática de la seguridad ambiental para una empresa que fabrica aparejos para pesca.

4.2.2. Antecedentes a nivel internacional

En Soledispa, C. [10], se elabora un manual de procesos para obtener una mejor operatividad organizacional del departamento contable de Talleres Nissan-Renault S.A., en base a la calidad total.

En González E. [04], se diseña procedimientos para el mejoramiento de los procesos productivos de acuerdo a los estándares requeridos.

En Díaz, P. [03], se identifican los Factores Críticos de Éxito de las empresas del sector textil y crea un sistema de indicadores óptimo y concreto para las empresas.

En Uturralde, A. y Papenbrok, A. [13], se diseña un modelo en ARENA para representar el sistema de producción y determinar la cantidad esperada de inventario en proceso que tiene la empresa.

4.3. Bases teóricas

4.3.1. Simulación de Sistemas

Según Torres, [12], se pueden describir términos usados en la simulación de sistemas.

4.3.2. Sistema

Un sistema es un conjunto organizado de elementos que están interrelacionados formando un todo unitario y complejo y que es utilizado para ejecutar un objetivo en común. Un sistema comprende la realización de uno o más procesos que necesitan recursos y un control para su funcionamiento.

En un sistema se tienen entradas, que son entidades que ingresan al sistema, estas entidades cumplen su función dentro del sistema, transformándose y luego salen siendo llamadas entidades salientes del sistema.

4.3.2.1. Elementos del sistema

a) Entidades

Son los ítems que transitan por el sistema para ser procesados o recibir un servicio. Las entidades se pueden caracterizar por atributos como: costo, orden, prioridad, status, entre otros factores.

Las entidades son quienes reciben un servicio de los sistemas, se pueden clasificar en:

- Humanos o animados.
- No animados.
- Intangibles.

b) Actividades

Las actividades son el conjunto de acciones que se llevan a cabo para cumplir con el objetivo del sistema. Una actividad es una operación que produce en el sistema un cambio de estado. Requiere tiempo y recursos que dependerá de la complejidad de la acción que se realizará.

Se pueden clasificar en:

- Proceso de entidades
- Movimiento de entidades y de recursos
- Ajuste, mantenimiento y reparación de recursos

c) Recursos

Son los medios para poder ejecutar las actividades. Proveen el soporte de máquinas, equipos, personal y facilidades en general para poder llevar a cabo las actividades. Se pueden clasificar en:

- Humanos o animados
- No animados
- Intangibles

d) Modelo

Desde la perspectiva de un sistema, un modelo podría definirse como una representación simplificada del sistema y sus relaciones, tales como relaciones causa y efecto, relaciones de flujo y relaciones de espacio. El propósito de modelado de sistemas es entender, predecir, controlar y mejorar el comportamiento o desempeño del sistema.

El modelado de sistemas es arte y ha sido ejercido por el hombre durante siglos, la historia nos da muchos ejemplos de ello.

El proceso de modelado comienza con el estudio y análisis del actual sistema, con el propósito de desarrollar un concepto de cómo trabaja el sistema nuevo o el ya existente.

Este concepto es traducido en el modelo que es utilizado para evaluar dicho concepto.

4.3.2.2. Simulación de sistemas

La Simulación de Sistemas es una herramienta de la Investigación de Operaciones que permite estudiar los sistemas y los problemas analizándolos experimentalmente, de forma equivalente a la actividad que se realiza en un laboratorio.

La Simulación es la imitación o réplica del comportamiento de un sistema o de una situación, usando un modelo que lo representa de acuerdo al objetivo por el cual se estudia el sistema.

Para hacer un estudio de Simulación se requiere el conocimiento de datos relevantes relacionados con el sistema o problema en estudio.

En la simulación de sistemas se diseña mediante un flujograma un modelo lógico matemático del sistema real y se reproducen sus características, condiciones, su comportamiento operacional y dinámico, con el objetivo de analizar el comportamiento de las variables para la toma de decisiones.

En la simulación se toman en cuenta medidas de desempeño que se encargarán de evaluar el problema para ayudarnos a analizar una solución.

Con la simulación de sistemas se pueden obtener escenarios diferentes al real que nos permitirán proporcionar alternativas posibles de solución, las cuales serán analizadas mediante la recreación de estos escenarios.

4.3.2.3. Aplicaciones de la simulación

Algunas de las aplicaciones de la simulación son:

- Análisis y reducción del tiempo de ciclo
- Secuenciación de las tareas
- Análisis de cuellos de botella
- Mejoramiento de la productividad
- Disposición de planta

- Planeamiento de producción

4.3.2.4. Características de la simulación

Algunas de las características de la simulación son:

- Capta la interdependencia que existe entre los elementos del sistema
- Considera la variabilidad en el sistema
- Es suficientemente versátil para modelar cualquier sistema
- Muestra el comportamiento en el sistema dinámico
- Provee información estadística sobre múltiples indicadores de desempeño
- Se ejecuta en tiempo comprimido, tiempo real o tiempo retardado
- Los resultados son visuales y cuantitativos

4.3.2.5. Tipos de simulación

A continuación se muestran tipos de simulación basada en el avance del tiempo:

a) Simulación estática

El avance del tiempo no se considera en la simulación estática, es decir; es la representación del sistema en un sistema en un instante específico del tiempo. A menudo involucra muestras aleatorias para generar reportes estadísticos, también se llama simulación de Monte Carlo.

b) Simulación dinámica

Incluye el paso del tiempo. Un mecanismo de reloj mueve el avance del tiempo y el estado de las variables del sistema es actualizado. La simulación

dinámica se adecúa para analizar los sistemas de manufactura y servicios, dado que ellos operan en el tiempo.

c) Simulación determinística

Se denomina simulación determinística cuando los modelos tienen entradas y salidas constantes. Estos son construidos de la misma manera que los probabilísticos o estocásticos, excepto que no poseen aleatoriedad. El resultado de una única corrida de simulación representa la medida exacta del desempeño del modelo.

d) Simulación estocástica o probabilística

La simulación es estocástica o probabilística si los modelos se basan en una o más variable de entrada, cuya naturaleza es aleatoria. Un modelo estocástico tiene entradas aleatorias, entonces produce salidas aleatorias. En un modelo estocástico muchas réplicas de simulación deben ser realizadas; entonces; el resultado es un promedio de las réplicas y provee sólo un estimado del desempeño del modelo.

A continuación se muestran tipos de simulación basada en el comportamiento continuo o discontinuo del sistema.

e) Simulación de sistemas continuos

Un sistema es continuo cuando la ocurrencia de alguna de sus actividades provoca ligeros cambios en el mismo. El sistema se monitorea en todos y cada uno de los puntos en el tiempo.

Cuando se modela matemáticamente al sistema, las variables del modelo que describen las interacciones entre los diferentes elementos del sistema se controlan mediante funciones continuas.

Aplicación:

- Estudio de la dinámica de crecimiento de la población mundial

f) Simulación de sistemas discretos

Un sistema es discreto cuando la ocurrencia de alguna de sus actividades provoca cambios discontinuos en el mismo. El sistema se observa únicamente en puntos determinados en el tiempo.

Aplicación:

- Los sistemas de colas o de líneas de espera sólo cambian cuando un cliente entra o sale del sistema. En otro momento el sistema, desde el punto de vista estadístico, se encuentra inactivo.

4.3.2.6. Simulación de Eventos Discretos

Según Hillier, F. y Lieberman, G. [05], los momentos en los que ocurren los cambios en el sistema se identifican como los eventos del modelo, por ejemplo, llegada o salida de clientes en un sistema de cola.

El hecho de que estos eventos ocurren en puntos discretos del tiempo da lugar a la simulación de eventos discretos.

La Simulación de eventos discretos consiste en seguir la secuencia de los eventos.

4.3.2.7. Enfoques de la Simulación de Eventos Discretos

Según Taha, H. [11], los enfoques de la Simulación de Eventos de Discretos son:

a) Programación del siguiente evento

Consiste en determinar el siguiente evento que ocurrirá en la escala de tiempo. Dependiendo del tipo de evento que ocurre se ejecutan las acciones correspondientes.

b) Examen de actividades

Es similar a la programación del siguiente evento, pero aquí se elabora una actividad condicional que es verificada cada vez que ocurre un evento. Si se cumple la verificación de la condicional se ejecutan las actividades correspondientes.

c) Orientado a los procesos

Se construyen procesos que comprenden las partes del sistema. Al interior de cada proceso se puede elaborar la programación del siguiente evento, llevando un control de los eventos que ingresan y salen.

4.3.2.8. Procesos

Los procesos son secuencias de actividades que están relacionadas para cumplir con un objetivo en común. A los procesos ingresan entidades con atributos predefinidos, el proceso realiza cambios en los atributos de las entidades y al terminar las expulsa. Si la entidad interactuó con el sistema alguno de sus atributos ha cambiado, en caso contrario, el proceso expulsa a la entidad.

4.3.2.9. Variables

Objeto, proceso o característica que está presente, o supuestamente presente, en el fenómeno que un científico quiere estudiar. Los objetos, procesos

o características reciben el nombre de variables en la medida en que su modificación provoca una modificación en otro objeto, proceso o característica. Las variables principales a las que se suele referir la investigación pueden ser independientes, dependientes, intermedias, observables o inobservables.

a) Exógenas

Las variables son exógenas cuando están fuera del sistema. No son variables que el sistema pueda controlar.

b) Endógenas

Las variables son endógenas cuando están dentro del sistema. Son variables que el sistema puede controlar.

4.3.2.10. Variables aleatorias

En simulación, los valores que puede tomar una variable aleatoria, como la duración de una actividad, o quizás el tiempo entre arribos de las entidades al sistema, son representados por una distribución de probabilidad. Para generar un valor individual de la variable aleatoria, un número aleatorio es colocado en una rutina o ecuación de transformación, que lo convierte en un valor asociado a una distribución de probabilidad y que representa a la variable aleatoria.

4.3.2.11. Variables del sistema

En el diseño de un nuevo sistema o en la mejora de uno ya existente se requiere lograr un entendimiento de cómo los elementos del sistema se interrelacionan y afectan unos a otros. Para ayudar a entender estas relaciones estudiaremos tres tipos de variables de sistemas:

- Variables de decisión
- Variables de respuesta

- Variables de estado

a) Variable de decisión

En un experimento de simulación, las variables de decisión representan a la variable independiente. Es posible alterar los valores de las variables independientes, cada vez que esto sucede se afecta el comportamiento del sistema. La persona que realiza el experimento controla y cambia los valores de las variables de decisión, bajo algún criterio técnico.

b) Variables de respuesta

También llamadas variables de performance, pues miden el desempeño del sistema en respuesta a alguna variable de decisión.

c) Variable de estado

Las variables de estado contienen valores individuales, pero en forma conjunta describen el estatus del sistema en cualquier instante de tiempo.

4.3.2.12. Condición de inicio y fin de la simulación

a) Simulación de estado transitorio

La simulación es de estado transitorio cuando el sistema empieza vacío y después de un tiempo de funcionamiento termina por ausencia de eventos, es decir, cuando el sistema queda vacío. Se produce porque durante la simulación, por alguna condición del modelo, ya no habrá más ingresos de entidades al sistema, esto origina que en el transcurso del tiempo las entidades, todavía en proceso, irán saliendo una por una, hasta que el sistema quede vacío, entonces termina la simulación. Finaliza porque ya no se generan más eventos, pues ya no hay entidades dentro del sistema. El sistema terminó como empezó, es decir vacío.

b) Simulación de estado estable

La simulación es de estado estable cuando su funcionamiento no tiene término, o tiende a infinito. Por lo general se alcanza un estado estable después de un período de calentamiento o Warm-up, que parte de las condiciones iniciales. Es importante definir este periodo de calentamiento en el experimento de simulación, para recortarlo y no considerar las estadísticas que se generan en ese periodo, por ser sesgadas y no representativas.

En un estado estable el interés se centra en identificar el instante en que la variable en estudio alcanza la estabilidad. Si un modelo empieza vacío, sin entidades, entonces tomará algún tiempo antes de que se encuentre el estado estable. Una condición para alcanzar el estado estable es que la variable de respuesta muestre cierta regularidad estadística, es decir no varíe con el tiempo y reduzca su intervalo de confianza.

4.3.2.13. Determinación del número de replicas

Los resultados de una réplica del modelo de simulación representan sólo una muestra del comportamiento del sistema real. La pregunta es ¿A partir de esta muestra se podrá inferir sobre él? ¿Podríamos tomar decisiones a partir de una sóla replica?

Un método esencial para mejorar la fiabilidad de los resultados es ejecutar más de una réplica independiente. Múltiples e independientes réplicas del modelo son siempre requeridas cuando se trabaja en simulación estocástica (aleatoria).

El análisis estadístico de los resultados es un factor crítico para hacer conclusiones válidas. Los valores obtenidos de las variables de interés se analizarán mediante intervalos de confianza y pruebas de hipótesis para la comparación de escenarios.

4.3.2.14. Muestras preliminares (n)

Un primer paso es fijar una cantidad previa de réplicas que represente una muestra piloto. Este número de réplicas se define a criterio del analista y los resultados servirán como punto de partida para obtener algunos parámetros preliminares como la media y la desviación estándar, que se utilizarán, posteriormente, para determinar el número de réplicas y los intervalos de confianza.

4.3.2.15. Determinación del número de réplicas (N)

Los parámetros obtenidos al ejecutar el modelo con un número de réplicas preliminares (n) nos servirán para determinar el tamaño del experimento de simulación. La distribución a utilizar depende del número de réplicas adoptado.

n<30 $N = \left[\frac{t_{(n-1,\ 1-\frac{\alpha}{2})} * S_n}{e}\right]^2$, $N = \left[\frac{Z_{(1-\frac{\alpha}{2})} * S_n}{e}\right]^2$ n>30

N: Número de réplicas que el modelo necesita para alcanzar un nivel de confianza deseado

n: Muestra preliminar (número de réplicas preliminares)

$S_{(n)}$: Valor estimado de la desviación estándar σ, sobre la base de datos de la muestra preliminar (n).

E: Error entre la media estimada $\overline{X}_{(n)}$ y la media verdadera μ (media teórica), que estamos dispuestos a tolerar.

$t_{(n-1,1-\alpha/2)}$: Es un valor de tabla de la distribución t de Student con n-1 grados de libertad y α es un parámetro usado para definir la probabilidad que el error entre la media estimada $\overline{X}_{(n)}$ y la media verdadera μ excederá en una cantidad específica "e".

$Z_{(1-\alpha/2)}$: Es un valor de tabla de la distribución normal, α es la probabilidad que el error entre la media estimada $\overline{X}_{(n)}$ y la media verdadera μ excederá en una cantidad específica "e".

4.3.2.16. Intervalos de confianza

Según Torres, P. [12], un intervalo de confianza para la media verdadera es un intervalo de valores calculado a partir de los datos de la muestra, que se espera contenga la verdadera media con un cierto valor de probabilidad denominado nivel de confianza o confiabilidad.

$$n<30 \quad \overline{X} \pm t_{(n-1,1-\alpha/2)}\sqrt{\frac{{S_n}^2}{n}} \qquad , \qquad \overline{X} \pm Z_{(1-\alpha/2)}\sqrt{\frac{{S_n}^2}{n}} \quad n>30$$

Este intervalo nos dirá que tan seguros podemos estar respecto a que el parámetro de la media verdadera μ está contenida dentro de nuestro intervalo calculado.

4.3.3. Distribuciones de probabilidad

Los sistemas estocásticos tienen situaciones que implican la determinación de valores de tiempo o cantidad, que varían de acuerdo a una forma o densidad de un rango dado. Por ejemplo, el instante en que ocurrirá el próximo evento, el número de productos por trasladar, el tiempo de recorrido hasta la ventanilla de atención o el tiempo de una consulta médica, etc. Los resultados o valores posibles que pueden tomar todas estas situaciones conforman el universo de valores que está definido por la variable aleatoria y pueden ser expresados o representados por promedio de una distribución de probabilidad.

4.3.3.1. Distribución Erlang (β, k)

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{\beta^{-k} x^{k-1} e^{-x/\beta}}{(k-1)!} & para\ x > 0 \\ 0 & de\ otra\ forma \end{cases}$$

Parámetros: Si $x_1, x_2, \dots, x_n$ son variables aleatorias exponenciales IID (Independientes e Idénticamente Distribuidas), entonces la suma de esas muestras *k* tienen una distribución Erlang-*k*. La media (*β*) de cada uno de los componentes de las distribuciones exponenciales y el número de variables aleatorias exponenciales (k) son los parámetros de la distribución. La media exponencial se especifica como un número real positivo y k se especifica como un número entero positivo.

Rango: (0,+∞)

Media: $k\beta$

Varianza: $k\beta^2$

Aplicaciones: La distribución Erlang se usa en situaciones en las que ocurre una actividad en fases sucesivas y cada fase tiene una distribución exponencial. Para *k* grande, la distribución Erlang se aproxima a la distribución normal. A menudo la distribución Erlang se utiliza para representar el tiempo requerido para completar una tarea. La distribución Erlang es un caso especial de la distribución gamma en la que el parámetro de forma, α, es un numero entero (*k*).

4.3.3.2. Distribución Exponencial (β)

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\beta} e^{-x/\beta} & para\ x > 0 \\ 0 & de\ otra\ forma \end{cases}$$

Parámetros: La media especificada como un número real positivo.

Rango: [0,+∞)

Media: β

Varianza: β^2

Aplicaciones: Esta distribución a menudo se usa para modelar tiempos entre eventos de llegadas y procesos de no funcionamiento aleatorios, pero por lo general no es apropiada para modelar tiempos de retraso del proceso.

4.3.3.3. Distribución Gamma (β,α)

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{\beta^{-\alpha} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}}{\tau(\alpha)} & para\ x > 0 \\ 0 & de\ otra\ forma \end{cases}$$

En donde τ es la función gamma completa dada por:

$$\tau(\alpha) = \int_0^{\infty} t^{\alpha-1} e^{-1} dt$$

Parámetros: El parámetro de escala (β) y el parámetro de forma (α) especificados como valores reales positivos.

Rango: [0,+∞)

Media: αβ

Varianza: $\alpha\beta^2$

Aplicaciones: Para parámetros de forma de números enteros, la distribución Gamma es la misma que la distribución Erlang. La distribución Gamma se usa con frecuencia para representar el tiempo requerido para completar alguna tarea (por ejemplo, un tiempo de máquina o un tiempo de reparación de máquina).

4.3.3.4. Distribución LogNormal (μ,σ)

Denota los parámetros de entrada especificados por el usuario como:

$$\text{LogMean} = \mu_l \quad \text{y} \quad \text{LogStd} = \sigma_l$$

entonces permite que:

$$\mu = ln\left(\mu_l^2 \Big/ \sqrt{\sigma_l^2 + \mu_l^2}\right) \quad \text{y} \quad \sigma = \sqrt{ln\left[\left(\sigma_l^2 + \mu_l^2 \Big/ \mu_l^2\right)\right]}.$$

La función de densidad de probabilidad se puede entonces escribir como:

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{1}{\sigma x\sqrt{2\pi}} e^{-(\ln(x)-\mu)^2 / 2\sigma^2} & para\ x > 0 \\ 0 & de\ otra\ forma \end{cases}$$

Parámetros: La media de LogMean ($\mu_l > 0$) y la desviación estándar de LogStd ($\alpha_l > 0$) de la variable aleatoria lognormal. Ambos, LogMean y LogStd, deben especificarse como números reales estrictamente positivos.

Rango: [0,+∞)

Media: $\text{LogMean} = \mu_l = e^{\mu+\sigma^2/2}$

Varianza: $(\text{LogStd})^2 = \sigma_l^2 = e^{2\mu+\sigma^2}$

Aplicaciones: Para parámetros de forma de números enteros, la Gamma es la misma que la distribución Erlang. La Gamma se usa con frecuencia para representar el tiempo requerido para completar alguna tarea (por ejemplo, un tiempo de máquina o un tiempo de reparación de máquina).

4.3.3.5. Distribución Beta

$$f(x) = f(x) = \begin{cases} \frac{x^{\beta-1}(1-x)^{\alpha-1}}{B(\beta,\alpha)} \; para \;\; 0 < x < 1 \\ 0 \; de \; otra \; forma \end{cases}$$

En donde B es una función de beta completa dada por:

$$B(\beta,\alpha) = \int_0^1 t^{\beta-1}(1-t)^{\alpha-1}dt$$

Parámetros: Parámetros de forma beta (β) y alfa (α) especificados como números reales positivos.

Rango: [0,1] (También se pueden transformar en un rango general [a,b] como se describe después)

Media: $\frac{\beta}{\beta+\alpha}$

Varianza: $\frac{\beta\alpha}{(\beta+\alpha)^2(\beta+\alpha+1)}$

Aplicaciones: Por su capacidad para tomar una amplia variedad de formas, esta distribución a menudo se usa como un modelo aproximado en la ausencia de datos. Debido a que el rango de la distribución Beta es de 0 a 1, la muestra *X* puede transformarse a una muestra beta a escala *Y* con el rango desde *a* hasta *b* al usar la ecuación Y= a

+ (b - a) X. La beta a menudo se usa para representar proporciones aleatorias, tales como la proporción de artículos defectuosos.

4.3.3.6. Distribución Normal (μ,σ)

$$f\ (x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \frac{e^{-(x-\mu)^2}}{2\sigma^2}$$

para todas las x reales.

Parámetros: La media μ especificada como un número real y la desviación estándar σ especificada como un número real positivo.

Rango: $(-\infty, +\infty)$

Media: μ

Varianza: σ^2

Aplicaciones: La distribución Normal se usa en situaciones en las que aplica el teorema del límite central, esto es, las cantidades que son las sumas de oreas cantidades. También se utiliza de forma empírica para muchos procesos que parecen tener una distribución simétrica. Debido a que el rango teórico es de $-\infty, +\infty$, la distribución no debería emplearse para cantidades positivas como tiempos de proceso.

4.3.3.7. Distribución Weibull

$$f\,(x) = \begin{cases} \alpha\beta^{-\alpha}x^{\alpha-1}e^{-(\frac{x}{\beta})^{\alpha}} & para\ x > 0 \\ 0\ , \quad de\ otra\ forma \end{cases}$$

Parámetros: El parámetro de escala (β) y el parámetro de forma (α) se especifican como números reales positivos.

Rango: $[0,+\infty)$

Media: $\frac{\beta}{\alpha}\{2\tau\left(\frac{2}{\alpha}\right), en\ donde\ \tau\ es\ la\ función\ gamma\ completa$

Varianza: $\frac{\beta^2}{\alpha}\left\{2\tau\left(\frac{2}{\alpha}\right) - \frac{1}{\alpha}\left[\tau(\frac{1}{\alpha})\right]^2\right\}$

Aplicaciones: La distribución Weibull se emplea mucho en modelos de fiabilidad para representar el tiempo de vida de un mecanismo. Si un sistema consiste en un gran número de partes que fallan de forma independiente y si el sistema se descompone cuando cualquier parte falla, entonces el tiempo entre fallas sucesivas puede aproximarse a la distribución de Weibull. Esta distribución también se utiliza para representar tiempos de tarea no negativos.

4.3.4. Elementos abstractos del sistema

Un modelo de simulación es una abstracción del sistema real. Para construir un modelo es necesario visualizar cómo el sistema real puede ser traducido en un modelo virtual, utilizando los elementos abstractos y las herramientas que provee el software.

4.3.4.1. Entidades

Las entidades representan los elementos que ingresan al sistema para recibir un servicio o para ser procesadas; representan las entradas y salidas del sistema.

4.3.4.2. Recursos

Los recursos son los elementos que soportan, directa o indirectamente, el procesamiento de las entidades en el sistema. Existe siempre un interés por conocer cómo son utilizados los recursos o cómo se afecta en el flujo de entidades, reflejándose en tiempos de espera por la disponibilidad del recurso.

4.3.4.3. Atributos

Los atributos son variables asociadas exclusivamente a las entidades, almacenan valores o información acerca de cada entidad. Para individualizar entidades es necesario vincular atributos, las entidades poseen atributos que contienen información característica para cada entidad; es decir las entidades poseen características que son comunes pero contienen información específica para cada entidad que las diferencia unas de otras.

4.3.5. Herramientas de simulación

Se utilizara como herramienta para realizar la simulación, el software ARENA.

4.3.5.1. Software ARENA

ARENA es un poderoso software de simulación que permite modelar sistemas discretos. Los sistemas se modelan en ARENA usando el enfoque de orientación a los procesos. En la orientación a los procesos, se modela el sistema estudiando las entidades que se mueven a través de éste. El modelo consiste en

una representación de los procesos del sistema a través de los cuales las entidades se moverán.

ARENA internamente genera su código en lenguaje SIMAN que está basado en los conceptos teóricos de Zeigler (1976) acerca de los sistemas.

4.3.5.2. Características del software

- Proporciona la tecnología necesaria para completar con éxito todas las fases de un estudio de simulación.
- Es un simulador de sistemas de eventos discretos bajo un enfoque orientado a los procesos.
- Se modela sin la necesidad de codificar programas.
- Permite mostrar la animación del modelo construido.
- Internamente se genera el código de programación en lenguaje SIMAN.
- Permite adicionar módulos escritos en otros lenguajes como C o FORTRAN.

4.3.5.3. Diagrama de bloques

Los procesos se modelan en ARENA utilizando un diagrama de bloques. Un diagrama de bloques es una representación gráfica que muestra la trayectoria que siguen las entidades al recorrer el sistema. El diagrama de bloques se construye como una secuencia de bloques o módulos, unidos por flechas que representan el flujo de las entidades. Para la construcción de un diagrama de bloques se dispone de un conjunto de bloques o módulos prediseñados y que tienen características propias.

Seleccionar y combinar los bloques o módulos para formar el diagrama de bloques es la parte creativa y difícil del modelado; en la construcción del diagrama de bloques expresamos el proceso lógico del modelo simulado.

4.3.5.4. Módulos

Son los elementos básicos con los que se construyen los modelos de simulación, estos se seleccionan de algunas de las plantillas existentes en la barra de proyectos.

El diagrama de bloques describe la dinámica del proceso en el modelo, se consideran los módulos como nodos de una red por donde circulan las entidades (clientes, productos, etc.), pasan tras entrar en la red y finalmente salen.

Para colocar un módulo en el modelo, hay que seleccionar el módulo correspondiente (botón izquierdo del mouse) y llevar el módulo hasta la vista de diagrama de flujo. Los módulos del modelo están conectados unos con otros, mediante líneas (connect), describiendo el proceso lógico del modelado.

Los módulos básicos son Create, Dispose, Process, Decide, Batch, Separate, Assign y Record (pertenecen a la plantilla Basic Process), en esta plantilla cada uno de ellos tiene una forma diferente, en otras plantillas los módulos son todos rectangulares, diferenciándose en ocasiones por el color.

4.3.5.5. Módulo de datos

Los módulos de datos son un tipo especial de módulos que no tienen representación en la vista de diagrama del flujo, sólo aparecen en la vista de hoja de cálculo. Sirven para definir las características de varios procesos y elementos del modelo.

Los iconos de estos en la plantilla de Basic Process son pequeñas hojas de cálculo. Las entidades no fluyen por los módulos de datos.

Los módulos de datos en la plantilla de procesos básicos son: Entity, Queue, Resource, Variable, Schedule y Set.

La introducción de datos se realiza seleccionando en la plantilla de procesos básicos el tipo de módulo y rellenando la línea correspondiente que aparece en la vista de hoja de cálculo. Allí se añaden nuevos módulos o se editan los existentes.

4.3.5.6. Módulo create

Este módulo se define como el punto de partida de las entidades en el modelo de simulación. Las entidades se crean utilizando un programa basado en el tiempo entre arribos.

Las entidades dejan el módulo para iniciar el procesamiento a través del modelo. El tipo de entidad se especifica en este módulo.

4.3.5.7. Módulo process

Este módulo se define como el proceso principal en el modelo de simulación. Están disponibles las opciones para tomar y liberar recursos. Adicionalmente, esta es la opción para usar un sub modelo y especificar la jerarquía lógica definida por el usuario.

El tiempo de proceso es asignado a la entidad y puede ser considerado como valor agregado, valor no agregado, transporte, espera u otro. El costo asociado se agregará a la categoría apropiada.

4.3.5.8. Módulo dispose

Este módulo se define como el punto final de las entidades en el modelo de simulación. Las estadísticas de la entidad pueden registrarse si Record Entity Statistics esta seleccionado.

4.3.5.9. Módulo decide

Este módulo se utiliza en los procesos de toma de decisiones en el sistema. Incluye opciones para tomar decisiones basadas en una o más condiciones o en una o más probabilidades. Las condiciones pueden basarse en valores de atributos, valores de variables, tipos de entidades o expresiones.

4.3.5.10. Módulo assign

Mediante este módulo se asignan valores a variables, atributos, arreglos, tipos de entidad y otros.

4.3.5.11. Módulo resource

Se utiliza para definir los recursos del modelo, incluyendo la información de costos y disponibilidad de los recursos. Los recursos pueden tener una capacidad fija que no cambia durante la corrida de simulación o pueden operar basado en un programa. Las fallas del recurso y sus estados también pueden ser referenciados en este módulo, se usa con las plantillas Advanced Process y Advanced Transfer.

4.3.6. Las Artes y los métodos de pesca

Según CIFUENTES, TORRES y FRÍAS, [14], se pueden definir las artes y métodos de pesca de la siguiente manera:

La Pesca, ejercida desde los albores de la humanidad como una de las actividades fundamentales para conseguir alimento, fue llevada a cabo por métodos rudimentarios como los arpones fabricados con ramas de árboles; troncos; anzuelos, ramas que se atravesaban en zonas poco profundas los cuales evolucionaron hasta llegar a la actualidad, en que la pesca se realiza utilizando una serie de materiales perfeccionados, como la red, elemento de pesca.

A los instrumentos y procedimientos que se utilizan para capturar a los organismos que pueblan las aguas del planeta, ya sean marinas, salobres o

dulces, se les llama, en conjunto, artes y métodos de pesca, aunque por lo general se acostumbra diferenciar, de manera más específica, a la pesca con redes, denominada genéricamente "artes", de la que se lleva a cabo por promedio de anzuelos y otros aparatos especiales, llamados "aparejos".

El invento y uso de las redes como artes de pesca tuvo importancia fundamental en el desarrollo de la industria pesquera. Una red no es sino un tejido de malla que se utiliza en diversas formas para interceptar el paso de los peces y otros animales acuáticos, ya sea esperándolos o bien yendo a buscarlos sacándolos de sus lugares de protección; su diseño, así como los procedimientos de empleo de la red, han experimentado una serie de innovaciones y mejoras que la hacen cada día más efectiva.

Actualmente, las modalidades de las "redes pesqueras" son numerosas: unas operan en la superficie, algunas a media agua y otras en el fondo; sin embargo, todas ellas tienen en común una serie de elementos fundamentales, como los paños, la armadura exterior, los extremos laterales y los cabos.

Los paños constituyen el cuerpo de la red y están integrados por mallas de formas y tamaños diversos según las clases de redes o el lugar que ocupan en el arte. Se elaboran generalmente con hilo nylon y polyester u otros tipos de fibras anudados en los cruces, aunque en algunos casos se construyen sin nudos, con lo que se reduce tanto la cantidad de material necesario para la elaboración de la red, como su peso y su visibilidad en el agua, haciéndola más efectiva.

La armadura exterior encuadra los paños de malla y está formada por los cabos superiores e inferiores, denominados en conjunto "relingas". En cualquier tipo de red, ya sea fija, de deriva o de arrastre, existe un tramo del arte que queda más cerca de la superficie, llamado "relinga superior", y de ella cuelga el resto de la red la cual se mantiene en esta posición mediante diversos tipos de flotadores que pueden ser de corcho, bolas de vidrio o de plástico; la relinga opuesta, es decir, la más cercana al fondo, va siempre lastrada con plomos o cadenas para

mantener la red extendida y abierta, y recibe el nombre de "relinga inferior" o "relinga de plomos".

Los extremos laterales de la red cierran con las relingas el marco que la sostiene y mantiene abierta durante la operación; pueden ser de apertura de luz de malla más cerrada, a las que se llama "alas"; de madera, como en las redes camaroneras, que se denominan "tablas o puertas"; o de tubos metálicos o "calones", y permiten la fijación de los cabos de tracción de las redes.

En un principio, las redes fueron construidas con materiales derivados de fibras vegetales, como el cáñamo, el esparto, el abacá, el henequén, el sisal, el algodón o la seda, tendiendo siempre a ser menos densas o pesadas que el agua, ya que esto facilita la tracción de la red.

Modernamente se han ido cambiando las fibras vegetales por diversas clases de fibras sintéticas, como el nylon y el polyester, así como por polietilenos y acrílicos, que presentan indudables ventajas por ser menos pesadas, admitir coloraciones determinadas, ser muy resistentes y no pudrirse.

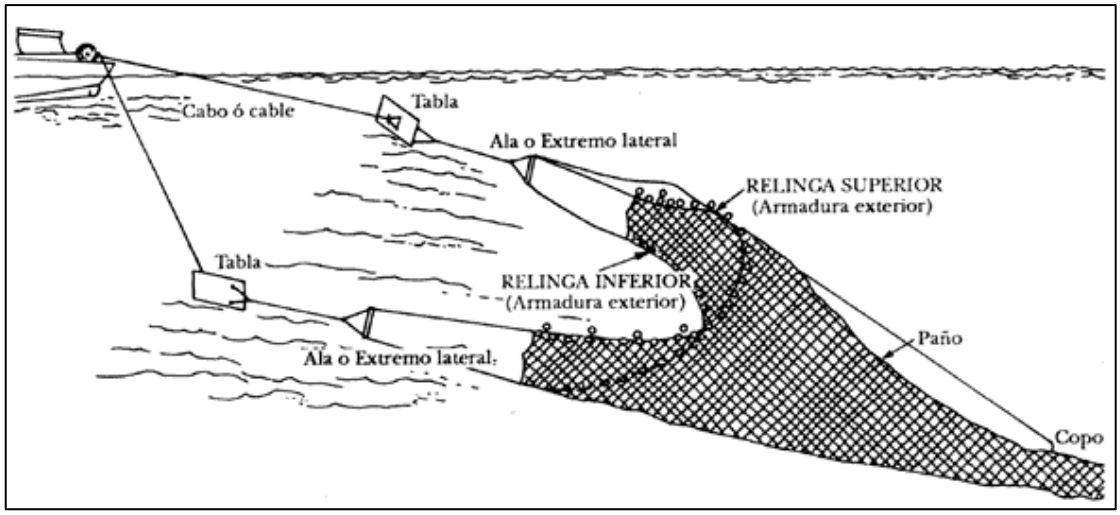


Figura 2. Partes integrantes de una red

Fuente. Internet página web

Actualmente la diversidad de modelos de redes es extraordinaria y se puede asegurar que cada día se diseña una nueva, pero todas responden en general, a un reducido número de tipos básicos. Estos tipos fundamentales se pueden agrupar en: redes fijas, redes de cerco, redes de copo y redes de arrastre.

Las redes de cerco se utilizan para la captura de peces cuya costumbre es nadar formando densos cardúmenes o bancos de peces, ya sea en la superficie o a media agua, es decir, pelágicas, como las anchovetas, las sardinas, los atunes, el bonito, la caballa y el jurel. En un principio, estas especies (y en algunos lugares todavía) fueron capturadas mediante artes de enmalle, sardinales y trasmallos; sin embargo, las artes verdaderamente eficaces para esta clase de pesca son las redes de cerco, por las que se han ido sustituyendo.

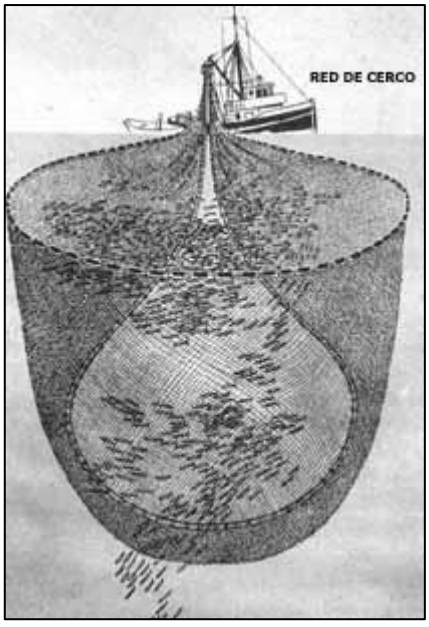


Figura 3. Red de cerco

Fuente. Internet página web

Un arte de cerco se reduce a un gran paño de red de forma rectangular, cuyas dimensiones varían entre 250 y 1000 metros de longitud y alrededor de 40

de profundidad. En la parte superior de la red se dispone de un número adecuado de flotadores que la mantienen en posición vertical, cuando se utiliza. En la parte inferior lleva una serie de plomos que ayudan al mantenimiento vertical, contando además con un conjunto de anillos por los que pasa un cabo resistente llamado "jareta", que se encarga de cerrar la red y por esto se le conoce con el nombre de "red de cerco de jareta".

Cuando la embarcación llega a un lugar en donde se localizó, por diversos métodos, al cardumen, se inicia el calado de la red, tirando al agua uno de sus extremos cuyos cabos quedan a bordo del bote auxiliar, que describe un círculo rodeando a la mayoría de los organismos.

Una vez terminada esta operación, los pescadores tiran de cada uno de los extremos de la jareta, consiguiéndose de este modo cerrar la parte inferior de la red y así formar un copo en donde queda atrapado el cardumen; después, se va cobrando el arte por uno o varios extremos, ayudándose por promedio de güinches, hasta que los animales capturados quedan en un espacio mínimo; los peces se suben a bordo con un gancho o mediante la aspiración con poderosas bombas.

Antiguamente, y en algunos países donde la pesca ha evolucionado poco, la recuperación del arte de cerco era una operación penosa y requería de la colaboración de un gran número de pescadores; en la actualidad, la utilización de las técnicas denominadas "halado-mecánico" permite simplificar el procedimiento y reducir en mucho la mano de obra y el tiempo de operación.

La pesca de cerco hace indispensable que los organismos que se quiere capturar estén formando grandes asociaciones, pues si éstos se hallan dispersos, la pesca de cerco no es posible. Para conseguir localizar la mayor concentración de peces se recurre a varios sistemas, como la utilización de ecosondas especiales de proyección horizontal capaces de detectar la presencia de bancos en un radio de algunas millas alrededor del barco.

A pesar del desarrollo que han tenido estos métodos de localización de las especies pelágicas, ésta se sigue realizando a simple vista, observando el brillo o burbujeo que producen los peces cerca de la superficie, operación conocida como "ardora". En la época actual, en la localización de los bancos se utilizan también avionetas y otros medios, como colocar en el barco aparatos ultrasónicos, los cuales emiten sonidos especiales que son captados por los delfines, que generalmente nadan en el cardumen, por lo que al saltar fuera del agua alertan al capitán del barco cerquero.

También son importantes los métodos para concentrar a las poblaciones de peces, tomando en cuenta los estímulos que provoca el uso de la luz, que reúne, por una respuesta positiva hacia ella, a los diminutos componentes del plancton, principal alimento de estos peces pelágicos y que por lo tanto los va a concentrar, facilitando su captura. Otro estimulante que se ha considerado idóneo para lograr estas concentraciones es la "raba", hueva del bacalao o de las merluzas.

El interés por las pesquerías de cerco ha ido aumentando, trayendo como consecuencia una serie de cambios importantes. Sin duda, las mayores capturas mundiales, en el momento actual, se llevan a cabo mediante este tipo de redes de cerco y una de las más importantes es la destinada a la del arenque, que se efectúa tanto en el Atlántico norte como en el Pacífico septentrional.

Otra gran pesquería de cerco la forma la captura de la anchoveta en el litoral peruano, que ha llegado en algunos años a la fabulosa cifra de 12 millones de toneladas, capturadas por barcos cerqueros llamados "bolicheras", y que se destinan a producir la famosa harina de pescado peruana, que es la base de la alimentación para la cría de aves y de cerdos en muchos países del mundo. En la zona colindante con el cabo Blanco, en el noroeste africano, existen importantísimas pesquerías de "alacha", cuya explotación para transformación en subproducto se lleva a cabo especialmente por promedio de artes de cerco.

Otra pesquería importante que utiliza este tipo de arte de pesca cerquero es la de la sardina, tanto la europea, sardina propiamente dicha, como las

especies más abundantes y de mayor tamaño que frecuentan las costas de América y California, o las de África del sur y Japón. Se pueden citar las importantes pesquerías de Menhaden en la costa sudoriental de los Estados Unidos explotadas para la obtención de harinas y aceites, las cuales han llegado a tan alto grado de desarrollo que incluso disponen de helicópteros para la localización de los cardúmenes.

Sin embargo, la pesquería de cerco que ha tenido una mayor evolución en los últimos años ha sido la del atún, cuyas principales poblaciones se localizan en el océano Pacífico oriental entre las costas de California y las del Perú, o en las del Atlántico frente al norte de África. Los barcos que intervenían en esta pesquería, hasta 1966, utilizaron las cañas y la carnada viva, pero a partir de ese año fueron adaptados para emplear la red de cerco.

Las modernas tendencias del arte de cerco tratan de realizar la maniobra del modo más fácil y rápido, evitando, al mismo tiempo, la huida de cierta cantidad de peces a través de la parte inferior de la red antes de que se cierre con la jareta; por ello, algunos diseños recientes de éstas llevan un segundo faldón por debajo del piso principal de la red, asegurando, así, su efectividad. De cualquier modo, las redes de cerco no son cien por ciento efectivas, ya que su diseño prevé que se pueda escapar un número de peces que asegure la conservación de la especie; de no ser así, los diferentes métodos y artes que cada día evolucionan más ya habrían terminado con las poblaciones de organismos capturables de los océanos.

4.3.7. La Empresa en estudio

4.3.7.1. Historia

La empresa en estudio inicia sus operaciones en el Callao en 1995, con el objeto de diseñar, fabricar y comercializar redes, cabos e hilos para las actividades de pesca y acuicultura para el mercado sudamericano.

En 1997 ingresa al mercado de redes para salmones en Puerto Montt con la adquisición de tejedoras Raschel, marca Karl Mayer.

En el 2002, adquiere la planta Nepro Chile Ltda., subsidiaria de la empresa japonesa Kinoshita Fishing Nets, ubicada en Iquique – Chile, con esto se convierte en fabricante y distribuidor de redes sin nudo japonesa o Redes Muketsu, para anchoveta, jurel y caballa.

En el 2006, adquiere los equipos y maquinarias de Redes S.A. de México, logrando adquirir al mismo tiempo el conocimiento para fabricar Redes Atuneras o redes braided, para pesca de túnidos.

En el 2012, la empresa en estudio consolida su alianza con Kinoshita Fishing Net del Japón, implementa el SAP y amplia geográficamente su ámbito de negocios.

4.3.7.2. Ventajas competitivas

a) Productos

- Redes.

La red con nudo, ya sea con hilo torcido o trenzado, es hasta el momento el paño para la pesca por excelencia; por esto la empresa en estudio posee telares con nudo de tecnología japonesa de última generación para su producción.

Las aplicaciones de las redes con nudo, están referidas a diversos tipos de artes de pesca, como son las redes de cerco (anchoveteras, sardineras, jureleras y atuneras, entre otros); las redes de arrastre (merluceras, camaroneras, etc.); las redes de cortina para la pesca de enmalle de tamaño de malla igual o superior a 3” (albacoreras, animaleras, etc.); y, las redes de protección contra el ataque de lobos marinos en la industria del cultivo de especies marinas.

- Cabos.

Los cabos son cuerdas con torsión que toman directamente las fuerzas hidrodinámicas durante las operaciones de pesca, ya sea en el lanzamiento o la recuperación del arte.

Por esta razón, los cabos de la empresa en estudio tienen las características específicas para cada trabajo en particular manteniendo los estándares de calidad gracias a las materias primas y maquinaria utilizadas, así como a los controles de calidad aplicados.

En la empresa en estudio se dispone de variados tipos de cabos en diversos diámetros y grados de torsión.

- Hilos.

En las plantas de hilos de la empresa en estudio se obtienen productos con dos finalidades: (1) Hilos o cordeles para la venta; y, (2) Hilos o cordeles para abastecer a los telares de redes con nudo.

b) Control de Calidad

La empresa en estudio cuenta con un laboratorio completamente equipado en el que se comprueban todas las variables físicas y mecánicas de las materias primas y en cada una de las etapas de los procesos de fabricación hasta llegar a su producto final con el objetivo de garantizar la calidad de cada uno de ellos y la satisfacción del cliente.

Efectuando muestreos aleatorios de carga a la ruptura, elongación, resistencia a la abrasión, encogimiento y respuesta al desgaste.

c) Servicios

- Diseño.

El equipo técnico diseña productos en la gama de redes de pesca, acuicultura y de otras aplicaciones (minería, obras civiles, etc.) de acuerdo al requerimiento del cliente, proponiendo prototipos, instrucciones técnicas y manuales, e innovando con la aplicación de nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia de dichos productos.

- Armado.

Cuenta con amplios Talleres de Armado de Redes, en el Callao y Chimbote teniendo una participación importante de mano de obra calificada, en la cual se ejecutan los proyectos de Armado de Redes, que derivan de los diseños proporcionados por una empresa nacional con la que tienen una alianza estratégica a la que llamaremos ARMADOS S.A. y los que conjuntamente se realizan con el cliente, aplicando para ello los procesos adecuados de preparación, ensamble y montaje de componentes, que darán como resultado una red de gran performance.

- Reparación.

ARMADOS S.A. realiza reparaciones y mantenimientos preventivos de Redes, con la finalidad de contribuir a mantener y mejorar la vida útil de las mismas, contando para ello con procesos y herramientas de seguimiento y trazabilidad que permitan seguir utilizando los materiales que cumplan con los estándares de calidad exigidas, también realiza seguimiento de la performance de las redes en operación, utilizando equipos de medición de sus parámetros funcionales.

d) Mercados

La empresa en estudio comercializa sus productos en diferentes mercados.

- Mercado atunero: México, Panamá y Ecuador.
- Mercado anchovetero: Perú y Chile.
- Mercado de sardina: México y Ecuador.
- Mercado salmonero y lobero: Puerto Montt Chile y otros como Brasil y Centroamérica donde existe pesca y acuicultura.

e) Planeamiento estratégico

- Misión.

Contribuir al éxito de nuestros clientes en sus operaciones de pesca o acuicultura, brindando productos y servicios de alto valor, suministrando principalmente, redes, cabos y demás aparejos de pesca, y con ello lograr desarrollo para nuestros colaboradores y rentabilidad que sustente el negocio en el tiempo.

- Valor.

Personal competente con un alto compromiso, que orienta sus esfuerzos a lograr los objetivos de calidad y servicio para el cliente, con simplicidad y excelencia.

- Visión.

Ser la empresa líder en brindar soluciones de alto valor para el cliente pesquero y acuícola, siendo reconocida al mismo tiempo como la mejor empresa para trabajar en el Perú y Chile, además de cuidar el promedio ambiente y su entorno social.

4.3.7.3. Descripción del sistema

Las aplicaciones de las redes con nudo, están referidas a diversos tipos de artes de pesca, como son las redes de cerco (anchoveteras, sardineras, jureleras

y atuneras, entre otros); las redes de arrastre (merluceras, camaroneras, etc.); y, las redes de protección contra el ataque de lobos marinos en la industria del cultivo de especies marinas.

Las redes con nudo se ramifican en varias familias, Anchoveteras; Cortineras, Cenefas, Zipper, Sardineras, Atuneras, Arrastre y Loberos.

Las diferencias más sobresalientes entre las familias son el título del cordel, el tamaño de malla y el acabado de la red. En el presente trabajo se estudiara el comportamiento de la familia de redes anchoveteras.

La fabricación de un cordel se realiza de dos maneras, con el proceso de trenzado o torcido, los procesos son excluyentes, en el proceso de trenzado se inicia con el proceso de urdido de materia prima, seguidamente se realiza el proceso de trenzado, en este proceso de unen 16 filamentos para dar nacimiento al cordel trenzado, para la fabricación del cordel torcido se inicia con la torsión en S de la materia prima, lo que se denomina primera torsión, seguidamente se realiza la unión de los filamentos, se unen 3 filamentos para realizar la segunda torsión en Z del cordel torcido.

Luego se transportan los carretes al área de bobinado donde se transforman los carretes en bobinas, al finalizar con el proceso de bobinado se transportan las bobinas a los telares, se teje la red y al finalizar el tejido la red se transporta al área de acabado para realizar la revisión de la red.

En la revisión de la red el operario verifica que la red no tenga ninguna falla y en caso de encontrar algún tipo de falla el operario coloca una marca en la falla. Al culminar con la revisión la red es llevada al área de remallado donde el paño es remallado por las operarias, al culminar con la operación el paño pasa al área de autoclaves, donde se realiza el teñido, lavado, cocido o resinado de la red, al culminar ese proceso el paño se dirige hacia el área de termofijado, en donde se realizan dos proceso, el secado de la red y el fijado de la red. En caso de que la

red necesite ser primolitada, se dirige al área de primolitado en donde se realizan dos procesos, primolitado blando y primolitado duro.

Al finalizar ese proceso la red se envía al área de acabado para su respectivo embalaje.

4.3.8. Herramienta de Gestión: SAP

La Planificación de Recursos Empresariales (ERP) da soporte a las funciones esenciales de los procesos y operaciones de la empresa y SAP (Systems, Applications, Products in Data Processing) es la empresa que provee el ERP. El sistema SAP es utilizado, en la empresa, para registrar toda la información del proceso de producción de los últimos seis meses del año 2013, generando así un histórico.

La empresa en estudio implementó con IBM, la herramienta líder en ERP conocida como SAP, con el objeto de optimizar la gestión y el control de sus procesos. Esta herramienta es el complemento adecuado para sostener el crecimiento de la compañía así como la creación de ventajas competitivas, que aseguren seguridad y respaldo para nuestros clientes.

4.3.8.1. Datos Maestros

Los datos maestros o data maestra es la información de cada material ya sea ROH, HALB o FERT, en la carga de datos maestros se acondicionan diferentes parámetros que son requeridos en la modelación de cada implementación. Generalmente las variables que son consideradas son: pesos, características del material, planificación de capacidades de los materiales, vistas contables, vistas del área comercial, etc.

Los materiales ya sean Halb o Fert, tienen lista de materiales, hoja de ruta y versión de fabricación.

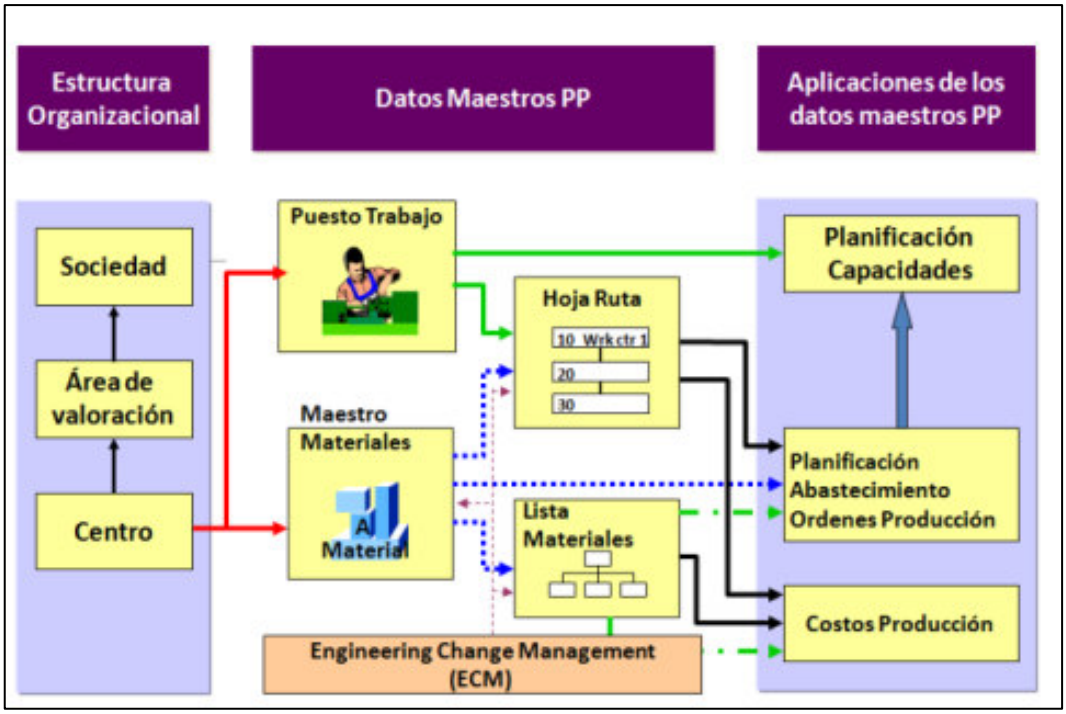


Figura 4. Estructura de Datos Maestros PP

Fuente. Manuales SAP de la empresa en estudio

a) Puestos de trabajo

El puesto de trabajo es el área donde se realiza una determinada operación. Para la implementación de un puesto de trabajo se debe considerar la capacidad.

Las capacidades en puestos de trabajo se distinguen por clases de capacidad. Las clases de capacidad son, por ejemplo:

- Capacidad de máquina.
- Capacidad de personal.
- Capacidad de reserva para pedidos urgentes.
- Necesidad de energía.

b) Desarrollo transaccional:

Las siguientes transacciones que se usan para la creación, modificación y visualización son:

- Crear un puesto de trabajo: CR01.
- Modificar un puesto de trabajo: CR02.
- Visualizar un puesto de trabajo: CR03.

c) Hoja de ruta

La hoja de ruta es la secuencia de operaciones que indica los pasos a seguir para la fabricación de un material HALB o FERT. Esta secuencia de operaciones será el proceso para la fabricación de un determinado material.

Una Hoja de Ruta considera:

- Las operaciones que se deben realizar durante la fabricación, las que servirán de base para determinar fechas, necesidades de capacidad y costes.
- El uso de materiales durante la fabricación.
- El uso de puestos de trabajo.
- Los controles de calidad a realizar durante la fabricación.

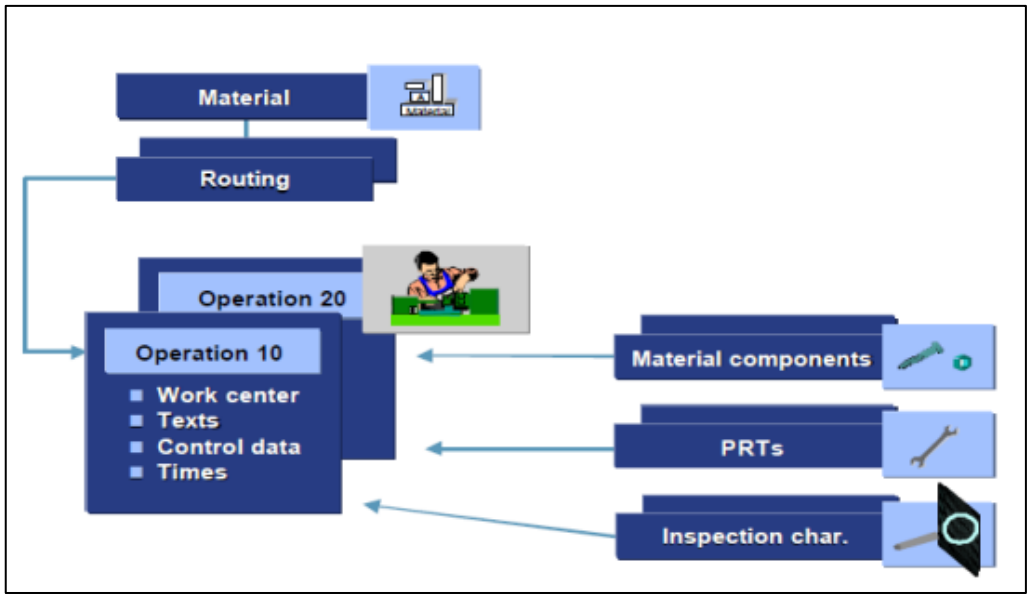


Figura 5. Estructura de Datos Maestros PP 2

Fuente. Manuales SAP la empresa en estudio

En la fabricación repetitiva, se pueden utilizar hojas de ruta para tasas de producción además de hojas de ruta estándar y hojas de ruta normales.

d) Características

Para calcular el costo, el sistema selecciona una hoja de ruta para el material mediante la variante de cálculo del costo y su ID de determinación de la estructura cuantitativa. Los costos se calculan para cada operación. El sistema calcula la cantidad de actividad utilizada con la fórmula del puesto de trabajo y de los valores propuestos de la operación de la hoja de ruta. Esta actividad se valora utilizando las tarifas de la Contabilidad de centros de costo o Contabilidad de costos por procesos para calcular los costos de la operación. La siguiente figura muestra la conexión existente entre los datos del puesto de trabajo y los datos de la hoja de ruta.

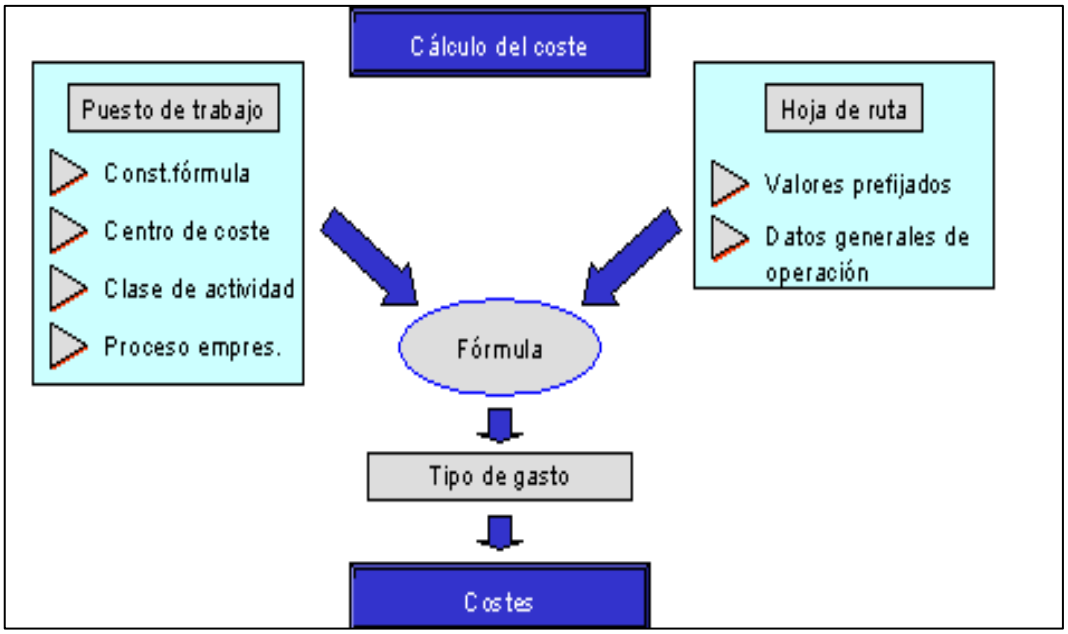


Figura 6. Estructura de Datos Maestros PP 3

Fuente. Manuales SAP la empresa en estudio

e) Desarrollo transaccional:

Las siguientes transacciones que se usan para la creación, modificación y visualización son:

- Crear una hoja de ruta: CA01.
- Modificar una hoja de ruta: CA02.
- Visualizar una hoja de ruta: CA03.

f) Lista de materiales

En el Sistema SAP, se puede utilizar listas de materiales para representar diferentes objetos (como materiales, equipos, listas de materiales de ubicaciones técnicas y documentos) así como para actualizar los datos específicos de objetos. Antes de poder crear una lista de materiales para las partes que componen un objeto, el objeto debe tener un registro maestro válido en su sistema.

El siguiente gráfico muestra los objetos para los que puede crear listas de materiales.

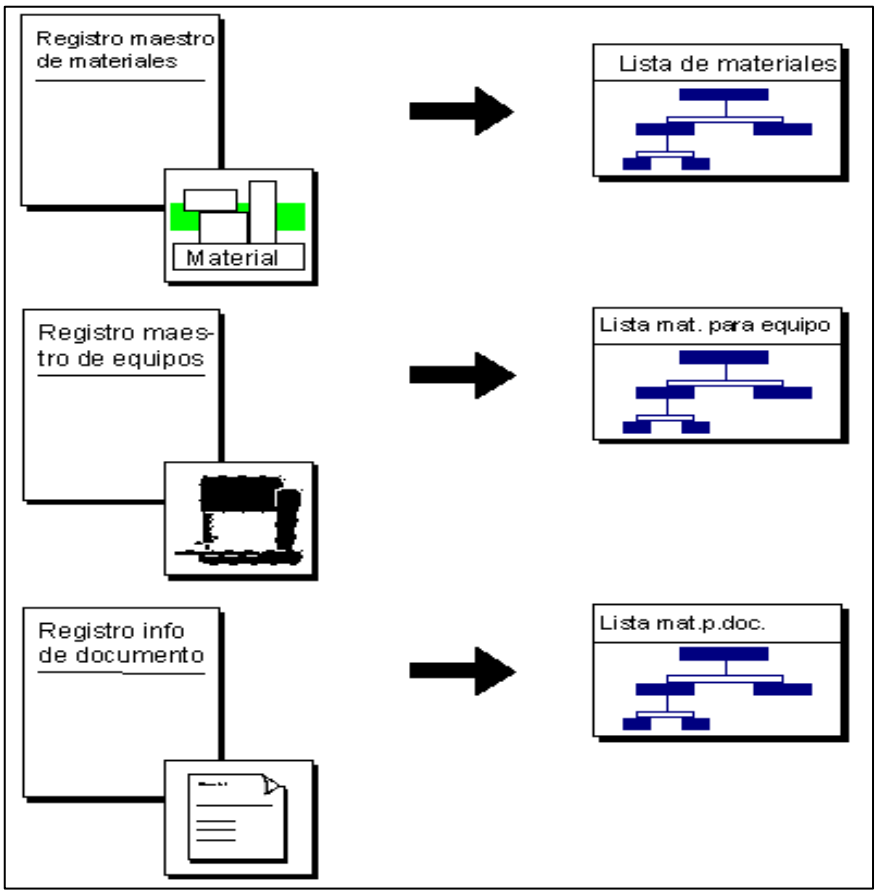


Figura 7. Estructura de Datos Maestros PP 3

Fuente. Manuales SAP la empresa en estudio

- Lista de materiales para documento: Lista de materiales con referencia a un documento.

Un documento complejo puede estar formado por varios documentos, como programas, dibujos técnicos, documentos y fotografías. Estos objetos de información y documentación se agrupan en una unidad mediante una lista de materiales para documento.

- Lista de materiales para equipo: Lista de materiales con referencia a un equipo.

El sistema también le permite actualizar listas de materiales para equipos (objetos técnicos para actualizar el centro).Las listas de materiales para equipo se utilizan para describir la estructura de un equipo y asignar piezas de recambio a un equipo para su mantenimiento. Puesto que estas listas de materiales están vinculadas a equipos, se denominan Listas de materiales para equipo.

- Lista de materiales para ubicación técnica: Lista de materiales con referencia a una ubicación técnica.

Las listas de materiales para ubicación técnica agrupan los elementos de una estructura técnica, como las unidades funcionales de todo un centro. En el sistema estándar SAP, existe un registro maestro para cada ubicación técnica. Las listas de materiales de esta categoría están enlazadas con esos registros maestros. Por esa razón se denomina Lista de materiales para ubicación técnica. Una lista de materiales para ubicación técnica puede contener materiales y documentos.

- Lista de materiales para pedido: Lista de materiales con referencia a un pedido de cliente.

Trabaja con listas de materiales para pedido cuando lleva a cabo una fabricación sobre pedido de sus productos ajustada a las necesidades de sus clientes. Para satisfacer las necesidades de sus clientes, a menudo debe introducir modificaciones en los pedidos de cliente correspondientes a varios conjuntos. Asimismo, los conjuntos a menudo se construyen específicamente para un pedido de cliente en concreto.

Las listas de materiales por pedido de cliente, modificado o creado se graban con referencia a los materiales, los pedidos de cliente y las posiciones de pedido del cliente. Este tipo de listas de materiales se enlazan a pedidos de

cliente y por ello se denominan Listas de materiales para pedidos de cliente o bien Listas de materiales para pedidos.

- Lista de materiales para proyecto: Lista de materiales con referencia a un lote de producción.

Los lotes de producción para productos terminados y semielaborados pueden planificarse y fabricarse utilizando distintas listas de materiales. Por ejemplo, un componente que ha sido sustituido puede desencadenar un cálculo de costos y una evaluación por lote de producción durante la fase de planificación (antes de ventas).

La lista de materiales se crea para materiales del tipo HALB (producto intermedio) o del tipo FERT (producto terminado). Esta lista de materiales es la receta que se necesitan para la fabricación de un determinado material.

g) Desarrollo transaccional:

Las siguientes transacciones que se usan para la creación, modificación y visualización son:

- Crear una lista de materiales: CS01.
- Modificar una lista de materiales: CS02.
- Visualizar una lista de materiales: CS03.

h) Versiones de fabricación

Cuando se crea una versión de fabricación, se une una lista de materiales y una hoja de ruta, esto quiere decir que un determinado material se puede fabricar con un determinado proceso y con una lista de componentes exactas para la elaboración del material.

Un mismo material puede tener n versiones de fabricación, esto dependerá de las combinaciones posibles entre una hoja de ruta y una lista de material.

i) Desarrollo transaccional:

Creación de versiones de fabricación: C223:

j) Orden de fabricación

La orden de fabricación indica qué material se va a fabricar, contiene toda la información requerida para la elaboración del material. Al crear la orden de fabricación se debe elegir la versión de fabricación, es por ello que la orden contiene la hoja de ruta y la lista de materiales. En la orden del material también se pueden ver características del material como el almacén de producción, el lote, el peso cotizado del material, las fechas de planificación para el material, etc.

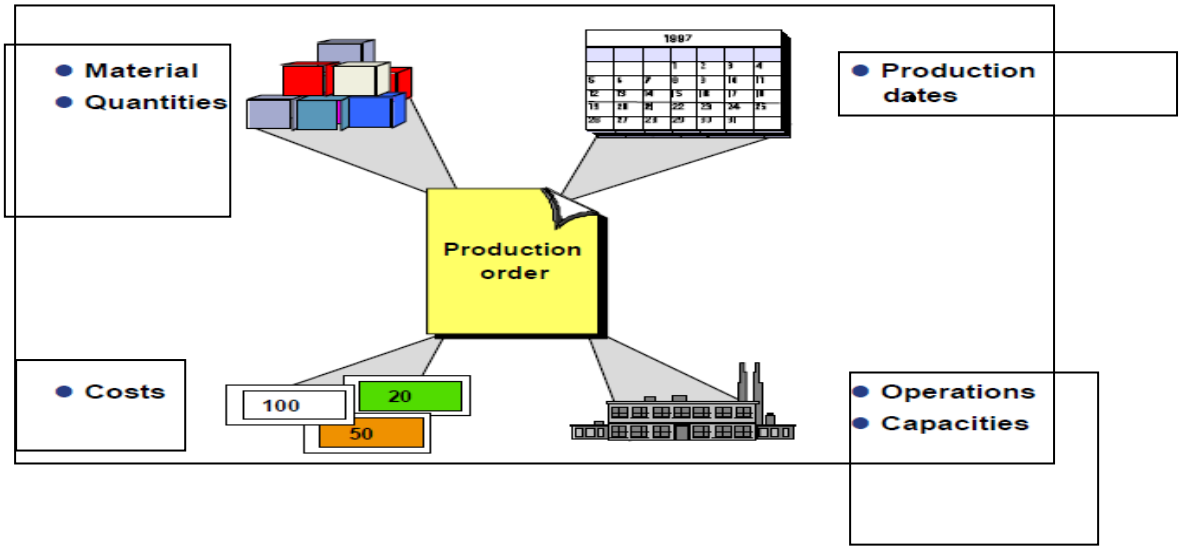


Figura 8. Estructura de Datos Maestros OP

Fuente. Manuales SAP la empresa en estudio

Las órdenes de fabricación tienen status que indican cómo se encuentra la orden de fabricación:

- Abierto: indica que la orden no ha tenido ninguna modificación desde su creación.
- Liberado: Indica que la orden ya se liberó y que se está por notificar.
- Liberado NTF: Indica que la orden ha sido liberada y que se ha realizado una notificación.
- CTEC: Indica que la orden de fabricación ha sido cerrada técnicamente, es decir, está lista para calcular el costo.

k) Desarrollo transaccional:

- Creación de orden de fabricación: CO01.
- Modificación de orden de fabricación: CO02.
- Visualización de orden de fabricación: CO03.

4.3.8.2. Gestión de información

Para la gestión de información, en el área de producción se utilizan formatos en cada proceso de producción y los colaboradores de planta registran la información, seguidamente esta información será ingresada al SAP mediante las notificaciones. Con la información que se ingresa al SAP es que se obtiene el resultado de los indicadores de medición que se desea analizar.

Para determinar qué información deberá ser registrada en el SAP se debe realizar el siguiente procedimiento de trabajo:

1. Establecer el indicador de medición.
2. Determinar qué información se necesita para el desarrollo del indicador.
3. Realizar las notificaciones según la información requerida.
4. Establecer un layout y descargar la información.
5. Evaluación y análisis de la información obtenida.

4.3.8.3. Registro de información en SAP

a) Notificación

La notificación es el registro de información en cada operación de la hoja de ruta. En cada operación se deberá registrar los tiempos de preparación, el tiempo de la máquina, el tiempo de mano de obra, el tiempo de parada, la cantidad buena, el consumo de componentes así como la salida de componentes. El proceso de notificar tiene importancia ya que de los registros que se realicen en cada operación al realizar el cierre técnico se realiza el costeo de una orden de fabricación. Según el indicador de medición que se desee medir se deberá ingresar la información al sistema, entonces es necesario establecer una secuencia de pasos para poder llegar a los parámetros necesarios para el ingreso de información.

Las transacciones que se utilizan son:

- Hoja de salario: CO11N.
- Anulación de notificación: CO12.
- Notificaciones masivas: CO13.

b) Visualización y descarga de información

Dentro del SAP en Producción existen transacciones que contienen información de los maestros de materiales pero también existen transacciones que contienen los registros de las notificaciones que se han realizado mediante la CO11N, una de estas transacciones es la COOIS, en esta transacción podemos obtener información referente a los tiempos de producción en relación a la mano de obra, a los tiempo de máquina, consumo de componentes, etc.

4.3.9. Marco Conceptual

Conceptos de la descripción del sistema:

- Filamentos continuos, fibras de longitud finita, los hilados que se producen con este tipo de fibras se conocen como multifilamentos.
- Monofilamentos, es un solo filamento, se conocen como alambres sintético.
- Denier, es el peso en gramos en 9 000 metros de hilado básico.
- Tenacidad, es la resistencia expresada en otamo fuerza por denier. Es la relación entre la carga de rotura y la densidad lineal (denier) del material.
- Elongación, capacidad del material al cambiar su longitud cuando es sometido a una tensión, se expresa en porcentaje o en medidas de longitud.
- Resistencia, es la carga máxima aplicada a la malla que provoca su rotura observada en el transcurso del ensayo de rotura a la tracción.
- Malla y claro de malla.

Es una superficie limitada por cuatro caras. Está construida con cuerdas o hilos, de diversos materiales que pueden ser sintéticos o no.

Esta cuerda o hilo, que llamaremos también “línea”, se anuda sobre si misma en forma regular y ordenada, para conseguir una “trama” de ventanas o mallas.

Al tamaño de estas “ventanas” se lo conoce como “luz de malla” u “ojo de malla”.

Existen tipos de mallas según el paño. Los tipos de malla se muestran en la figura.

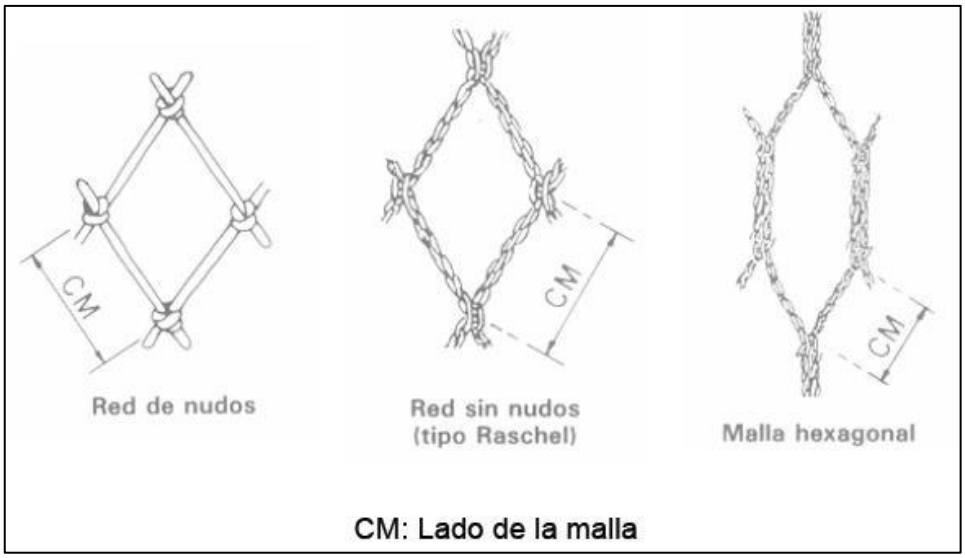


Figura 9. Tamaño de malla

Fuente. Especificaciones de productos de la Empresa en estudio

- Tamaño de malla.

El tamaño de malla es la medida de la malla completamente estirada entre el centro de dos nudos limpios y colineales. El claro de la malla es la medida de la malla completamente estirada en la parte interior de dos nudos colineales.

- Cordel.

Un cordel es una cuerda compuesta por dos o más pequeños filamentos de hilos trenzados o torcidos.

- Tipo de cordel:

Cordel trenzado, productos fabricados entrecruzando 16 hebras de forma tal que se cruzan entre ellos diagonalmente respecto al perfil longitudinal del hilo.

Cordel torcido, producto de dos operaciones de torsión, la primera en S y la segunda en Z. Unión de 3 hebras en la segunda torsión.

- Red de pesca.

La red de pesca es una serie de hilos, tejidos, que se emplea para capturar peces. Esta red de pesca puede ser:

- Pasiva (red de cortina, red trampa), inmóvil, requiere que el pez se enrede en ella.

- Activa (red de cerco, red de arrastre, etc.), móvil.

Las redes de pesca tienen diferentes características, las cuales dependen del tipo de animal acuático a capturar, así como de su hábitat y de la técnica pesquera a utilizar.

- Material de producto.

Los materiales que se usan son poliéster (pes) , nylon (pa) y polietileno (pe).

- Mallas a lo alto.

Las mallas a lo alto indican cuantas mallas tiene un paño en el ancho de la red.

- Título de cordel.

El título del cordel es el la composición que tiene el cordel.

- Número de las brazas.

Una braza mide 1.83 metros y todas las redes de pesca contienen esa descripción, el número de brazas indican el largo de la red de pesca.

- Operación de Urdido.

El urdido es la operación por la cual se arma una composición de varios hilos, ya sean de polyester (pes) o de nylon (pa) o de polietileno (pe), esta composición se arma debido al requerimiento del título del cordel.

- Proceso de Torcido.

El proceso de torcido es la unión de varios filamentos de materia prima, pueden ser polyester o nylon. El proceso se divide en dos subprocesos, el primer subproceso es denominado primer retorcido, aquí se unen 3 filamentos de materia prima, el segundo subproceso se denomina segundo retorcido, aquí se unen 3 hilos del primer retorcido para obtener el cordel que se había programado.

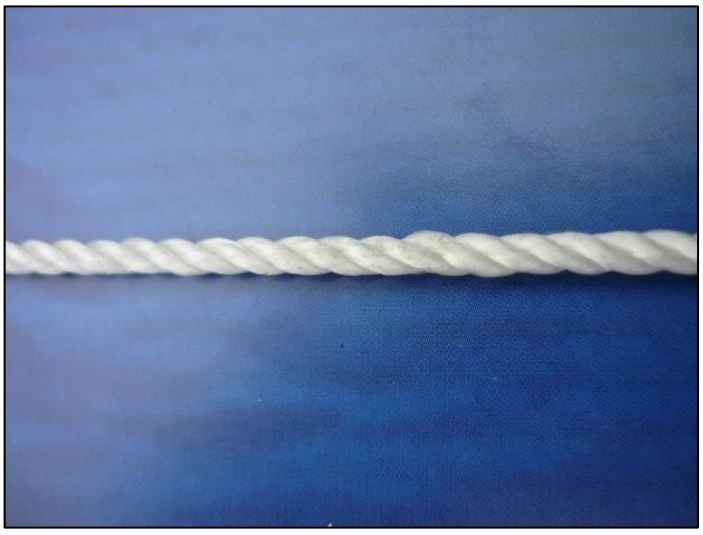


Figura 10. Cordel Torcido

Fuente. Especificaciones de productos de la Empresa en estudio

- Proceso de Trenzado.

El proceso de trenzado tiene como actividad inicial el urdido, después de haber terminado con el urdido se procede con el trenzado, que es la unión de 16 filamentos para la obtención de un cordel del tipo trenzado.



Figura 11. Cordel Trenzado

Fuente. Especificaciones de productos de la Empresa en estudio

- Proceso de tejido en los telares.

El proceso, tejido en telares, es el proceso más importante ya que en él se da inicio a la fabricación de la red con las características solicitadas según el tipo de material, este proceso es operado por un operario quien debe estar atento durante todo el proceso del tejido, este proceso se da inicio con la carga del urdimbre y con la carga de la trama, seguidamente se colocan los parámetros, tamaño de malla , número de mallas a lo alto y número de hileras en el tablero, con estos parámetros se da inicio a la fabricación de la red.

- Operación de Revisión.

La revisión es la inspección que se realiza después de que las redes de pesca terminen el proceso de tejido en telar para determinar cuántas fallas se

tiene de cada tipo. La pantalla es el recurso que se utiliza para revisar el paño, el número de operarios que realizan esta operación son dos.

Existen 28 tipos de fallas, estas fallas se producen por varios factores, los más usuales son por falta de mantenimiento de los telares o por falta de capacidad en los telares. El tiempo de remalle de las fallas dependerá de la complejidad que las fallas tienen. Los tipos de fallas más comunes son: malla hexagonal, malla corrida, nudo malo, malla cruzada, malla enredada, malla rota y nudo montado.

- Operación de Remalle.

El remalle es la operación que se realiza para arreglar las fallas que fueron encontradas en la operación de revisión. La duración del remalle dependerá de la complejidad de la falla, si la falla es demasiado compleja se demorara más y si la falla tiene un nivel de complejidad menor esta operación durara menos. Normalmente el remalle lo realiza una operaria por red de pesca.

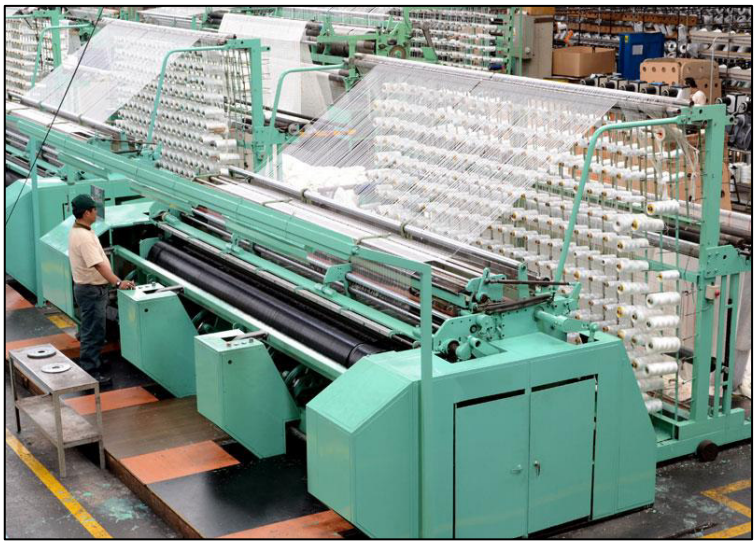


Figura12. Proceso de Tejido

Fuente. La Empresa en estudio

- Proceso de Teñido.

En el proceso de teñido se cuentan con 3 tinas que están en la capacidad de realizar el proceso. En esta área normalmente trabaja un operario. Adicionalmente en este proceso se toman en cuenta parámetros, como la cantidad y tipo de colorante, la cantidad de ácido, la cantidad de agua y la temperatura, estos parámetros cambiaran según el tipo de producto que se vaya a procesar.

- Operación de Termofijado.

En la operación de termofijado, se realizan dos actividades, la primera es el secado de la red de pesca, la segunda actividad es el fijado de la red de pesca y todos los paños producidos ingresan a este proceso porque es aquí donde se ven dos puntos importantes, el primer punto es aquel en que continua con el flujo de producción, este tratamiento es un adicional que el producto recibe ya que muchas empresas de la competencia no lo hacen y el segundo punto es aquello que se evalúa algún tipo de falla que el producto pueda haber presentado como parte del proceso, entre estos tenemos el descuadre y el largo del paño. Es por este motivo, que todos los productos ingresan a esta área, que se genera un cuello de botella, obteniendo así un gran número de paños en espera.

- Proceso de Primolitado.

En este proceso la red recibe el tipo de acabado que es requerido por el cliente, podrían ser dos tipos de acabado, el primero, primolitado blando y el segundo, primolitado duro, el tipo de acabado es solicitado por el cliente según la necesidad de su faena.

Se da inicio con el proceso con la preparación de la red para ser introducida por la máquina, paralelo o secuencialmente se prepara la maquina con los insumos requeridos según el tipo de acabado, una vez culminadas ambas puntos

la red es pasada por la máquina, se establecen los parámetros de velocidades, temperaturas y densidad mientras dura el proceso.

- Operación de Empaque.

Esta operación es la última, en donde el producto es embalado para un despacho posterior.

- ROH: Materia Prima.

Se refiere a todo material para representar los insumos, específicamente a la materia prima.

- HALB: Producto semielaborado.

Se refiere a todo material que ha sido transformado mediante un proceso pero que no va directamente al cliente, es decir, productos semiterminados.

- FERT: Producto terminado.

Se refiere a todo material que ha sido transformado mediante los procesos y que al terminar con la secuencia de operaciones su destino es el cliente.

CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo se realizará un estudio de los productos que pertenecen a la familia anchovetera de redes con nudo, para este estudio se tomarán todas las estadísticas pertenecientes al año 2013 que representan el porcentaje de la cantidad en kilogramos de un determinado producto, cabe señalar que estos datos están siendo transformados por protección a la empresa en estudio sin perder las representaciones reales en la cantidad de producción.

Los productos que serán estudiados son los tres productos que fueron producidos en un mayor porcentaje durante el año 2013. A continuación se muestra un cuadro donde se verá el porcentaje de producción por tipo de producto de la familia anchovetera de red con nudo.

Cuadro 1.-
Cantidad producida por productos

Descripción	%
RCN TC ANC 210/15X9/16X320X100 NEG PRI	2.01%
RCN TC ANC 210/27X9/16X320X100 NEG PRI	2.64%
RCN TC ANC 210/15X9/16X360X100 NEG PRI	2.73%
RCN TZ ANC 210/40X5/8X288X100 NEG PRI-D	2.93%
RCN TC ANC 210/36X5/8X288X100 NEG PRI	3.07%
RCN TC ANC 210/21X9/16X320X100 NEG PRI	3.11%
RCN TC ANC 210/36X9/16X360X100 NEG PRI	3.20%
RCN TC ANC 210/24X9/16X400X50 NEG PRI-D	3.48%
RCN TC ANC 210/24X5/8X288X100 NEG PRI	3.56%
RCN TC ANC 210/48X5/8X288X100 NEG PRI	3.73%
RCN TC ANC 210/12X9/16X320X100 NEG PRI	3.81%
RCN TC ANC 210/30X9/16X360X100 NEG PRI	3.91%
RCN TC ANC 210/27X5/8X288X100 NEG PRI	4.99%
RCN TC ANC 210/21X9/16X360X100 NEG PRI	6.28%
RCN TC ANC 210/24X9/16X320X100 NEG PRI	9.93%
RCN TC ANC 210/24X9/16X360X100 NEG PRI	**9.96%**
RCN TC ANC 210/18X9/16X360X100 NEG PRI	**14.10%**
RCN TC ANC 210/27X9/16X360X100 NEG PRI	**16.55%**

Fuente. Datos de producción de la empresa de estudio

Como se puede observar del cuadro anterior los tres productos que tienen mayor participación en la producción del año 2013 son:

Cuadro 2.-
Productos con mayor producción

Código	Descripción
10000989	RCN TC ANC 210/18X9/16X360X100 NEG PRI
10000995	RCN TC ANC 210/24X9/16X360X100 NEG PRI
10001001	RCN TC ANC 210/27X9/16X360X100 NEG PRI

Fuente. Datos de producción de la empresa de estudio

Estos productos son los que serán simulados en el proceso de fabricación de redes anchoveteras.

3.1. El modelo

El modelo que se estudiara es el proceso productivo de las redes con nudo perteneciente a la familia de anchovetas.

En este modelo se simularán los procesos de tejido, revisión, remalle, teñido, termofijado, primolitado y empaque.

3.2. El problema

El área de producción tiene estándares establecidos para la fabricación de sus productos. Entre los estándares para la fabricación de redes están características como el tamaño de la malla, el largo del producto, el peso, entre otros. Para alcanzar la calidad esperada por el cliente, el área de producción debe saber llevar algunas debilidades, como personal nuevo que no tiene el

conocimiento de toda la etapa del proceso o maquinaria que presenta fallas. Estas debilidades originan problemas serios como colas en los procesos.

Estas debilidades se ven reflejadas cuando se requiere calcular el tiempo de producción de los productos, esto es representado mediante un indicador, Lead Time de procesamiento, este indicador representa al tiempo de producción del producto desde que se inició el proceso de tejido hasta que se culminó la operación de empaque.

La gerencia de operaciones ha establecido metas para el indicador Lead Time de procesamiento, esta ha sido una respuesta a mejoras en el área de producción debido a que se están estableciendo objetivos como parte del mejoramiento continuo que quiere alcanzar la gerencia de operaciones trabajando conjuntamente con la jefatura de producción.

3.2.1. Delimitación del problema

3.2.1.1. Geográfica

Las áreas estudiadas en la presente investigación, son los procesos y operaciones que intervienen en la fabricación de una red anchovetera.

Los procesos a ser estudiados son, proceso de tejido en telar, proceso de teñido y proceso de primolitado, las operaciones estudiadas son, operación de revisión, operación de remalle, operación de termofijado y operación de empaque.

3.2.1.2. Temporal

Los datos que serán estudiados serán extraídos del sistema SAP, sistema en el cual se registra toda la información de los procesos y operaciones que intervienen en la fabricación de redes de pesca para la familia anchovetera. Los datos que serán analizados corresponden al periodo de Enero 2013 a Diciembre 2013.

3.2.2. Herramientas a utilizar

Para el presente trabajo se utilizara el Sistema de Gestión SAP, sistema en el cual se registra toda información referente al tiempo de fabricación de los procesos y operaciones, la información que se registra es, tiempo de máquina (TMAQ), haré referencia sólo por el registro de este dato ya que es lo requerido para el presente trabajo.

El registro del tiempo, TMAQ, puede ser descargado mediante la transacción (tx), COOIS, de esta transacción se extraerá toda la información requerida para la presente investigación (Las pautas pueden vistas en el capítulo 2).

Estos datos extraídos del sistema SAP son los que serán simulados en el software ARENA, versión estudiantil.

El software ARENA soporta el proceso de ajuste de funciones de distribuciones de probabilidad a muestras de datos. Es decir, posee un analizador de datos denominado, Input Analyzer, que entre otras funciones establece la hipótesis y realiza las pruebas de Chi-cuadrado y Kolmogorov Smirnov (K-S) en forma automática, brindando de esta manera información referente a la calidad del ajuste de los datos, con relación a una distribución de probabilidad.

3.2.3. Planteamiento de la situación

La situación actual del área de producción sólo es representada mediante indicadores de medición referente a Lead time de los procesos y operaciones, mediante estos indicadores se ha podido observar y analizar los procesos y operaciones que presentan mayor tiempo de duración, esto ha sido comparado con parámetros y situaciones que podrían generar que el tiempo se incremente o disminuya.

La operación que presenta un mayor tiempo de duración es la operación de remalle, situación preocupante ya que esta etapa no le genera ningún valor agregado al producto y es más en algunos casos presenta un cuello de botella en el área.

Otra operación critica, es la operación de termofijado ya que esta operación presenta un cuello de botella en algunas horas pico durante la semana, esto debido a que la gran mayoría de la producción debe pasar por esta operación.

Debido a lo analizado y explicado en líneas anteriores es que se espera encontrar un cuello de botella en las operaciones de remallado y termofijado.

3.2.4. Datos estadísticos de la simulación

La data que se analizó corresponde al registro de información correspondiente al año 2013, desde enero a diciembre. Estos datos se extrajeron del sistema SAP y se analizaron mediante hojas de EXCEL, una vez analizados, estos datos se procesaron con el software Input Analyzer.

Los datos presentados a continuación representan el tiempo de duración del proceso mediante la distribución de probabilidad de cada proceso.

A continuación se mostrarán cuadros resúmenes de las distribuciones de probabilidad de los tiempos de producción de cada proceso, así como las estadísticas para cada proceso.

Producto 1: RCN TC ANC 210/18X9/16”X360X100 NEG PRI

a) Resumen de distribuciones de probabilidad

Cuadro 3.-
Resumen de distribuciones de Redes con nudo 18

Operación	Distribución	Parámetros
TEJIDO EN TELAR TMAQ	Lognormal	24 + LOGN(11.5, 6.6)
1RA REVISION TMAQ	Lognormal	LOGN(0.659, 0.3)
1R REMALLE TMOD	Lognormal	LOGN(12.2, 12.5)
AUTOCLAV TMAQ	Beta	2 * BETA(6.66, 10)
TERMOFIJ MAQ	Beta	0.2 + 0.96 * BETA(3.1, 7.29)
PRIMOLIT TMAQ	Beta	0.18 + 0.53 * BETA(4.61, 12.8)
2DA REVISION TMAQ	Lognormal	LOGN(0.376, 0.242)
2DO REMALLAD MOD	Weibull	-0.001 + WEIB(0.61, 0.814)
EMPAQUE TMAQ	Lognormal	0.03 + LOGN(0.132, 0.0346)

Fuente. Datos de Producción de la empresa en estudio

b) Datos estadísticos

- Tejido en telar

El tiempo en horas de procesamiento en el tejido del producto presenta una distribución Lognormal. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

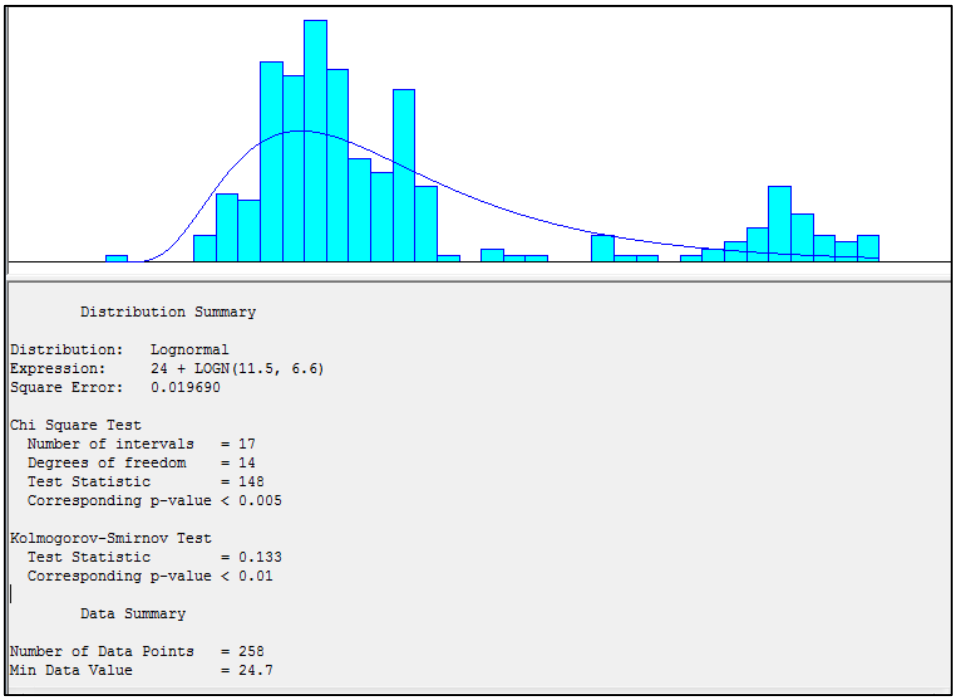


Figura13. Tejido en Telar, Red con Nudo 18

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de primera Revisión

El tiempo en horas de procesamiento de primera revisión del producto presenta una distribución Lognormal. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

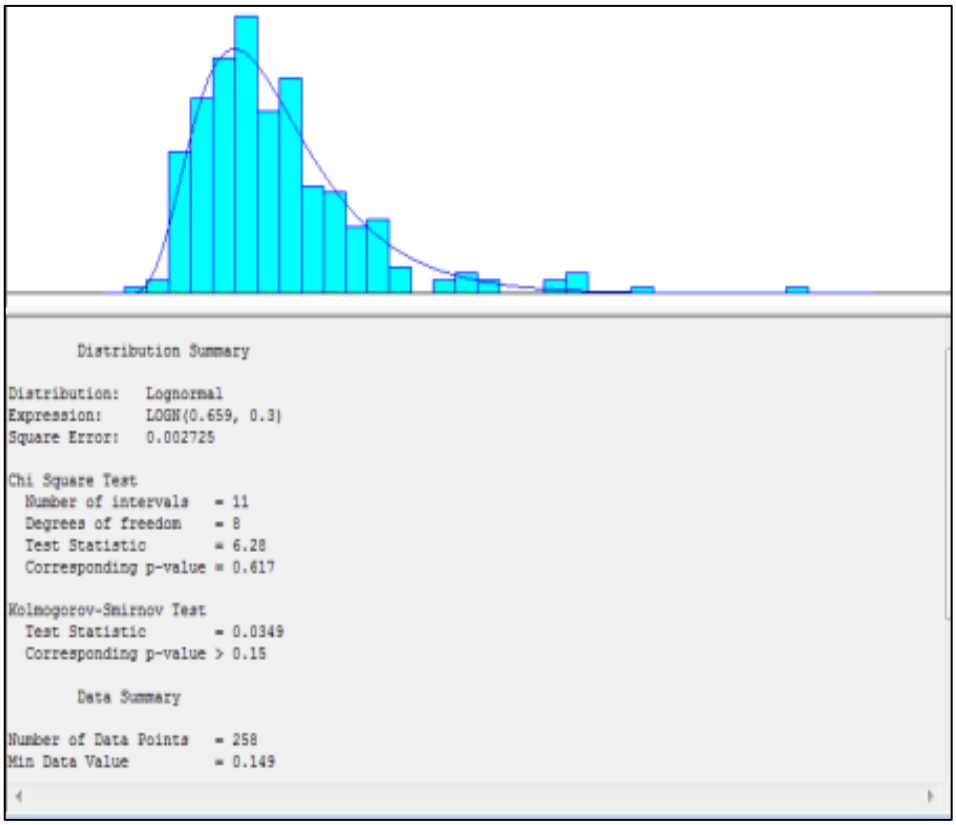


Figura14. Proceso de Primera Revisión, Red con Nudo 18

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de Primer Remalle

El tiempo en horas de procesamiento de primer remalle del producto presenta una distribución Lognormal. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

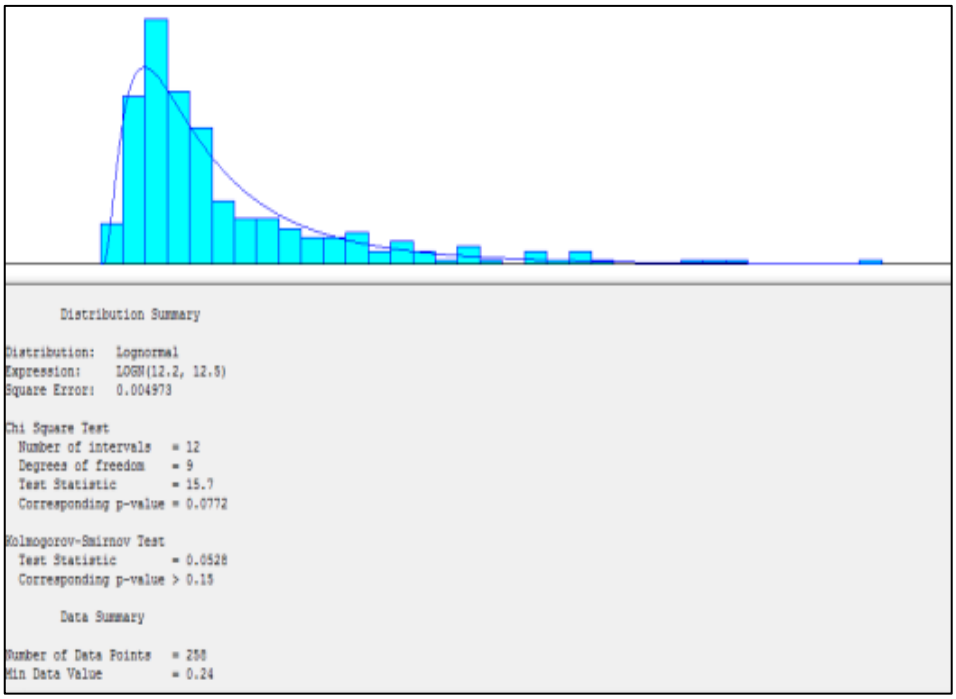


Figura15. Proceso de Primer Remalle, Red con nudo 18

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de Teñido

El tiempo en horas de procesamiento de teñido del producto presenta una distribución Beta. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

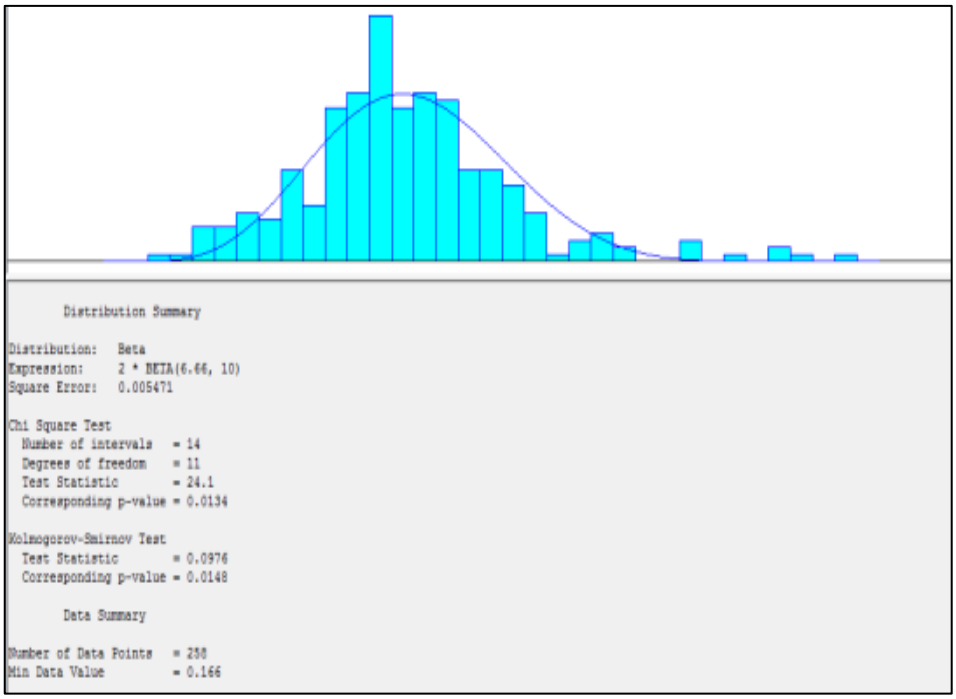


Figura 16. Proceso de Teñido, Red con nudo 18

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de Termofijado

El tiempo en horas de procesamiento de termofijado del producto presenta una distribución Beta. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

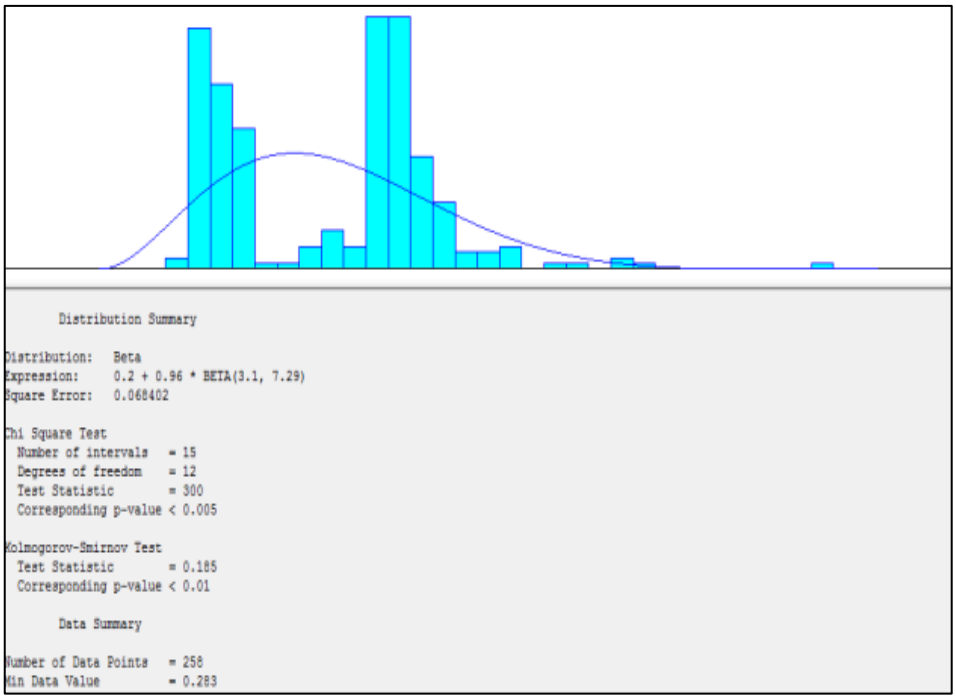


Figura 17. Proceso de Termofijado, Red con nudo 18

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de Primolitado

El tiempo en horas de procesamiento de primolitado del producto presenta una distribución Beta. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

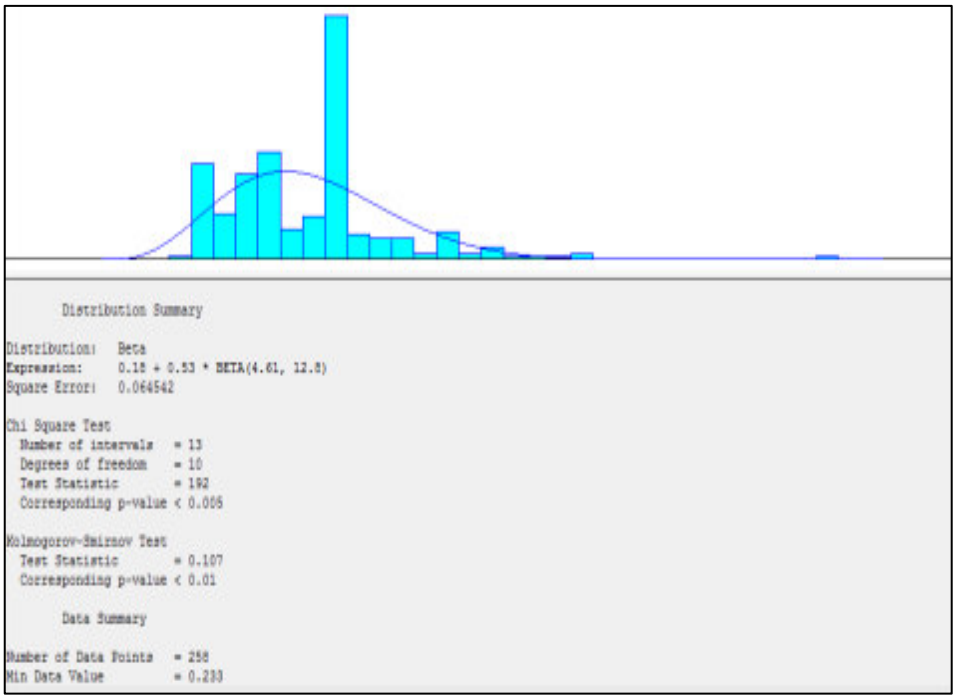


Figura 18. Proceso de Primolitado, Red con nudo 18

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de segunda Revisión

El tiempo en horas de procesamiento de primolitado del producto presenta una distribución lognormal. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

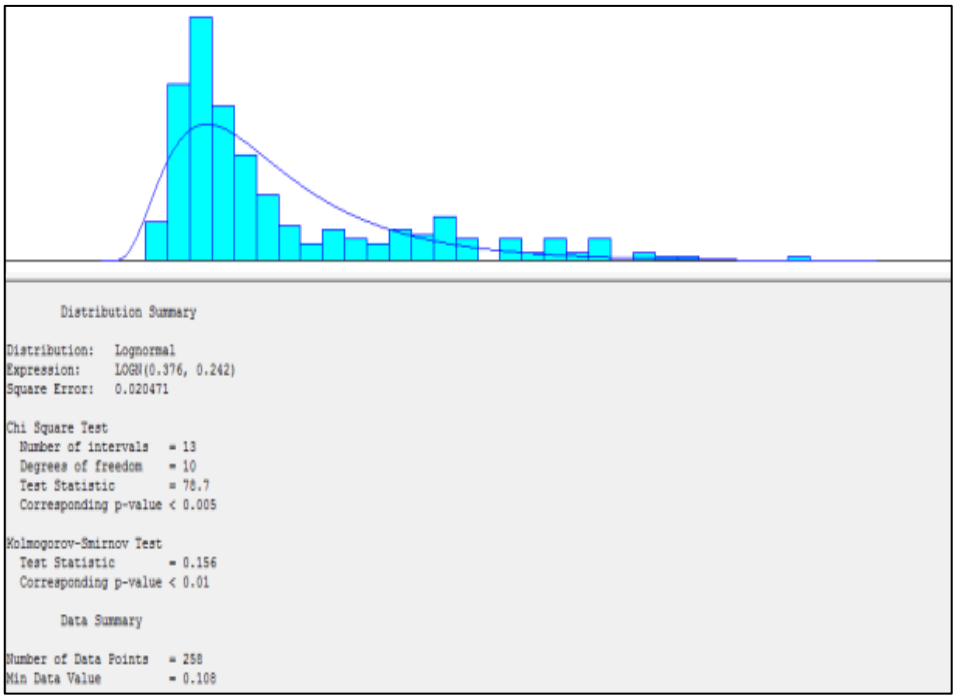


Figura 19. Proceso de Segunda Revisión
Red con nudo 18

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de segundo Remalle

El tiempo en horas de procesamiento de primolitado del producto presenta una distribución Weibull. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

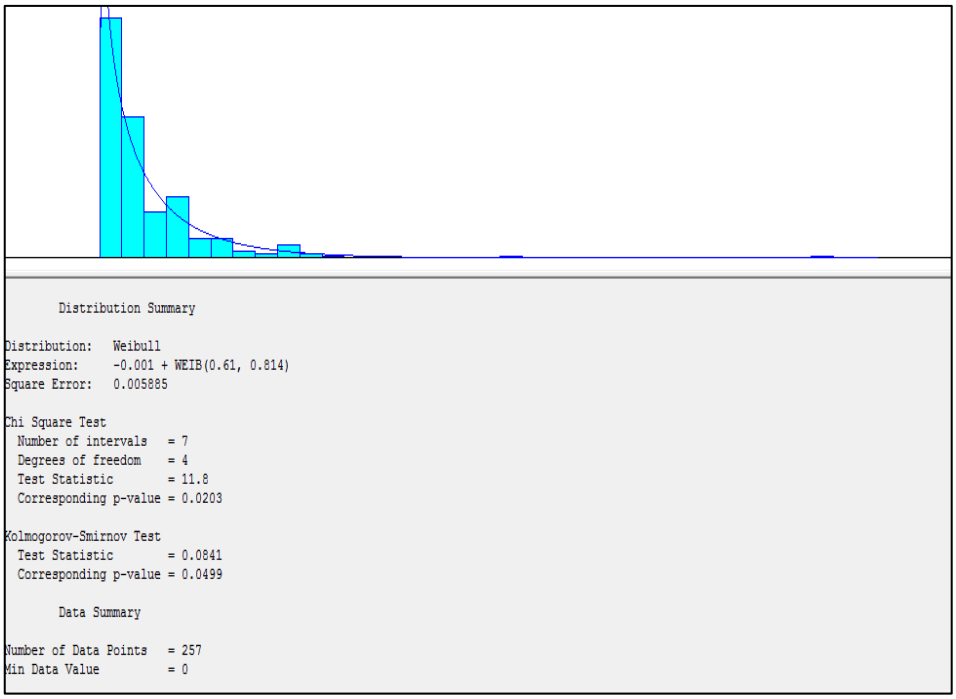


Figura 20. Proceso de Segundo Remalle
Red con nudo 18

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de Empaque

El tiempo en horas de procesamiento de empaque del producto presenta una distribución Lognormal. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

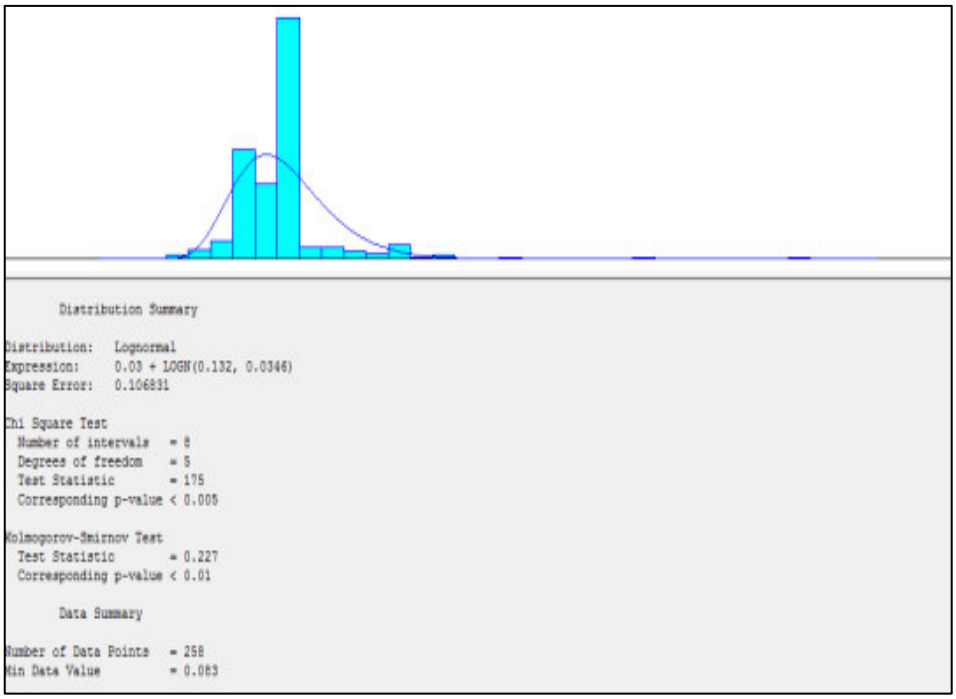


Figura 21. Proceso de Empaque, Red con nudo 18

Fuente. Datos de la empresa en estudio

El tiempo en horas de procesamiento en el empaque del producto presenta una distribución Lognormal. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

Producto 2: RCN TC ANC 210/24X9/16”X360X100 NEG PRI

c) Resumen de distribuciones de probabilidad

Cuadro 4.-
Resumen de distribuciones de Redes con nudo 24

Operación	Distribución	Parámetros
TEJIDO EN TELAR TMAQ	Erlang	24 + ERLA(0.858, 11)
1RA REVISION TMAQ	Lognormal	LOGN(0.625, 0.314)
1R REMALLE TMOD	Gamma	0.999 + GAMM(6.34, 1.32)
AUTOCLAV TMAQ	Lognormal	0.14 + LOGN(0.888, 0.35)
TERMOFIJ MAQ	Beta	0.12 + 0.88 * BETA(3.07, 3.62)
PRIMOLIT TMAQ	Lognormal	0.13 + LOGN(0.198, 0.0593)
2DA REVISION TMAQ	Lognormal	0.01 + LOGN(0.465, 0.329)
2DO REMALLAD MOD	Exponential	-0.001 + EXPO(0.942)

Fuente. Datos de Producción de la empresa en estudio

d) Resumen estadístico

- Proceso de Tejido

El tiempo en horas de procesamiento en el tejido del producto presenta una distribución Earlang. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

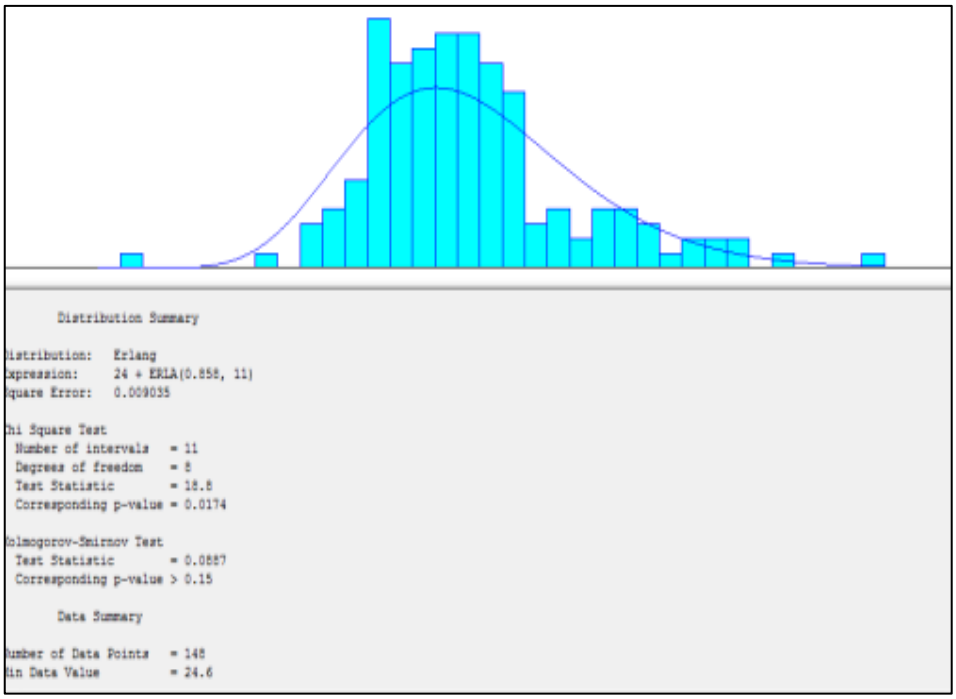


Figura 22. Proceso de Tejido, Red con nudo 24

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de primera Revisión

El tiempo en horas de procesamiento en la primera revisión del producto presenta una distribución Lognormal. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

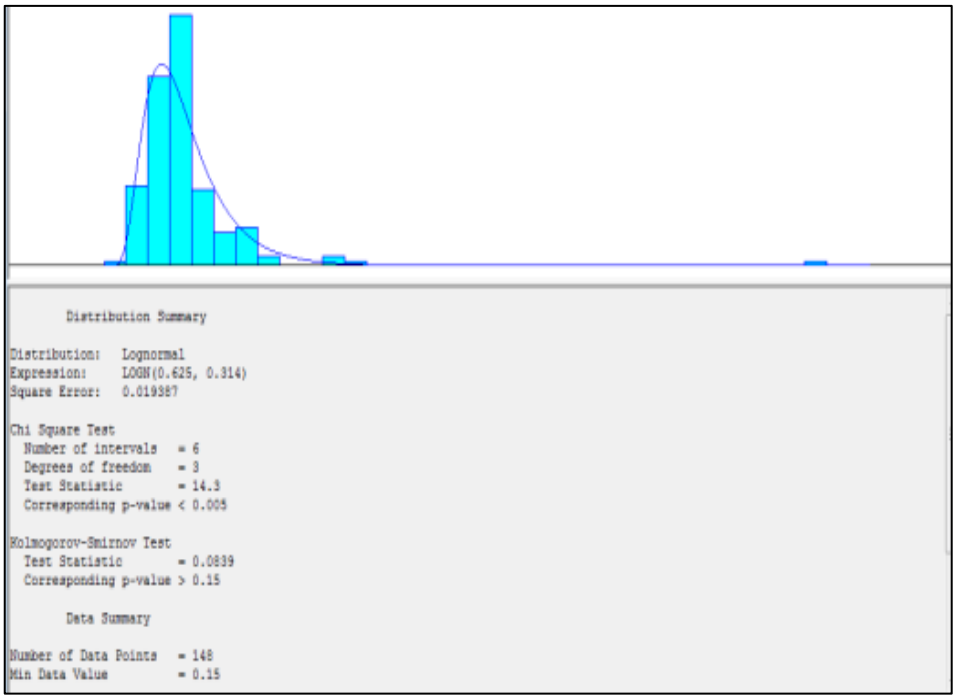


Figura 23. Proceso de Primera Revisión, Red con nudo 24

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de primer Remalle

El tiempo en horas de procesamiento en la primera revisión del producto presenta una distribución Gamma. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

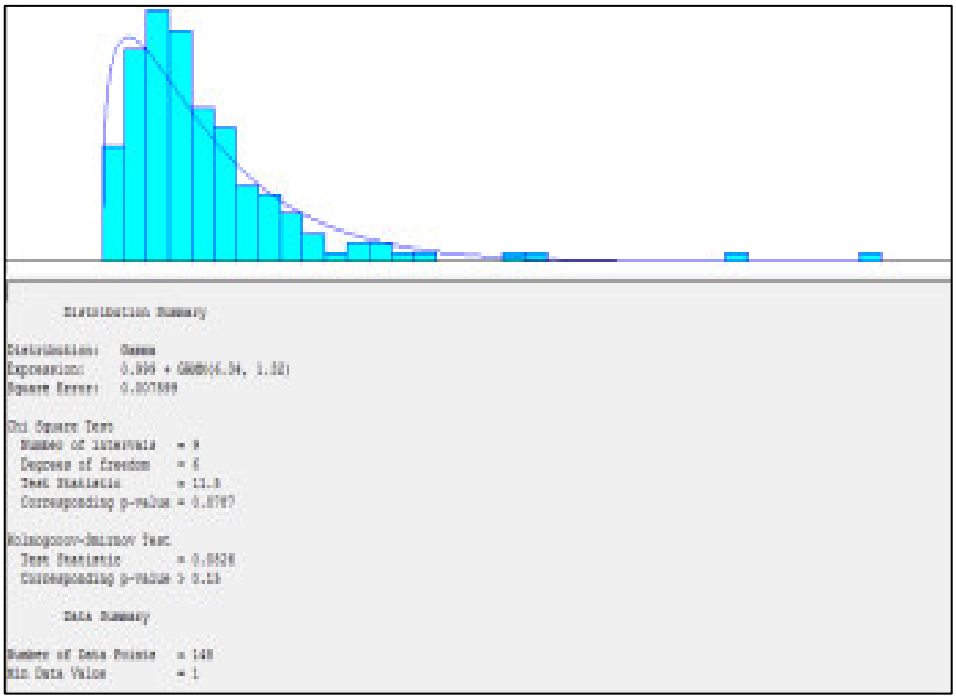


Figura 24. Proceso de Primer Remalle, Red con nudo 24

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de Teñido

El tiempo en horas de procesamiento de teñido del producto presenta una distribución Lognormal. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

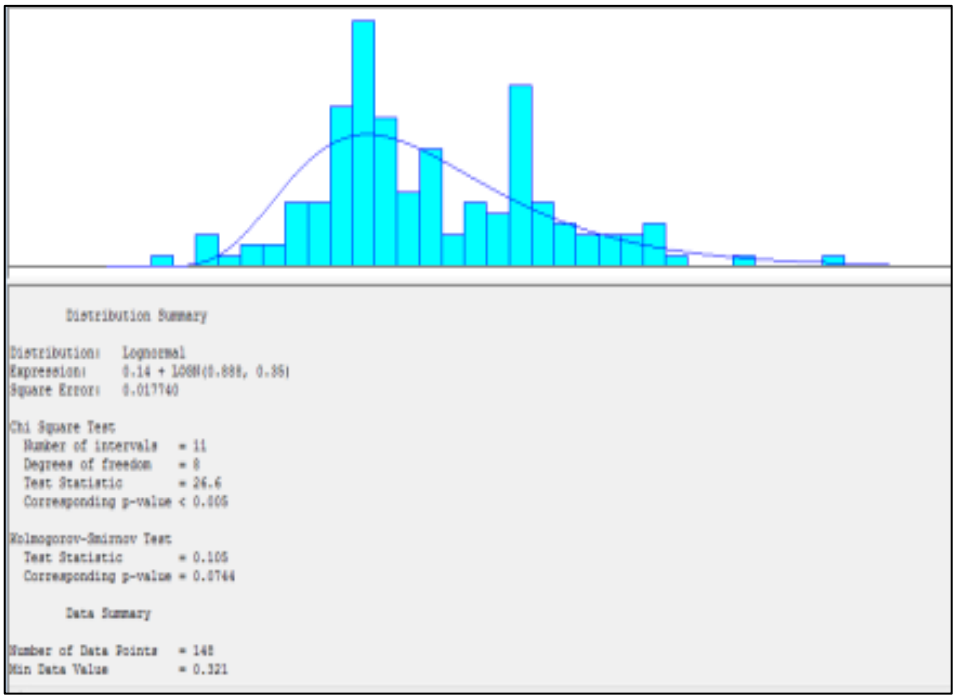


Figura 25. Proceso de Teñido, Red con nudo 24

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de Termofijado

El tiempo en horas de procesamiento de termofijado del producto presenta una distribución Beta. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

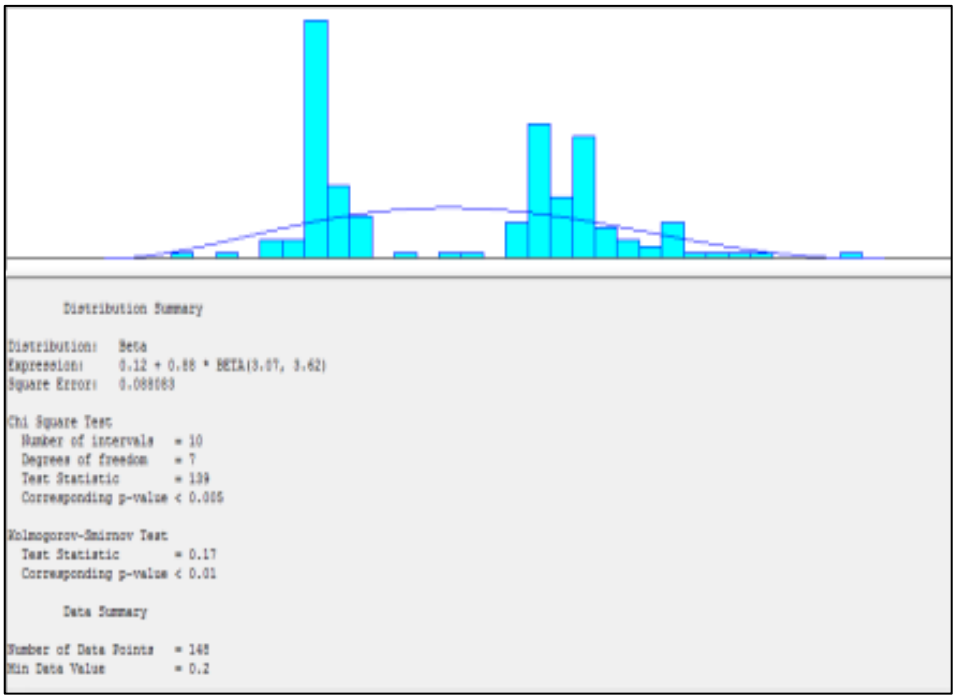


Figura 26. Proceso de Termofijado, Red con nudo 24

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de Primolitado

El tiempo en horas de procesamiento de primolitado del producto presenta una distribución Lognormal. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

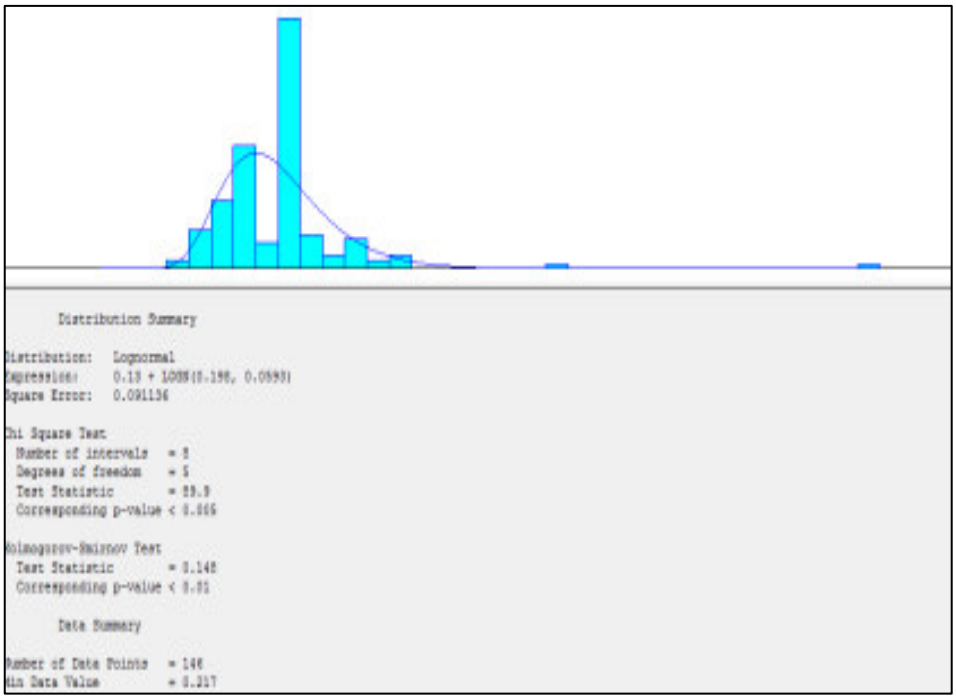


Figura 27. Proceso de Primolitado, Red con nudo 24

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de segunda Revisión

El tiempo en horas de procesamiento en la segunda revisión del producto presenta una distribución Lognormal. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

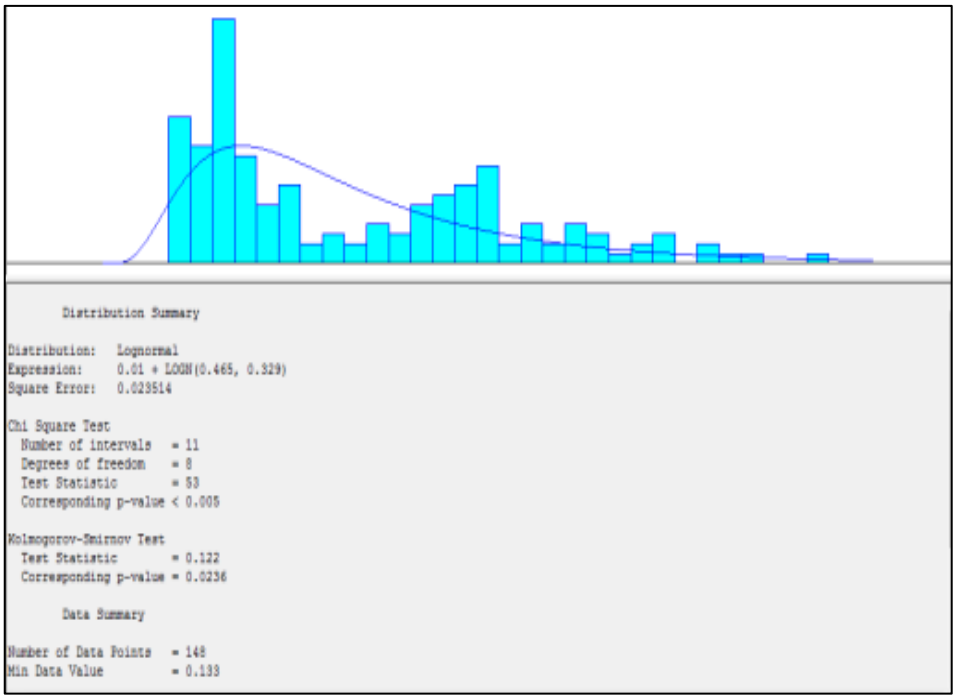


Figura 28. Proceso de Segunda Revisión
Red con nudo 24

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de segundo Remalle

El tiempo en horas de procesamiento en el segundo remalle del producto presenta una distribución exponencial. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

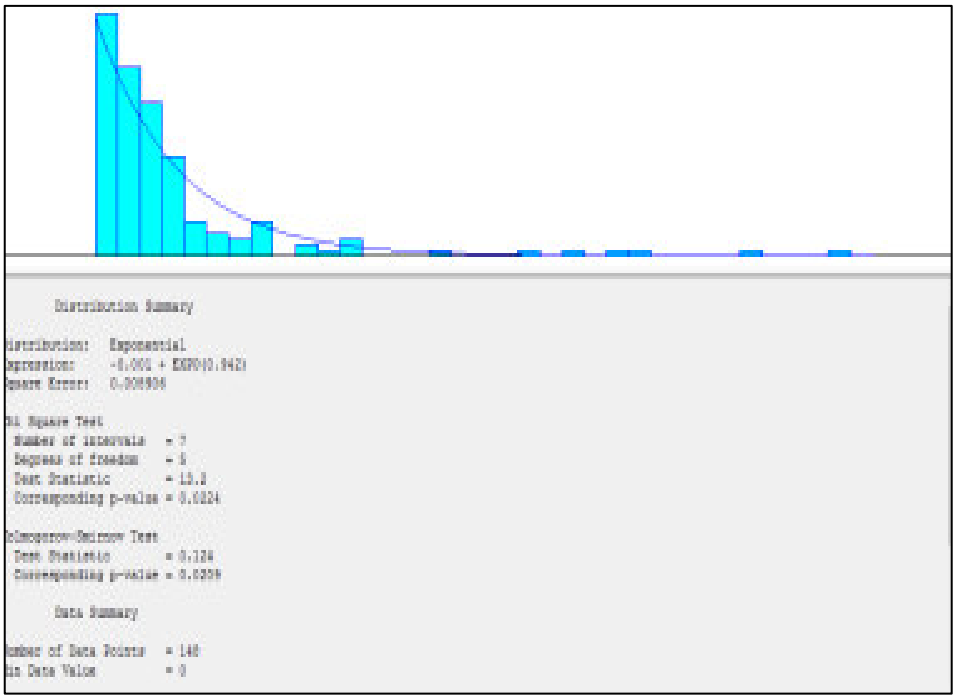


Figura 29. Proceso de segundo Remalle Red con nudo 24

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de Empaque

El tiempo en horas de procesamiento en la primera revisión del producto presenta una distribución Lognormal. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

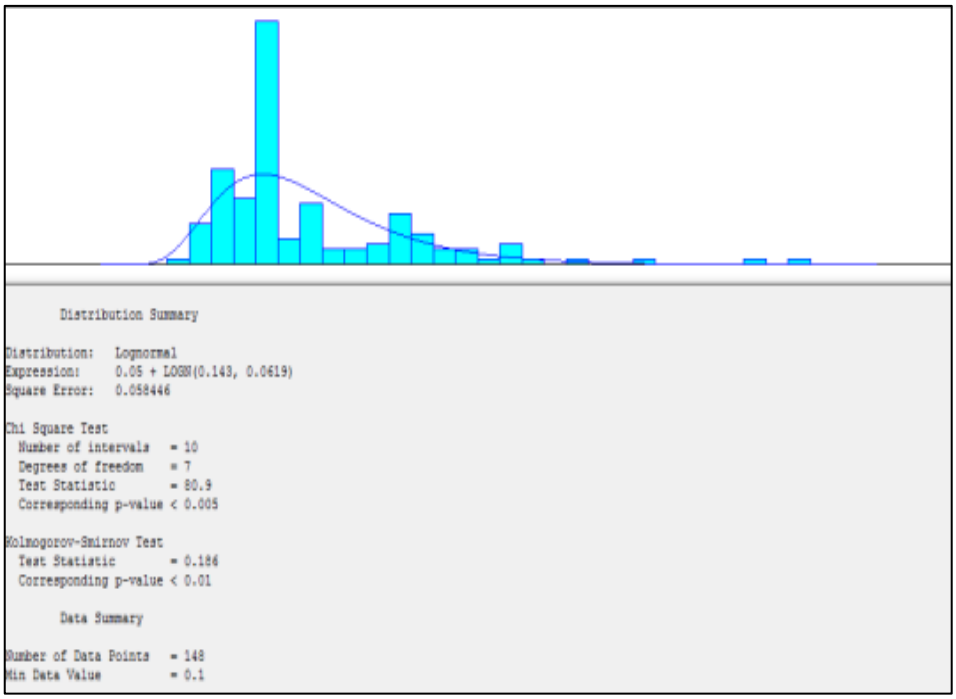


Figura 30. Proceso de Empaque, Red con nudo 24

Fuente. Datos de la empresa en estudio

Producto 3: RCN TC ANC 210/27X9/16”X360X100 NEG PRI

e) Resumen de distribuciones de probabilidad

Cuadro 5.-
Resumen de distribuciones de Redes con nudo 27

Operación	Distribución	Parámetros
TEJIDO EN TELAR TMAQ	Gamma	29 + GAMM(2.95, 2.06)
1RA REVISION TMAQ	Lognormal	LOGN(0.73, 0.329)
1R REMALLE TMOD	Gamma	GAMM(7.52, 1.67)
AUTOCLAV TMAQ	Gamma	0.06 + GAMM(0.12, 8.96)
TERMOFIJ MAQ	Normal	NORM(0.658, 0.115)
PRIMOLIT TMAQ	Lognormal	0.19 + LOGN(0.17, 0.0686)
2DA REVISION TMAQ	Lognormal	LOGN(0.476, 0.393)
2DO REMALLAD MOD	Lognormal	-0.001 + LOGN(1.36, 3.61)
EMPAQUE TMAQ	Lognormal	0.01 + LOGN(0.191, 0.0688)

Fuente. Datos de la empresa en estudio

f) Resumen estadístico

- Proceso de Tejido

El tiempo en horas de procesamiento en la primera revisión del producto presenta una distribución Lognormal. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

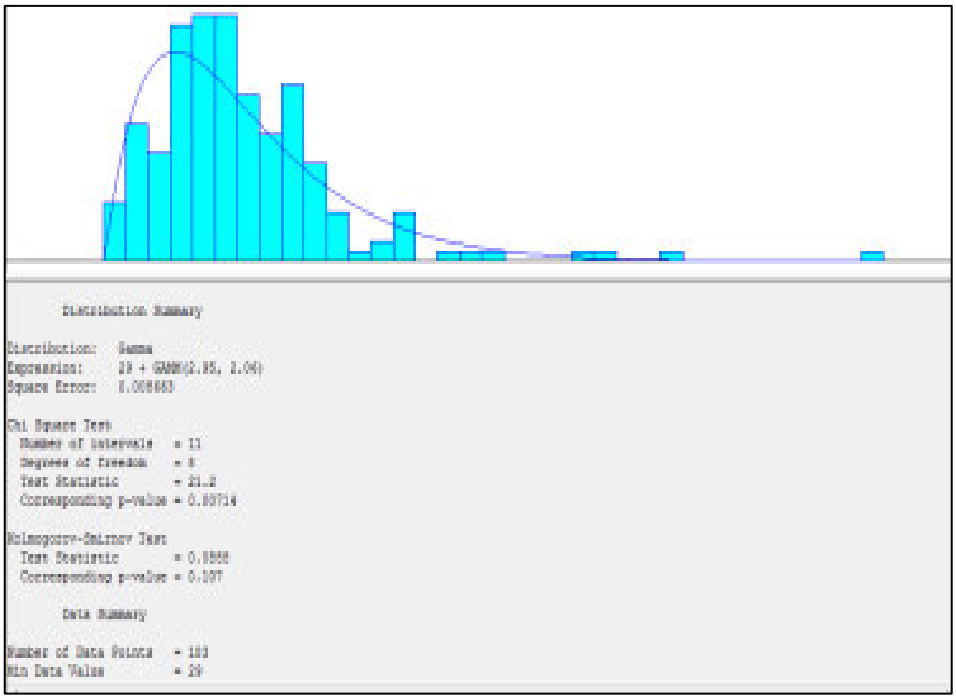


Figura 31. Proceso de Tejido, Red con nudo 27

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de primera Revisión

El tiempo en horas de procesamiento en la primera revisión del producto presenta una distribución Lognormal. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

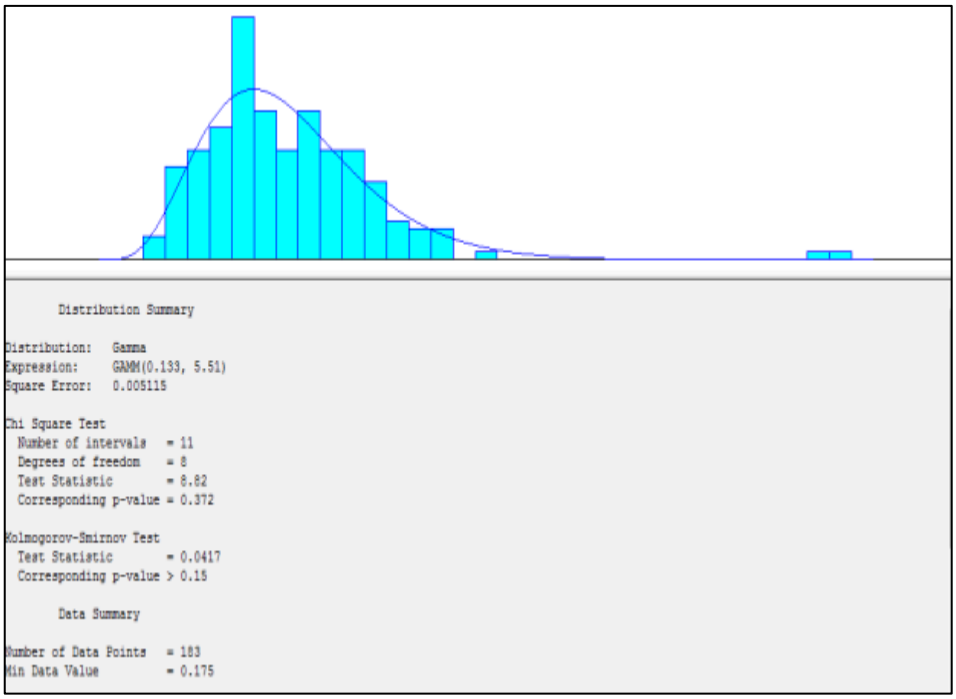


Figura 32. Proceso de primera Revisión Red con nudo 27

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de primer Remalle

El tiempo en horas de procesamiento en la primer remalle del producto presenta una distribución Gamma. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

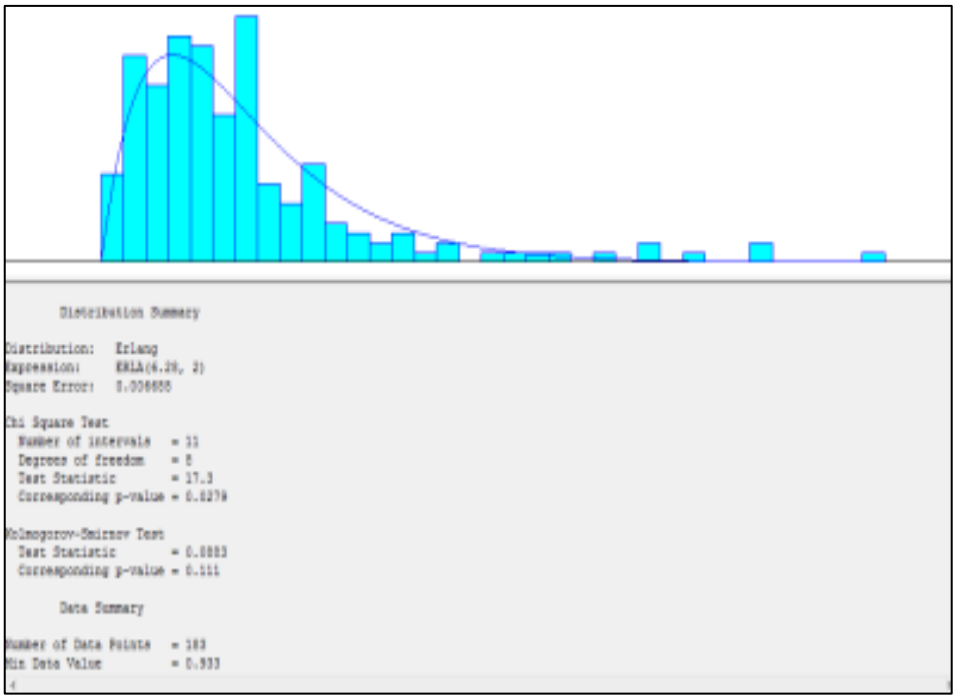


Figura 33. Proceso de primer Remalle, Red con nudo 27

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de Teñido

El tiempo en horas de procesamiento en el teñido del producto presenta una distribución Gamma. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

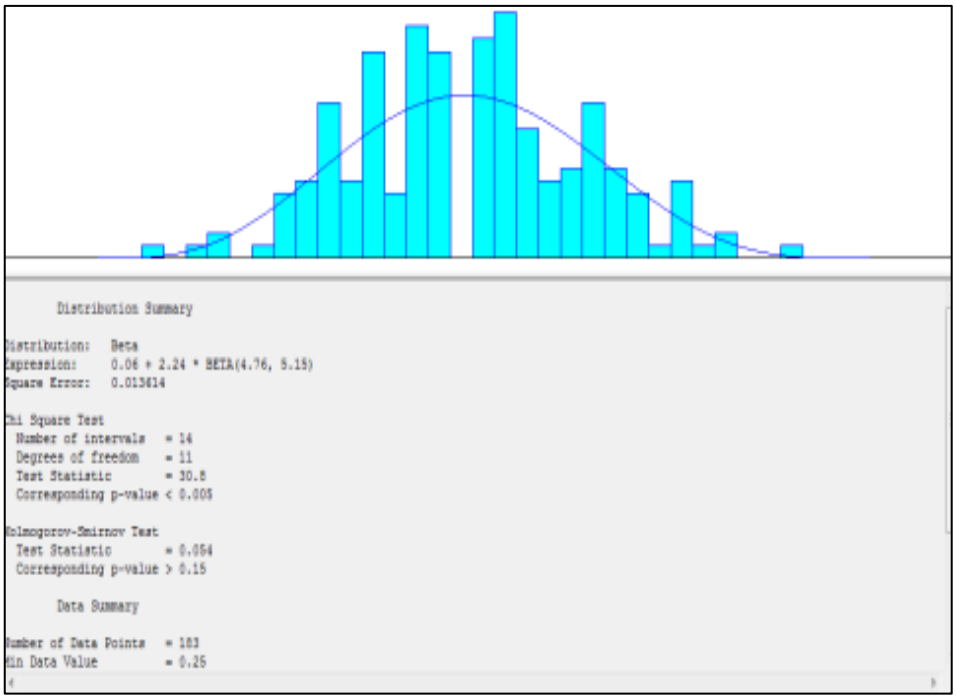


Figura 34. Proceso de Teñido, Red con nudo 27

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de Termofijado

El tiempo en horas de procesamiento en el termofijado del producto presenta una distribución Normal. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

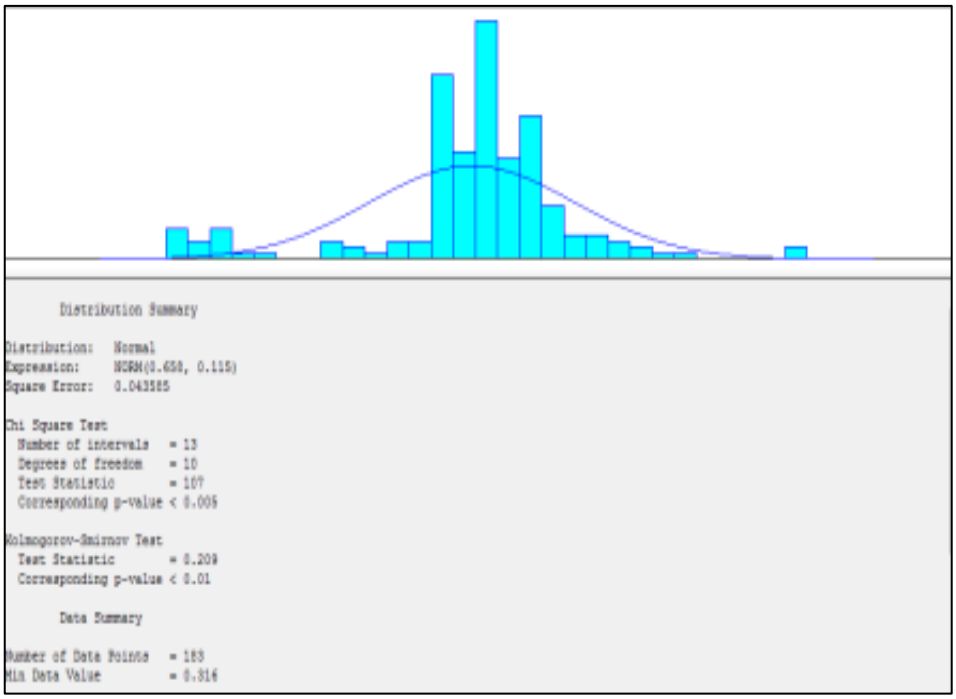


Figura 35. Proceso de Termofijado, Red con nudo 27

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de Primolitado

El tiempo en horas de procesamiento en el primolitado del producto presenta una distribución Lognormal. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

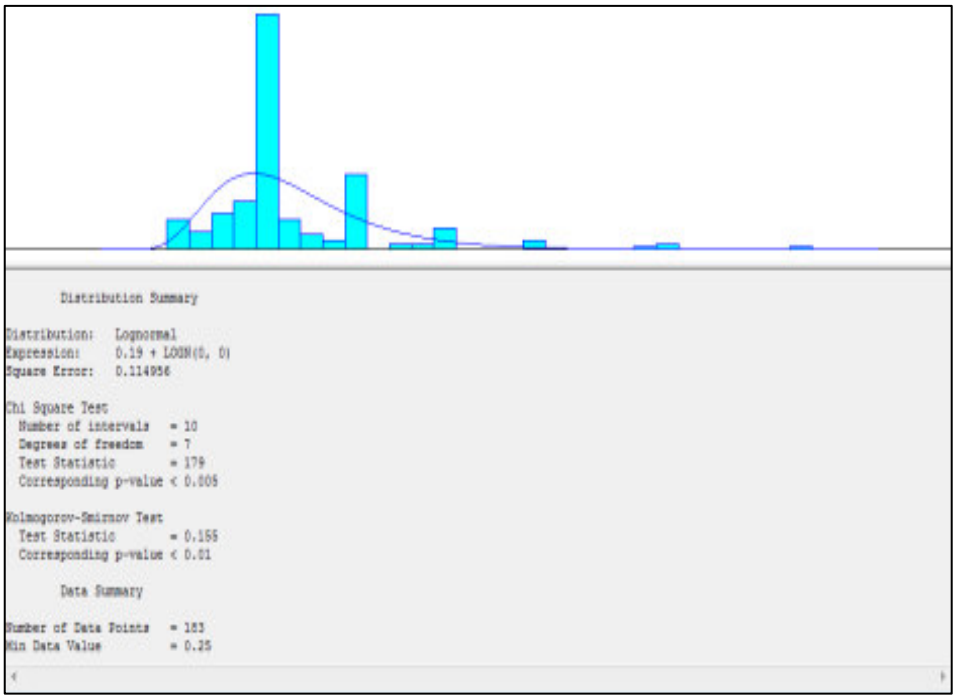


Figura 36. Proceso de Primolitado, Red con nudo 27

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Procesamiento de segunda Revisión

El tiempo en horas de procesamiento en la segunda revisión del producto presenta una distribución Lognormal. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

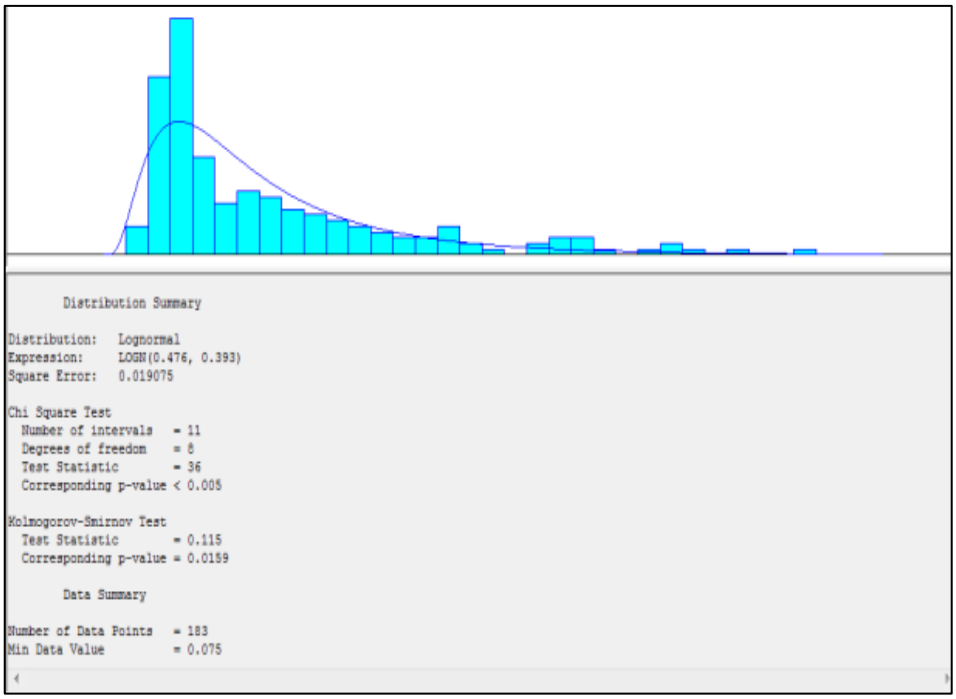


Figura 37. Procesamiento de segunda Revisión Red con nudo 27

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de Segundo Remalle

El tiempo en horas de procesamiento en el segundo remalle del producto presenta una distribución Lognormal. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

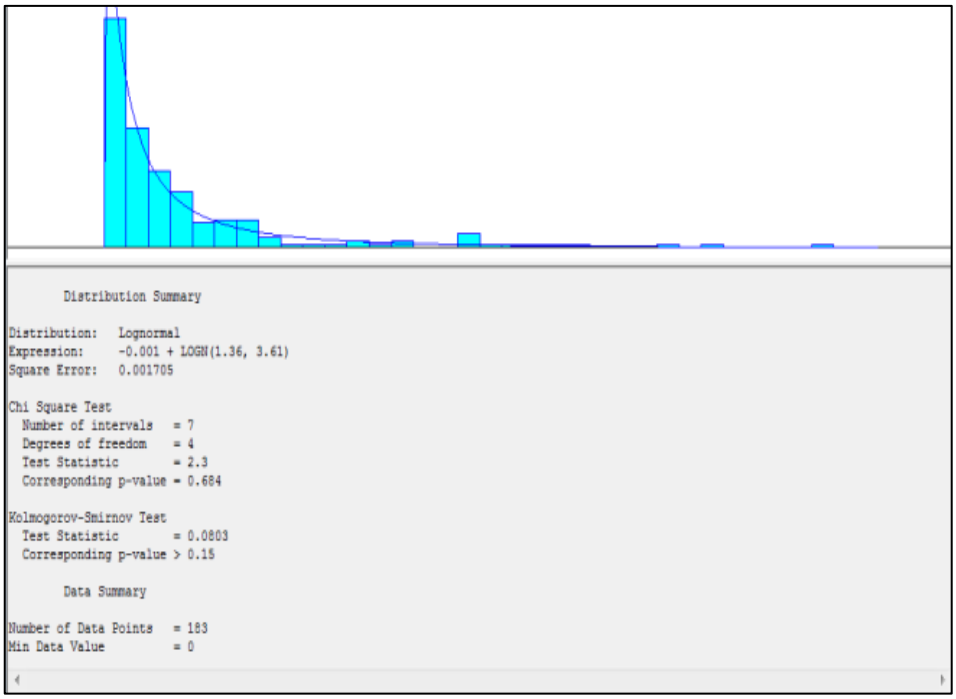


Figura 38. Proceso de Segundo Remalle
Red con nudo 27

Fuente. Datos de la empresa en estudio

- Proceso de Empaque

El tiempo en horas de procesamiento en el empaque del producto presenta una distribución Lognormal. Se muestra el análisis estadístico desarrollado en el software Input Analyzer.

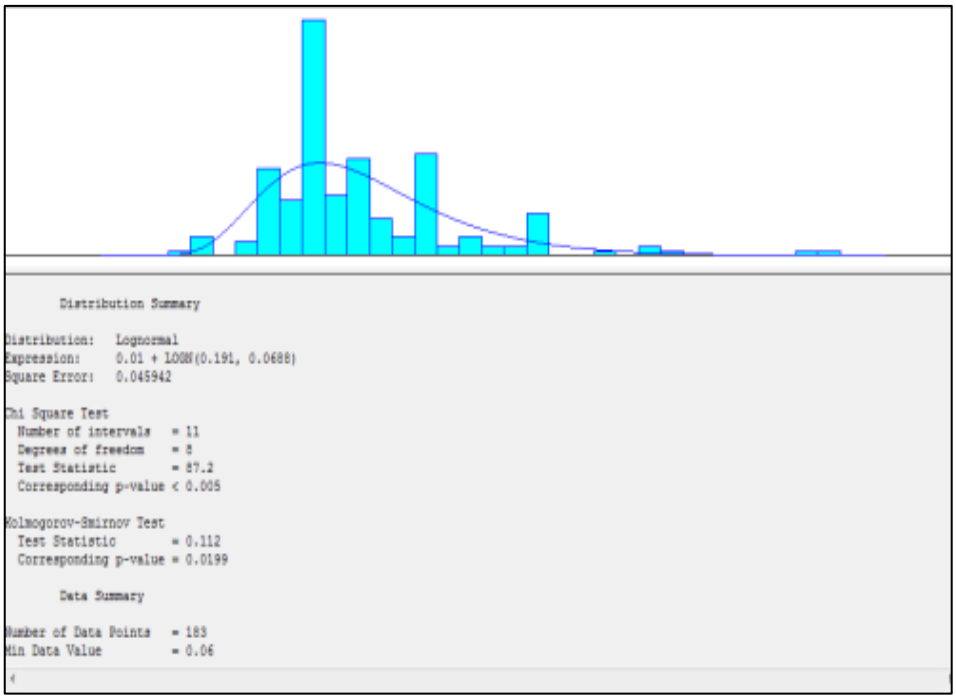


Figura 39. Proceso de Empaque, Red con nudo 28

Fuente. Datos de la empresa en estudio

3.2.5. El modelo en ARENA

El modelo de simulación presenta tres arribos, uno para cada producto en estudio esto da origen a que cada módulo Create tenga un módulo Assign en donde se establecerán las distribuciones de los procesos para cada producto.

DIS TRA 18: Modulo Assign que indica todas las distribuciones de probabilidad del producto RCN TC ANC 210/18X9/16”X360X100 NEG PRI.

DIS TRA 24: Modulo Assign que indica todas las distribuciones de probabilidad del producto RCN TC ANC 210/24X9/16”X360X100 NEG PRI.

DIS TRA 27: Modulo Assign que indica todas las distribuciones de probabilidad del producto RCN TC ANC 210/27X9/16”X360X100 NEG PRI.

Una vez definido el inicio del modelo de simulación se empieza a definir la secuencia del modelo.

Los procesos de Tejido, primera revisión, primer remalle, teñido, termofijado, primolitado, segunda revisión, segundo remalle y empaque se representan mediante el módulo process.

REM o EMP: Esta representado mediante el módulo decide y representa que un porcentaje de la producción pasa de frente al proceso de empaque sin ser procesados en el proceso de remalle.

El modelo se simulación se muestra a continuación:

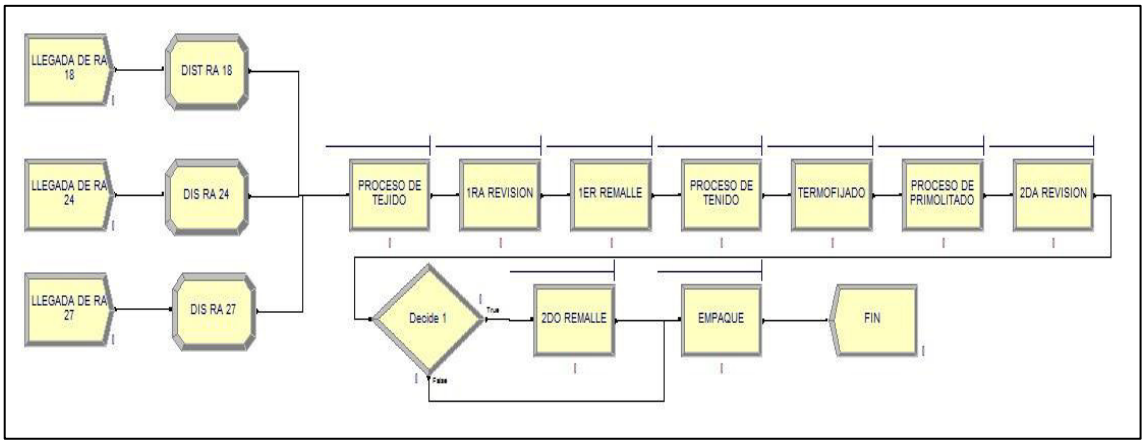


Figura 40. Modelo de simulación de redes anchoveteras

Fuente propia

3.2.6. El número de réplicas

Para determinar el número de réplicas se realizaron corridas se simulación con n réplicas para determinar dónde es que la simulación se estabiliza.

En Azarang, M. y García, E. [01] se aconseja que el número de réplicas o repeticiones sea de 3 a 10.

Una forma de determinar el momento en que el sistema se estabiliza se consigue al graficar, a través del tiempo, cada uno de los valores promedio de aquella variable o resultado que se dese analizar y al observar el comportamiento de las variables.

Podemos ver los resultados de los tiempos promedio de duración en el sistema de los tres productos anchoveteros de estudio.

Cuadro 6.-
Determinación del número de replicas

	Número de Réplicas							
Prod.	3	4	5	6	7	8	9	10
RA 18	60.90	66.82	65.18	65.47	64.20	64.69	64.12	66.70
RA 24	58.45	64.93	63.41	63.14	61.64	62.10	61.31	64.58
RA 27	84.00	97.98	94.42	94.31	90.72	91.92	90.49	96.33

Fuente. Datos de la empresa en estudio

A continuación se muestra la gráfica de estabilización para la variable RA 18, tiempo promedio en horas en el sistema de la red anchovetera de título 18.

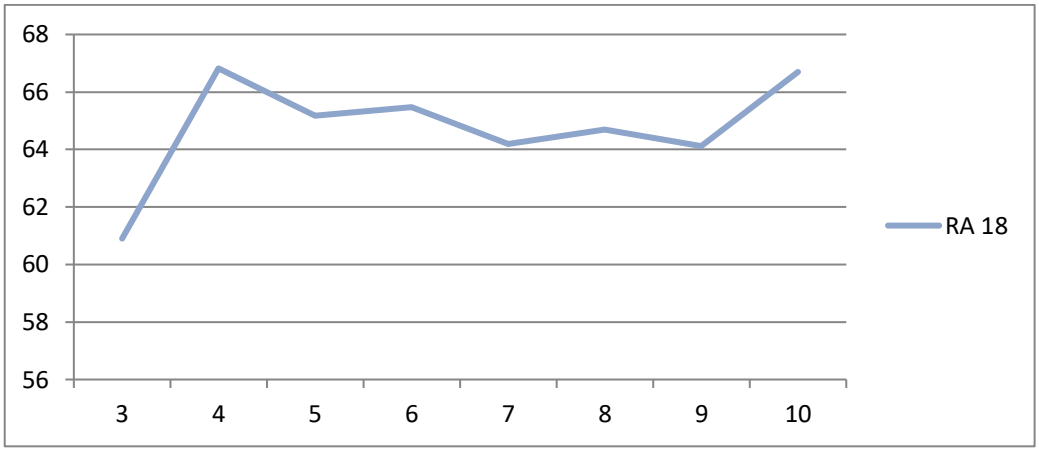


Figura 41. Estabilización de RA 18

Fuente. Datos de la empresa en estudio

A continuación se muestra la gráfica de estabilización para la variable RA 24, tiempo promedio en horas en el sistema de la red anchovetera de título 24.

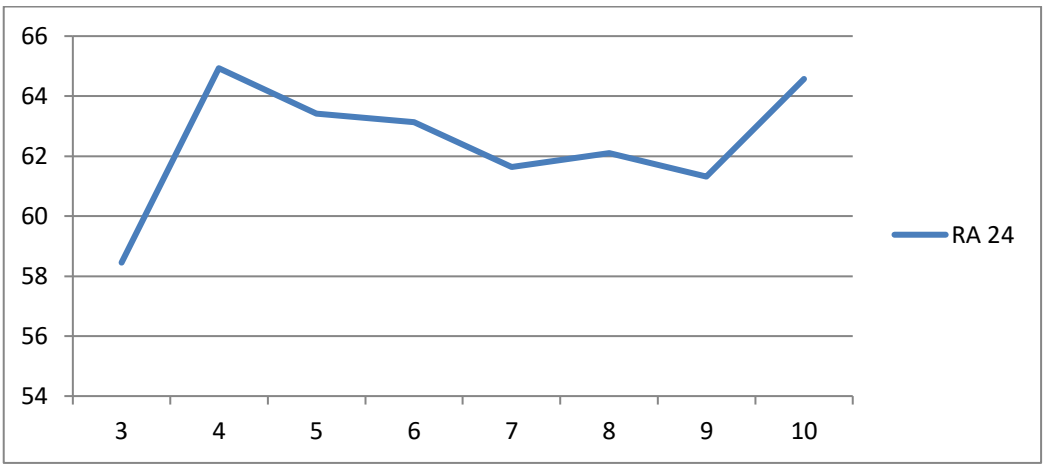


Figura 42. Estabilización de RA 24

Fuente. Datos de la empresa en estudio

A continuación se muestra la gráfica de estabilización para la variable RA 27, tiempo promedio en horas en el sistema de la red anchovetera de título 27.

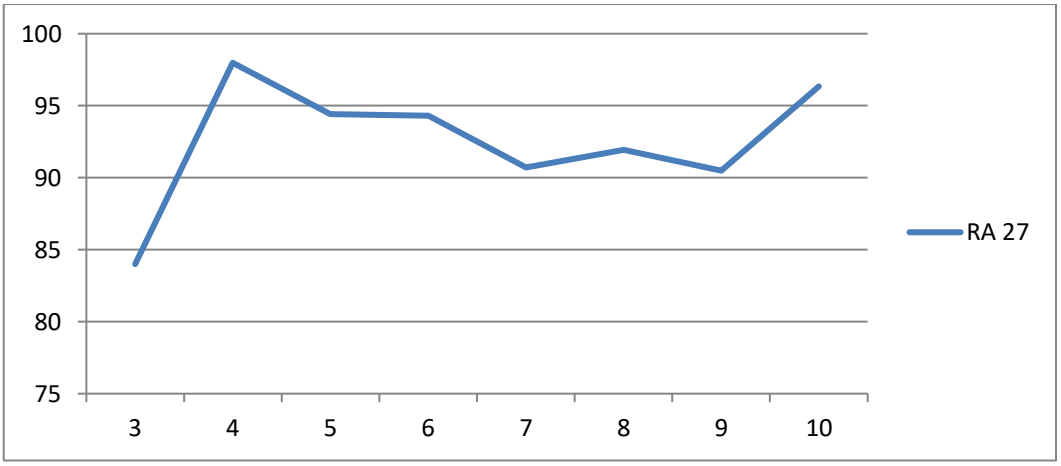


Figura 43. Estabilización de RA 27

Fuente. Datos de la empresa en estudio

Como se puede observar el número de réplicas en donde se estabiliza la simulación es n = 8.

3.2.7. Los arribos

Para la simulación es necesario realizar un análisis estadístico para las llegadas de los tres productos a simular, para así determinar la distribución de arribos de cada uno de ellos.

Para esto se está analizando la información de la cantidad producida durante el año 2013, se obtuvo un resumen de las cantidades de producción por mes, de mayo a diciembre, se determinó su distribución mediante el software Input Analyzer.

Los datos obtenidos se muestran a continuación:

Cuadro 7.-
Resumen de distribución de llegadas

Arribos	Distribución	Parámetros
Llegada de RCN 18	Beta	7.5 + 85 * BETA(0.459, 0.726)
Llegada de RCN 24	Gamma	0.5 + GAMM(18.1, 0.985)
Llegada de RCN 27	Weibull	4.5 + WEIB(13.1, 0.932)

Fuente. Datos de la empresa en estudio

3.2.8. Los atributos

Los atributos que se están considerando para la presente simulación han sido calculados en base a la producción del año 2013. La capacidad real de producción está basada en un número mayor de producción pero como el presente estudio está siendo realizado para tres productos, se ha calculado la capacidad del área de producción con base en los productos en estudio, por un tema de confidencialidad solo se muestran a continuación los resultados.

- Proceso de Tejido.

Se dispone para este proceso de 10 máquinas y 10 operarios.

- Proceso de primera revisión.

Se dispone para este proceso de 2 operarios.

- Proceso de primer remalle.

Se dispone para este proceso de 2 operarias.

- Proceso de Teñido.

Se dispone para este proceso de 1 operario y 3 máquinas.

- Proceso de Termofijado.

Se dispone para este proceso de 1 máquina y tres operarios.

- Proceso de primolitado.

Se dispone para este proceso de 1 máquina y tres operarios.

- Proceso de segunda revisión.

Se dispone para este proceso de 2 máquinas y 4 operarios.

- Proceso de segundo remalle.

Se dispone para este proceso de 5 remalladoras.

- Proceso de empaque.

Se dispone para este proceso una máquina y 2 operarios.

A continuación se muestra los atributos que fueron asignados en los procesos.

Cuadro 8.-
Atributos asignados a los procesos

Resource - Basic Process			
	Name	**Type**	**Capacity**
1	MTELAR	Fixed Capacity	10
2	OTEJIDO	Fixed Capacity	10
3	O1REVISION	Fixed Capacity	2
4	O1REMALLE	Fixed Capacity	2
5	MTENIDO	Fixed Capacity	3
6	OTENIDO	Fixed Capacity	1
7	MTERMOF	Fixed Capacity	1
8	MPRIMO	Fixed Capacity	1
9	OPRIMO	Fixed Capacity	3
10	OTERMO	Fixed Capacity	3
11	O2REVISION	Fixed Capacity	4
12	MREVISION	Fixed Capacity	2
13	O2REMALLE	Fixed Capacity	5
14	MEMPAQUE	Fixed Capacity	1
15	OEMPAQUE	Fixed Capacity	2

Fuente propia. Datos ingresados al Software ARENA

3.2.9. Planteamientos de escenarios

En la simulación del proceso de fabricación de redes anchoveteras, se plantearon dos escenarios que podrían generar una mejoría en el proceso, aumentar el número de operarios y la compra de maquinaria podría dar solución al cuello de botella que se presenta.

3.2.10. Escenarios propuestos

En el presente trabajo se plantearon dos escenarios propuestos por la jefatura de producción. Estas propuestas se realizaron tomando en cuenta las capacidades del área de producción y la inversión que la empresa está dispuesta a realizar.

- **Escenario 1:**

La contratación de 3 operarios en la operación de remalle y la compra de rodillos para una máquina termofijadora que está inoperativa en la operación de termofijado, esto quiere decir que en la operación de termofijado habrán dos máquinas operativas.

- **Escenario 2:**

La contratación de 2 operarios en la operación de remalle y la compra de rodillos para una máquina termofijadora que está inoperativa en la operación de termofijado, esto quiere decir que en la operación de termofijado habrán dos máquinas operativas.

CAPITULO IV: RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan los resultados de la simulación basados en la situación actual y escenarios propuestos.

3.1. Resultados en la situación actual

Se muestran los reportes del Software ARENA. Se explican los datos que son de importancia para la presente investigación.

3.1.1. Duración del proceso en la situación actual

Como se puede observar en el cuadro 9, el tiempo de procesamiento, en promedio, del producto RA 18 es de 54.8922 horas, del producto RA 24 es de 51.4019 horas y del producto RA 27 es de 53.7004 horas.

El tiempo máximo de procesamiento del producto RA 18 es de 212.69 horas, del producto RA 24 es de 94.3190 horas y del producto RA 27 es de 125.38 horas.

El tiempo de espera, en promedio, para el producto RA 18 es de 7.0363 horas, para el producto RA 24 es de 8.7524 horas y para el producto RA 27 es de19.4377 horas.

Cuadro 9.-

Tiempo de procesamiento y de espera de la situación actual (Horas)

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
RA 18	54.8922	0.86	53.1637	56.1830	33.9610	212.69
RA 24	51.4019	0.33	50.8078	51.8126	36.1897	94.3190
RA 27	53.7004	0.69	53.0734	55.2266	35.0308	125.38

NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
RA 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RA 24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RA 27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
RA 18	7.0363	3.12	3.9367	15.3056	0.00	144.38
RA 24	8.7524	3.25	5.1467	15.9944	0.00	139.20
RA 27	19.4377	7.22	10.0407	34.1584	0.00	135.31

Fuente propia. Reporte de software ARENA

Según el cuadro 10, el tiempo en el sistema, en promedio, para el producto RA 18 es de 61.9285 horas, para el producto RA 24 es de 60.1543 horas y para el producto RA 27 es de 73.1382 horas.

Cuadro 10.-

Tiempo Total de la situación actual (Horas)

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
RA 18	61.9285	3.55	57.2123	70.8016	34.9348	239.43
RA 24	60.1543	3.34	56.5379	67.6582	36.1897	216.09
RA 27	73.1382	7.49	63.1451	88.2687	35.8597	205.93

Fuente propia. Reporte de software ARENA

El tiempo promedio de procesamiento más el tiempo promedio de espera nos genera el tiempo promedio en el sistema para los productos.

3.1.2. Tiempo de espera en la situación actual

Podemos observar en el cuadro 11 que el proceso de primer remalle presenta como tiempo máximo en cola de 139.04 horas, luego vemos que el proceso de termofijado presenta como tiempo máximo en cola de 22.8079 horas y que el proceso de tejido presenta como tiempo máximo en cola de 9.9265 horas.

Respecto al tiempo promedio de espera en el proceso de primer remalle es de 9.6050 horas, en el proceso de termofijado es de 1.0531 horas y en el proceso de tejido es de 0.01458 horas.

Cuadro 11.-

Tiempo de espera en la situación actual (Horas)

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
1ER REMALLE.Queue	9.6050	4.08	4.8900	19.0850	0.00	139.04
1RA REVISION.Queue	0.02314443	0.00	0.01630492	0.03279298	0.00	1.7023
2DA REVISION.Queue	0.00003728	0.00	0.00	0.00018332	0.00	0.1511
2DO REMALLE.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EMPAQUE.Queue	0.00084370	0.00	0.00043682	0.00135640	0.00	0.3547
PROCESO DE PRIMOLITADO.Queue	0.01479222	0.00	0.01019768	0.01779396	0.00	0.8265
PROCESO DE TEJIDO.Queue	0.01458470	0.03	0.00	0.0983	0.00	9.9265
PROCESO DE TENIDO.Queue	0.03596534	0.00	0.03043313	0.04052295	0.00	1.6804
TERMOFIJADO.Queue	1.0531	0.11	0.9090	1.2746	0.00	22.8079

Fuente propia. Reporte de software ARENA

3.1.3. Número de entidades en espera en la situación actual

Observando el cuadro 12, el número máximo de productos en cola en el proceso de primer remallado es de 21 unidades, en el proceso de primera revisión es de 2 unidades, en el proceso de segunda revisión es de una unidad, en el proceso de segundo remalle no presenta unidades en cola, en el proceso de

empaque es de una unidad en cola, en el proceso de primolitado es de 2 unidades, en el proceso de tejido es de 4 unidades, en el proceso de tenido es de 2 unidades y en el proceso de termofijado es de 5 unidades.

Cuadro 12.-
Número de entidades en espera en la situación actual (Horas)

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
1ER REMALLE.Queue	0.8204	0.34	0.4150	1.6026	0.00	21.0000
1RA REVISION.Queue	0.00199043	0.00	0.00139597	0.00285861	0.00	2.0000
2DA REVISION.Queue	0.00000330	0.00	0.00	0.00001570	0.00	1.0000
2DO REMALLE.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EMPAQUE.Queue	0.00007293	0.00	0.00003668	0.00012607	0.00	1.0000
PROCESO DE PRIMOLITADO.Queue	0.00127479	0.00	0.00085632	0.00165380	0.00	2.0000
PROCESO DE TEJIDO.Queue	0.00124400	0.00	0.00	0.00827284	0.00	4.0000
PROCESO DE TENIDO.Queue	0.00308960	0.00	0.00256154	0.00351168	0.00	2.0000
TERMOFIJADO.Queue	0.0903	0.01	0.07819024	0.1070	0.00	5.0000

Fuente propia. Reporte de software ARENA

3.2. Resultados en el escenario propuesto

Se mostraran los reportes del Software ARENA versión estudiantil. Se explicaran los datos que son de importancia para la presente investigación.

3.2.1. Duración del proceso en el escenario 1

Como se puede observar en el cuadro 13, el tiempo de procesamiento, en promedio, del producto RA 18 es de 54.9481 horas, del producto RA 24 es de 51.4986 horas y del producto RA 27 es de 53.7438 horas.

El tiempo máximo de procesamiento del producto RA 18 es de 316.54 horas, del producto RA 24 es de 91.9780 horas y del producto RA 27 es de 115.57 horas.

El tiempo de espera, en promedio, para el producto RA 18 es de 0.7592 horas, para el producto RA 24 es de 1.0225 horas y para el producto RA 27 es de 2.0393 horas.

Cuadro 13.-
Tiempo de procesamiento y de espera del escenario 1 (Horas)

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
RA 18	54.9481	0.62	53.7958	55.7937	35.0739	316.54
RA 24	51.4986	0.41	50.9778	52.1983	37.5219	91.9780
RA 27	53.7438	0.53	52.6937	54.5585	34.1408	115.57

NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
RA 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RA 24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RA 27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
RA 18	0.7592	0.23	0.4644	1.3256	0.00	37.2275
RA 24	1.0225	0.26	0.6723	1.6342	0.00	34.7813
RA 27	2.0393	0.63	0.8010	3.1892	0.00	40.0723

Fuente propia. Reporte de software ARENA

Según el cuadro 14, el tiempo en el sistema, en promedio, para el producto RA 18 es de 55.7073 horas, para el producto RA 24 es de 52.5212 horas y para el producto RA 27 es de 55.7831 horas.

Cuadro 14.-
Tiempo Total del escenario 1 (Horas)

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
RA 18	55.7073	0.72	54.4523	56.9173	35.2277	316.54
RA 24	52.5212	0.55	51.7269	53.3752	37.5219	95.2760
RA 27	55.7831	0.88	54.4663	57.7477	34.3978	118.58

Fuente propia. Reporte de software ARENA

3.2.2. Tiempo de espera en el escenario 1

Podemos observar en el cuadro 15 que el proceso de primer remalle presenta como tiempo máximo en cola de 37.3693 horas, luego vemos que el proceso de termofijado presenta como tiempo máximo en cola de 6.7997 horas y que el proceso de tejido presenta como tiempo máximo en cola de 7.1703 horas.

Respecto al tiempo promedio de espera en el proceso de primer remalle es de 0.9975 horas, en el proceso de termofijado es de 0.06698 horas y en el proceso de tejido es de 0.05057 horas.

Cuadro 15.-

Tiempo de espera en el escenario 1
(Horas)

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
1ER REMALLE.Queue	0.9975	0.33	0.4532	1.7407	0.00	37.3693
1RA REVISION.Queue	0.02994607	0.00	0.01998965	0.03447159	0.00	2.0528
2DA REVISION.Queue	0.00002163	0.00	0.00	0.00017304	0.00	0.1426
2DO REMALLE.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EMPAQUE.Queue	0.00183119	0.00	0.00111502	0.00261516	0.00	0.5490
PROCESO DE PRIMOLITADO.Queue	0.00664845	0.00	0.00499567	0.00900683	0.00	0.9615
PROCESO DE TEJIDO.Queue	0.01193063	0.02	0.00	0.06172294	0.00	7.1703
PROCESO DE TENIDO.Queue	0.05057388	0.00	0.04139611	0.06112040	0.00	2.4356
TERMOFIJADO.Queue	0.06697702	0.01	0.05765561	0.07950308	0.00	6.7997

Fuente propia. Reporte de software ARENA

3.2.3. Número de entidades en espera en el escenario 1

Según el cuadro 16 el número máximo de productos en cola en el proceso de primer remallado es de 9 unidades, en el proceso de primera revisión es de 3 unidades, en el proceso de segunda revisión es de una unidad, en el proceso de segundo remalle no presenta unidades en cola, en el proceso de empaque es de 2 unidades en cola, en el proceso de primolitado es de 2 unidades, en el proceso

de tejido es de 4 unidades, en el proceso de tenido es de 2 unidades y en el proceso de termofijado es de 3 unidades.

Cuadro 16.-
Número de entidades en espera en el escenario 1 (Horas)

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
1ER REMALLE.Queue	0.08694712	0.03	0.04124393	0.1552	0.00	9.0000
1RA REVISION.Queue	0.00261777	0.00	0.00163951	0.00307042	0.00	3.0000
2DA REVISION.Queue	0.00000183	0.00	0.00	0.00001463	0.00	1.0000
2DO REMALLE.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EMPAQUE.Queue	0.00016020	0.00	0.00009384	0.00023019	0.00	2.0000
PROCESO DE PRIMOLITADO.Queue	0.00057928	0.00	0.00040973	0.00080097	0.00	2.0000
PROCESO DE TEJIDO.Queue	0.00101970	0.00	0.00	0.00521890	0.00	4.0000
PROCESO DE TENIDO.Queue	0.00441413	0.00	0.00348374	0.00556194	0.00	2.0000
TERMOFIJADO.Queue	0.00582593	0.00	0.00472878	0.00669069	0.00	3.0000

Fuente propia. Reporte de software ARENA

3.2.4. Duración del proceso en el escenario 2

Como se puede observar en el cuadro 17, el tiempo de procesamiento, en promedio, del producto RA 18 es de 55.0779 horas, del producto RA 24 es de 51.3493 horas y del producto RA 27 es de 53.8051 horas.

El tiempo máximo de procesamiento del producto RA 18 es de 353.22 horas, del producto RA 24 es de 98.0691 horas y del producto RA 27 es de 154.15 horas.

El tiempo de espera, en promedio, para el producto RA 18 es de 5.6679 horas, para el producto RA 24 es de 7.3560 horas y para el producto RA 27 es de 16.6512 horas.

Cuadro 17.-

Tiempo de procesamiento y de espera del escenario 2
(Horas)

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
RA 18	55.0779	0.92	53.3262	56.9211	34.0100	353.22
RA 24	51.3493	0.40	50.7292	52.2104	36.1897	98.0691
RA 27	53.8051	0.79	52.0413	54.9597	33.7936	154.15

NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
RA 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RA 24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RA 27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
RA 18	5.6679	2.37	3.1462	11.5775	0.00	130.01
RA 24	7.3560	2.82	3.4009	12.6847	0.00	122.70
RA 27	16.6512	6.58	6.3998	28.0666	0.00	130.25

Fuente propia. Reporte de software ARENA

Según el cuadro 18, el tiempo en el sistema, en promedio, para el producto RA 18 es de 60.7458 horas, para el producto RA 24 es de 58.7053 horas y para el producto RA 27 es de 70.4563 horas.

Cuadro 18.-

Tiempo Total del escenario 2
(Horas)

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
RA 18	60.7458	3.19	56.4725	68.4985	34.6451	385.08
RA 24	58.7053	2.90	54.7334	64.0508	38.2938	178.75
RA 27	70.4563	7.22	59.7774	83.0262	35.3796	188.24

Fuente propia. Reporte de software ARENA

3.2.5. Tiempo de espera en el escenario 2

Podemos observar en el cuadro 19 que el proceso de primer remalle presenta como máximo valor de horas en cola, 130.25 horas, seguidamente vemos que el proceso de termofijado presenta como máximo valor de horas en cola 5.43 horas y que el proceso de tejido presenta como máximo valor de horas en cola 5.43 horas.

Respecto al tiempo promedio de espera en el proceso de remalle es de 8.88 horas, en el proceso de tejido el tiempo promedio de espera es de 0.012 horas y en el proceso de termofijado es de 0.04 horas.

Cuadro 19.-

Tiempo de espera en el escenario 2
(Horas)

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
1ER REMALLE.Queue	8.8832	3.53	4.1344	16.1046	0.00	130.25
1RA REVISION.Queue	0.02511853	0.01	0.01869107	0.03675578	0.00	1.6312
2DA REVISION.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2DO REMALLE.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EMPAQUE.Queue	0.00132985	0.00	0.00070720	0.00181471	0.00	0.2729
PROCESO DE PRIMOLITADO.Queue	0.00509004	0.00	0.00370307	0.00728823	0.00	0.6024
PROCESO DE TEJIDO.Queue	0.01278360	0.02	0.00	0.07737321	0.00	7.9476
PROCESO DE TENIDO.Queue	0.03207892	0.01	0.02179265	0.03977291	0.00	2.1561
TERMOFIJADO.Queue	0.04011564	0.01	0.02407104	0.05887286	0.00	5.4352

Fuente propia. Reporte de software ARENA

3.2.6. Número de entidades en espera en el escenario 2

Según el cuadro 20 el máximo valor de productos en cola en el proceso de primer remallado es de 21 unidades, en el proceso de primera revisión es de 3 unidades, en el proceso de segunda revisión no presenta unidades en cola, en el proceso de segundo remalle no presenta unidades en cola, en el proceso de

empaque presenta 1 unidad en cola, en el proceso de primolitado presenta 2 unidades, en el proceso de tejido presenta 4 unidades, en el proceso de tenido presenta 2 unidades y en el proceso de termofijado presenta 3 unidades.

Cuadro 20.-
Número de entidades en espera en el escenario 2 (Horas)

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
1ER REMALLE.Queue	0.7896	0.32	0.3822	1.4933	0.00	21.0000
1RA REVISION.Queue	0.00223762	0.00	0.00168939	0.00339809	0.00	3.0000
2DA REVISION.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2DO REMALLE.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EMPAQUE.Queue	0.00011920	0.00	0.00005643	0.00016161	0.00	1.0000
PROCESO DE PRIMOLITADO.Queue	0.00045029	0.00	0.00034337	0.00064469	0.00	2.0000
PROCESO DE TEJIDO.Queue	0.00114037	0.00	0.00	0.00689062	0.00	4.0000
PROCESO DE TENIDO.Queue	0.00285418	0.00	0.00202074	0.00356806	0.00	2.0000
TERMOFIJADO.Queue	0.00354607	0.00	0.00214550	0.00532120	0.00	3.0000

Fuente propia. Reporte de software ARENA

3.3. Comparación de la situación actual con los escenarios propuestos

3.3.1. Situación actual vs. escenario 1

Realizando una comparación en los resultados de la situación actual respecto al escenario 1, podemos ver en el cuadro 21 que existe una reducción en el tiempo promedio de espera. El tiempo promedio de espera del producto RA 18 se redujo en 6.2771 horas, esto equivalente al 89.21%, el tiempo promedio de espera del producto RA 24 se redujo en 7.7299 horas, esto equivale al 88.32% y el tiempo promedio de espera del producto RA 27 se redujo en 17.3984 horas, esto equivale al 89.51%.

Al analizar los tiempos de espera de la situación actual y el escenario 1 vemos que hay una reducción en el tiempo de espera. Bajo estas condiciones podemos afirmar que el escenario 1 resulta más favorable que la situación actual, dado que esta reducción implica una reducción de las entidades en la línea de espera y como consecuencia una disminución de los cuellos de botella.

Cuadro 21.-

Comparativo del tiempo promedio de espera (Horas)

Prod.	TE Situación actual	TE Escenario 1	REDUCCION (%)
RA 18	7.0363	0.7592	89.21%
RA 24	8.7524	1.0225	88.32%
RA 27	19.4377	2.0393	89.51%

Fuente propia

TE Situación actual: Tiempo promedio de espera del situación actual.

TE Escenario 1: Tiempo promedio de espera del escenario 1.

REDUCCION (%): Porcentaje de reducción del tiempo de espera.

Según el cuadro 22, el tiempo promedio de procesamiento para los tres productos en estudio tiene una insignificante variación. Este resultado nos indica que con el escenario 1 ha disminuido los cuellos de botella, pero el tiempo de procesamiento se ha mantenido.

Cuadro 22.-

Comparativo del tiempo promedio de procesamiento (Horas)

Prod.	TP Situación actual	TP Escenario 1	INCREMENTO (%)
RA 18	54.8922	54.9481	0.10%
RA 24	51.4019	51.4986	0.19%
RA 27	53.7004	53.7438	0.08%

Fuente propia

TP Situación actual: Tiempo promedio de procesamiento de la situación actual.

TP Escenario 1: Tiempo promedio de procesamiento del escenario 1.

INCREMENTO (%): Porcentaje de reducción del tiempo total.

Según el cuadro 23 el tiempo promedio total en el sistema para el producto RA 18 se reduce en 10.05%, para el producto RA 24 se reduce en 12.69% y para el producto RA 27 se reduce en 23.73%. Con lo cual se ha conseguido con esta propuesta una reducción del tiempo promedio de permanencia en el sistema.

Cuadro 23.-

Comparativo del tiempo promedio total en el sistema (Horas)

Prod.	TT Situación actual	TT Escenario 1	REDUCCION (%)
RA 18	61.9285	55.7073	10.05%
RA 24	60.1543	52.5212	12.69%
RA 27	73.1382	55.7831	23.73%

Fuente propia

TT Situación actual: Tiempo promedio total del situación actual.

TT Escenario 1: Tiempo promedio total del escenario 1.

REDUCCION (%): Porcentaje de reducción del tiempo total.

3.3.2. Situación actual vs. escenario 2

Realizando una comparación en los resultados de la situación actual respecto al escenario 1, podemos ver en el cuadro 24 que existe una reducción en el tiempo promedio de espera. El tiempo promedio de espera del producto RA 18 se redujo en 1.3684 horas, esto equivalente al 19.45%, el tiempo promedio de espera del producto RA 24 se redujo en 1.3964 horas, esto equivale al 15.95% y

el tiempo promedio de espera del producto RA 27 se redujo en 2.7865 horas, esto equivale al 14.34%.

Al analizar los tiempos de espera de la situación actual y el escenario 2 vemos que hay una reducción en el tiempo de espera. Bajo estas condiciones podemos afirmar que el escenario 2 resulta más favorable que la situación actual, dado que esta reducción implica una reducción de las entidades en la línea de espera y como consecuencia una disminución de los cuellos de botella.

Cuadro 24.-

Comparativo del tiempo promedio de espera (Horas)

Prod.	TE Situación actual	TE Escenario 2	REDUCCION (%)
RA 18	7.0363	5.6679	19.45%
RA 24	8.7524	7.3560	15.95%
RA 27	19.4377	16.6512	14.34%

Fuente propia

TE Situación actual: Tiempo promedio de espera del situación actual.

TE Escenario 2: Tiempo promedio de espera del escenario 2.

REDUCCION (%): Porcentaje de reducción del tiempo de espera.

Según el cuadro 25, el tiempo promedio de procesamiento para los tres productos en estudio tiene una insignificante variación. Este resultado nos indica que con el escenario 2 ha disminuido los cuellos de botella, pero el tiempo de procesamiento se ha mantenido.

Cuadro 25.-

Comparativo del tiempo promedio de procesamiento (Horas)

Prod.	TP Situación actual	TP Escenario 2	INCREMENTO (%)
RA 18	54.8922	54.0779	0.34%
RA 24	51.4019	51.3493	0.10%
RA 27	53.7004	53.8051	0.19%

Fuente propia

TP Situación actual: Tiempo promedio de procesamiento de la situación actual.

TP Escenario 2: Tiempo promedio de procesamiento del escenario 2.

INCREMENTO (%): Porcentaje de reducción del tiempo total.

Según el cuadro 26 el tiempo promedio total en el sistema para el producto RA 18 se reduce en 1.91%, para el producto RA 24 se reduce en 2.41% y para el producto RA 27 se reduce en 3.67%. Con lo cual se ha conseguido con esta propuesta una reducción del tiempo promedio de permanencia en el sistema.

Cuadro 26.-

Comparativo del tiempo promedio total en el sistema (Horas)

Prod.	TT Situación actual	TT Escenario 2	REDUCCION (%)
RA 18	61.9285	60.7458	1.91%
RA 24	60.1543	58.7053	2.41%
RA 27	73.1382	70.4563	3.67%

Fuente propia

TT Situación actual: Tiempo promedio total del situación actual.

TT Escenario 2: Tiempo promedio total del escenario 2.

REDUCCION (%): Porcentaje de reducción del tiempo total.

3.3.3. El mejor escenario

Como se puede observar en los cuadros 21 y 24, la mayor reducción del tiempo promedio de espera para los productos RA 18, RA 24 y RA 27, ocurre en el escenario 1.

Como se puede observar en los cuadros 22 y 25, los tiempos de procesamiento para los productos RA 18, RA 24 y RA 27 no sufren mayor variación.

Como se puede observar en los cuadros 23 y 26, la mayor reducción del tiempo promedio total de permanencia en el sistema para los productos RA 18, RA 24 y RA 27, ocurre en el escenario 1.

Se puede afirmar que el mejor escenario para la empresa es el escenario 1 propuesto.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1) Del análisis de los cuadros 10, 14, 18 y los cuadros comparativos 23 y 26 es posible encontrar escenarios que reduzcan el tiempo promedio de permanencia en el sistema, por lo que se concluye que se puede mejorar el tiempo de procesamiento en la fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras utilizando simulación de eventos discretos.

2) Del análisis de los cuadros 12, 16 y 20 es posible encontrar escenarios que reduzcan el número máximo de unidades en la línea de espera para el mismo volumen de producción, por lo que se concluye que se puede disminuir el número promedio de cuellos de botella en los procesos de fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras utilizando simulación de eventos discretos.

3) Del análisis de los cuadros 10, 23 y 26 es posible encontrar escenarios que reduzcan el tiempo promedio total en el sistema para el mismo volumen de producción, por lo que se concluye que se puede reducir el número promedio de horas inoperativas de maquinaria en los procesos de fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras utilizando simulación de eventos discretos.

4) Según el cuadro 11 y ante la presencia de cuello de botella en el proceso de termofijado, se propuso en los escenarios 1 y 2, la compra de rodillos para

una máquina termofijadora inoperativa. Según los cuadros 21 y 24 se redujeron los tiempos promedio de espera, por lo que se concluye que se puede determinar el número promedio de máquinas necesarias para disminuir los cuellos de botella de los procesos de fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras utilizando simulación de eventos discretos.

5) Así mismo, según los cuadros 11, 21 y 24 el incremento de operarios en los procesos que presentan mayor número de cuellos de botella ha reducido el tiempo promedio de espera, por lo que se concluye que se puede determinar el número promedio de operarios necesarios para disminuir los cuellos de botella de los procesos de fabricación de redes de pesca con nudo anchoveteras utilizando simulación de eventos discretos.

5.2. Recomendaciones

1) Se recomienda ampliar el estudio a las demás familias de redes de pesca que participan en el proceso de fabricación y así estudiar el sistema en su integridad.

2) Se recomienda realizar un análisis exhaustivo en el proceso de tejido, ya que ahora con una visión global, se puede mencionar que este proceso genera cuello de botella en la operación de remalle por la maquinaria que tiene.

3) Se sugiere simular el proceso de tejido con un supuesto de maquinaria de mayor capacidad y que genere menor número de fallas.

4) Se recomienda analizar las estadísticas de enero a mayo del año 2014, para aumentar el número de observaciones y tener una mejor perspectiva.

5) Se recomienda incrementar el modelo con tiempos de desplazamiento y tiempos de preparación de los productos y el efecto de éstos sobre el tiempo promedio de permanencia en el sistema.

5) Se recomienda estudiar una distribución de planta alternativa que disminuya los tiempos de desplazamiento de los productos.

6) Se recomienda ampliar la selección de productos utilizando el costo de producción, esto mediante un estudio ABC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[01] AZARANG, M. y GARCÍA, E.; Simulación y análisis de Modelos estocásticos, Mc Graw Hill, México, 1996.

[02] DELGADO, K.; Diagnóstico y propuesta de mejora del sistema de atención a pacientes de emergencia adultos de un Hospital Público utilizando Simulación Discreta, Tesis de Titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, 2007.

[03] DÍAZ, P.; Diseño de un sistema de gestión empresarial adaptado a las PYMEs del sector textil cuya producción se basa en el tisaje de tejidos para el hogar, Tesis de Grado, Universidad Politécnica de Valencia, España, 2000.

[04] GONZÁLEZ E.; Propuesta para el mejoramiento de los procesos productivos de la empresa Servióptica Ltda., Tesis de Grado, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia, 2004.

[05] HILLIER, F. y LIEBERMAN, G.; Introducción a la Investigación de Operaciones, Mc Graw Hill, Novena Edición, México, 2010.

[06] KELTON, D., SADOWSKI, R. y STURROCK, D.; Simulación con software ARENA, Mc Graw Hill, Cuarta Edición, México, 2008.

[07] OKONSKY, S. y MARTINI, L.; Artes y Métodos de Pesca. Materiales Didácticos para la Capacitación Técnica, Editorial Hemisferio Sur S.A., Argentina, 1987.

[08] ORDINOLA, A.; Análisis, Diagnóstico y Propuesta de Mejora del Sistema de Planeamiento y Control de Operaciones de una empresa del Sector

Pecuario, Tesis de Titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, 2008.

[09] RODRÍGUEZ, D.; Diseño de un Sistema de Gestión Ambiental basado en la Norma ISO 14001:2004 para una empresa que fabrica aparejos para pesca, Tesis de Titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, 2012.

[10] SOLEDISPA, C.; Procesos de Calidad Total para el mejoramiento operativo del Departamento Contable de Talleres Nissan - Renault S.A., Manta, Tesis de Grado, Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador, 2007-2008.

[11] TAHA, H.; Investigación de Operaciones, Pearson Educación, Novena Edición, México, 2012.

[12] TORRES, P.; Simulación de sistemas con el software ARENA, Universidad de Lima, Fondo Editorial, Perú, 2010.

[13] UTURRALDE, A. y PAPENBROK, A.; Optimización del Sistema de Manejo de Materiales en Tejidos Pintex S.A., Tesis de Grado, Universidad San Francisco de Quito, Ecuador, 2007.

[14] CIFUENTES, L., TORRES, G. y FRÍAS, M.; El océano y sus recursos, I. Panorama Oceánico, http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/081/htm/oceano.htm, 2014.